

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

IMTA
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Reflexiones para la sustentabilidad hídrica

Visión prospectiva del agua en México

Coordinador: Adrián Pedrozo Acuña

Reflexiones para la sustentabilidad hídrica

Visión prospectiva del agua en México

338.927 Pedrozo Acuña, Adrián

P54... *Reflexiones para la sustentabilidad hídrica. Visión prospectiva del agua en México* / Adrián Pedrozo Acuña, coordinador. -- Jiutepec, Mor. : Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ©2023.

XX p.

ISBN: 978-607-8629-35-0 (Colección Divulgación)

ISBN: 978-607-8629-22-0 (obra digital)

1. Gestión del agua 2. Desarrollo sostenible 3. México

Reflexionspara la sustentabilidad hídrica. Visión prospectiva del agua en México
Adrián Predrozo Acuña (Coord.)

D.R. © 2023 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Blvd. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso,
62550 Jiutepec, Mor., México
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
www.gob.mx/imta

Cuidado de la edición: Emilio García Díaz
Formación: Marina Ruiz Rodríguez
Diseño de portada: Adolfo Remigio Armillas
Webmaster: Claudia Patricia Martínez Salgado

https://doi.org/10.24850/b-imta-2023-13

ISBN Colección Divulgación: ISBN 978-607-8629-35-0
ISBN: 978-607-8629-22-0

Febrero 2023, Jiutepec, Morelos
Hecho en México / Made in Mexico

Queda prohibido su uso para fines distintos al desarrollo social.

Las opiniones, datos y citas presentados en esta obra son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan, necesariamente, los puntos de vista de la institución que edita esta publicación.

Se autoriza la reproducción sin alteraciones del material contenido en esta obra, sin fines de lucro y citando la fuente.

Reflexiones para la sustentabilidad hídrica

Visión prospectiva del agua en México

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
IMTA
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Índice

Presentación viii

Gobernanza 1

El conocimineto del agua como herramienta de justicia ambiental ... 2

¿Es posible que surjan guerras por el agua? ... 7

Sentido cultural y social para el Pueblo Yaqui, de la administración del agua para riego ... 12

Escasez y transferencias de derechos de agua ... 15

Implementación de políticas públicas de abajo hacia arriba (bottom-up): plan de acción para una justicia restaurativa ... 20

Agua para el bienestar global ... 24

Sustentabilidad y ética: pilares de la nueva gestión del agua ... 27

Soluciones articuladas a partir de las necesidades de las comunidades: Plan de Desarrollo Integral del Pueblo Seri (pueblo comcáac) ... 30

Indicadores de derechos humanos al agua y al saneamiento: un salto cualitativo para su cumplimiento efectivo ... 33

La Ley Modelo de Sistemas Comunitarios de Agua Potable y Saneamiento en la XXXVI Asamblea del Parlatino ... 37

Nuestro compromiso hacia a la defensa de los derechos humanos ... 40

Chile y México: desafíos y nuevos paradigmas de gestión del agua ... 43

La transformación hídrica a través del diálogo ... 47

Gobierno abierto y gobernanza del agua: promesas y desafíos ... 50

La urgente transformación en la manera de pensar al agua ... 53

Hacia una política nacional de datos abiertos e inclusión digital en el sector hídrico ... 56

El reconocimiento del Pueblo Yaqui en el centro de la estrategia del plan de justicia ... 59

Agua y saneamiento, ¿cómo saber si estamos cumpliendo estos derechos humanos? ... 62

El IMTA a 35 años de su creación ... 66

Gobierno abierto y agua ... 69

Equidad y justicia hídricas ... 72

La valoración del agua desde la diversidad cultural ... 75

El objetivo de desarrollo sostenible número 6: ¿hoja de ruta o aspiración inalcanzable? ... 78

El Acuerdo de Escazú y sus implicaciones para el sector hídrico en México ... 82

Conflictos hídricos: lecciones para el presente ... 86

Agua y ciencia ciudadana: vía para la construcción conjunta de soluciones locales ... 89

Apropiación ilegal del agua: un problema global ... 93

Transparencia y agua: elementos para repensar su enfoque ... 96

Repaso histórico del agua en México – Parte III (1970 a la fecha) 99
Repaso histórico del agua en México – Parte II (1917- 1970) 104
Repaso histórico del agua en México – Parte I (1888-1917) 108
El acaparamiento del agua: un problema global 112
Equidad hídrica: distribución justa del agua por comunidad 117
Hacia una ecología política del agua 120
¿Por qué necesitamos de la ética en las decisiones relativas al agua? 123
La génesis de los conflictos hídricos 126
El privilegio de ser titular de derechos humanos 130
Ley Modelo de Sistemas Comunitarios de Agua y Saneamiento para América Latina y el Caribe 132
COVID-19: Un llamado urgente por la justicia ambiental y social 135

Seguridad Hídrica **137**

Agua y desarrollo económico 138
Escasez de agua y presas 141
Escasez de agua, disponibilidad y agricultura 145
La carta de Plombières: mitigación de inundaciones en el siglo XIX 150
Agua y desarrollo económico en zonas cársticas 156
Reconexión de agua, comunidad y territorio en ciudades; el caso del lago de Texcoco 160
Restauración hidrológica como base para la recuperación de nuestro capital natural 164
El nuevo Código de Aguas de Chile: golpe de timón hacia la rectoría del Estado y el cuidado de la vida 167
Haciendo visible lo invisible: ¿por qué los acuíferos están sobreexplotados? 172
El camino hacia la sustentabilidad hídrica de acuíferos sobreexplotados 176
Causas que originan el declive global de agua 180
La crisis hídrica, señal para la transformación 184
La sobreexplotación de acuíferos: camino seguro hacia la quiebra hídrica 188
The climate crisis is a water crisis: Its attention requires social justice 192
México y los diez hechos científicos de la COP26 195
Hidroenergía y cambio climático 198
Cambio climático, bosques y agua 200
Retos ante la problemática de inundaciones en las ciudades 203
Más allá de la gestión del agua en el sector minero: buenas prácticas y responsabilidad socio ambiental 206
Agua, suelo y agricultura regenerativa 209
La variabilidad espacio-temporal de la disponibilidad de agua 212
El nexo agua-energía en plantas termoeléctricas 216
Uso sustentable del agua subterránea; llave de acceso a la conservación de ríos 220
Financiación y acción climática: implicaciones en el nexo agua-alimentos 224
Gestión de sequías: tiempo de llamar a la Hidrología 227

La energía hidroeléctrica en el contexto del cambio climático ... 231
Perspectivas sobre la sequía actual en México ... 233
Seguridad hídrica en tiempos de sequia ... 236
Los retos de la seguridad informática en la digitalización del agua ... 239
Agua y minería (parte II) ... 241
Agua y minería (parte I) ... 244
Instrumentos financieros y especulación del recurso hídrico ... 247
El agua virtual y la sustentabilidad hídrica en la agricultura ... 250
Restauración de ríos, un paso hacia la sustentabilidad hídrica ... 254
Inundaciones y sociedad: interacción dinámica en espacio y tiempo ... 258
La perspectiva del uso del agua subterránea ... 263
Hacia una agricultura eficiente y sustentable ... 265
Huella hídrica cero en la industria: piedra angular para el desarrollo económico equitativo ... 269
Sociohidrología: el paradigma multidisciplinario de las ciencias hídricas para el siglo XXI ... 272
Evolución del enfoque: De región geográfica a una perspectiva de producción responsable ... 275
La huella hídrica gris y la sustentabilidad ... 279
El consumo global del agua y la sustentabilidad ... 282
La sustentabilidad hídrica y el conocimiento del ciclo del agua ... 286
¿Lograr la seguridad alimentaria e hídrica de manera conjunta? ... 290
Un futuro sensible al agua ... 292
Tzolkin: monitor mesoamericano de sequía ... 295
Acuíferos sustentables: conceptos, mitos y percepciones ... 298

Calidad de agua y ecología **300**
La actualización de la norma sobre agua potable ... 301
La actualización de la norma sobre descargas de aguas residuales ... 304
Las aguas residuales porcícolas en Yucatán y su tratamiento ... 307
En la regulación de descargas de aguas residuales *¿quo vadis?* ... 311
Contaminación difusa, el reto para la gestión del agua en ciudades ... 315
Evaluación de impacto ambiental integrada ... 319
Reflexiones sobre las causas que limitan el uso de humedales de tratamiento en México ... 323
Una mirada a la calidad del agua ... 327
El estudio y manejo de plantas acuáticas en México ... 331
La eutrofización de cuerpos de agua: un síntoma antropogénico que requiere atención ... 333
La calidad del agua: un eje clave de política pública ... 336

Sistemas hídricos **339**

Ingeniería para la prevención del colapso de cavernas en zonas cársticas 340
Impactos socioambientales derivados de estrés hídrico y los cambios en el almacenamiento de agua 344
Las inundaciones en el valle del Mezquital: un síntoma de los límites de la ingeniería convencional 348
Urbanismo y agua 354
Vulnerabilidad del Cutzamala 357
Cerrando el ciclo urbano del agua 362
Hacia una gestión de las aguas urbanas basada en la naturaleza 367
La paradoja de la eficiencia en el uso del agua 370

Ciencia y tecnología **375**
Tecnologías para la transición climática 376
El papel de la tecnología e innovación en el desarrollo equitativo de México 379
Ciencia y tecnología del agua desde la práctica 383
Transformación hídrica por la vida: reflexión sobre el día mundial del agua 2021 387
Agua inteligente, ciudades inteligentes 390
Ciencia del agua y ética por la vida: pilares de desarrollo equitativo y sustentable 394

Presentación

Adrián Pedrozo Acuña,
director general del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Ciudadanos y comunidades esperan que las políticas públicas y las decisiones de gobierno sean capaces de generar bienestar social al mismo tiempo que conservamos el territorio. Para lograr este objetivo, se requiere algo más que políticas públicas que sean eficientes en el contexto del presente, necesitamos también entender e identificar qué está cambiando en el mundo, más allá de la arena política y anticipar cómo esos cambios nos afectan como sociedad y nación, de tal manera que modifiquemos nuestra política pública para anticipar sus efectos.

El pensamiento prospectivo y la planeación constituyen herramientas indispensables para cualquier gobierno, nos permiten generar las respuestas adecuadas ante un futuro incierto y complejo. Por esta razón, es vital contar con instituciones dedicadas no solo a desarrollar conocimiento de punta, sino a planificar la regeneración de beneficios para nuestro país en el largo plazo, entendiendo la dinámica e incertidumbre de los cambios y del mundo que estamos viviendo.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua es una institución cuyo origen está íntimamente asociado a la planeación de la infraestructura nacional, la cual permitió que el agua se constituyera en un motor de desarrollo económico en México. Sin embargo, el modelo económico imperante, hasta hace unos años, desdeñó estas actividades de planeación, bajo el mantra de que la mano invisible del mercado se haría cargo, de forma natural, de orientar el futuro y las acciones. Lo que hoy vemos en el planeta, es el declive ambiental que se manifiesta claramente en la disminución de disponibilidad de agua, restringiendo el crecimiento económico y la capacidad de reducción de la pobreza de todas las naciones. La economía y el bienestar social requieren enormes flujos de agua.

Por ello, es fundamental que, en nuestras decisiones como nación, consideremos a las leyes de la naturaleza por encima de las leyes no naturales de la economía, utilizando un lente prospectivo en la generación de política pública orientada a cuidar la sustentabilidad hídrica, las personas y el medio ambiente.

Este libro reune más de 120 artículos publicados en la columna Perspectivas, en el sitio web del IMTA, que a diciembre de 2022 contaba ya con 169,683 lectores. Entre sus páginas recoge el pensamiento que diferentes investigadores del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua han recuperado y cultivado en estos años. La humanidad ha demostrado capacidad transformativa a lo largo de su historia. Hoy, más que nunca, esta capacidad transformativa llega al agua, de la mano de la institución del sector ambiental dedicada a pensar el agua para construir un México con bienestar y justicia social. Los invito a leerlo y a seguir construyendo entre todos, con ética y conocimiento del agua, el futuro brillante de México.

Gobernanza



El conocimineto del agua como herramienta de justicia ambiental

Adrián Pedrozo Acuña

Existen diversos observatorios ambientales que proveen de información a una escala espacial diversa y en tiempo real sobre variables hidrológicos (p. ej. lluvia, niveles de presas, humedad del suelo) que nos permite conocer el ciclo del agua y el balance hídrico de cuencas y acuíferos a un nivel de detalle no antes visto (Weintraub et al., 2019)

De forma individual, esfuerzos como la Red Nacional de Observatorios Ecológicos (NEON, por sus siglas en inglés) y la Red de Clústeres de Investigación sobre la Zona Crítica en Estados Unidos, o el Observatorio Hidrológico de la Universidad Nacional Autónoma de México en nuestro país (www.oh- iiunam.mx), nos proveen de un conocimiento local que, al ser integrado con otras piezas de observación (p. ej. lluvia y humedad), potencian nuestra capacidad de entendimiento de la respuesta hidrológica de una cuenca o región ante la variabilidad espaciotemporal del clima; conocimiento que posteriormente puede ser sintetizado en un modelo hidrológico (Baatz et al., 2018).

Los datos así registrados por estos observatorios incluyen sistemas de monitoreo en tiempo real, análisis de muestras de laboratorio a una escala piloto o incluso el modelado o análisis de algunas variables hidrológicas (ver, por ejemplo, el Monitor Mesoamericano de Sequía del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Tzolkin http://galileo.imta.mx/Sequias/moseq/index.html). Una vez generada, esta información puede ser compartida de manera abierta con la sociedad, otros académicos o incluso con medios de comunicación. Esto requiere una acción individual de parte del generador de la información, que órbita alrededor de la búsqueda de la expansión del conocimiento a través de un esfuerzo colegiado, entre muchos, y no como resultado de un esfuerzo individual; requiere un cambio de actitud del individualismo contemporáneo hacia el esfuerzo y la acción colectiva.

Compartir los datos y la información de manera integral, coordinada y abierta, a través de esfuerzos que conjuntan redes de observatorios, es fundamental para el avance de la ciencia y para la generación de soluciones más robustas y efectivas ante los retos del siglo XXI (Li et al. 2021). Sin embargo, este tipo de redes requieren de académicos y personas que compartan los mismos principios axiomáticos que surgen de la ética, la solidaridad y la justicia. Un ejemplo de lo anterior, es la evolución de la generación de datos hidrológicos que hemos visto a partir del uso de infraestructura de investigación muy sofisticada ubicada en laboratorios dependientes de universidades e institutos, hacia la posibilidad de generar datos en campo con instrumentos sencillos que incorporan técnicas de colorimetría, cromatografía y espectroscopía para proveer información a una alta resolución temporal de agroquímicos, metales pesados y concentraciones de nutrientes que

Fecha de publicación:
28 de agosto de 2022

La preocupación de las comunidades sobre problemas ambientales e hídricos en todo el mundo ha abierto la posibilidad de establecer colaboraciones entre academia y sociedad.

Núm. 30, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 30



permiten una evaluación rápida de los procesos hidrológicos (Floury et al., 2017). Otros ejemplos similares, incluyen el desarrollo y aplicación de sensores que pueden medir las condiciones biogeoquímicas (p. ej. nitratos, fosfatos, concentraciones de dióxido de carbono), las cuales incrementan nuestra capacidad para entender los datos hidrológicos en tiempo real a una escala de cuenca. Adicionalmente, el progreso que hemos visto con el desarrollo de los vehículos no tripulados, también llamados drones, para la medición de procesos hidrológicos en tiempo real, a una escala espacial mayor y a una resolución espacial más fina, facilita sobremanera la planeación y gestión del agua en el territorio. La combinación de sensores, laboratorios y mediciones de percepción remota obtenida de satélites y/o drones nos abre la puerta a una hidrología más ágil y de mayor detalle que nos permite a su vez generar modelos más robustos para la comprensión del ciclo del agua en territorio.

Adicionalmente, la preocupación de las comunidades sobre problemas ambientales e hídricos en todo el mundo ha abierto la posibilidad de establecer colaboraciones entre academia y sociedad que surgen de una preocupación común por el medio ambiente que comparten. Esto permite la creación de redes en las que la investigación, la educación y la colaboración ante una preocupación común fomentan el desarrollo de nueva tecnología, procesamiento de datos y comunicación de riesgos con base en evidencia (Allen y Berjhuis, 2018; Chew et al., 2019). Así, las redes de comunidades apoyadas en expertos son cruciales y dependen de la apertura de datos e información, y son un insumo para tomadores de decisiones, líderes y científicos, especialmente cuando en el territorio la gestión sustentable del agua es urgente y

determina un elemento de paz y tranquilidad social (Njue et al., 2019).

Esta colaboración ha dado lugar a la ciencia comunitaria, que representa un puente de comunicación y colaboración entre académicos formales y el público en general, facilitando el flujo de datos y el conocimiento. La caída en los precios de drones y sensores hidrológicos, así como la creación de aplicaciones de teléfonos celulares les han permitido a las comunidades la documentación y recolección de datos (Njue et al., 2019).

Sin embargo, en el caso de la calidad del agua de ríos, embalses y acuíferos, este tipo de colaboraciones son más complejas, dado que la alta variabilidad espacial y temporal de los valores de los parámetros que se miden requieren de un monitoreo continuo que tiene asociado un costo económico importante, pues cada muestra requiere ser analizada en laboratorio bajo diferentes estándares de calidad, utilizando reactivos y equipos que consumen recursos. Por esta razón, avanzar en la generación de redes comunitarias para el monitoreo de la calidad es un paso importante no solo hacia la vigilancia de nuestro medio ambiente, sino hacia la expansión del conocimiento de nuestros cuerpos de agua.

Esta preocupación es común en diversas regiones de nuestro país, por lo que en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua hemos comenzado con la identificación de parámetros de fácil determinación en campo a fin de poder capacitar y orientar a la ciudadanía en lo que hemos denominado un monitoreo sencillo de calidad del agua. Esta acción parte del hecho de que no es necesario medir todos los parámetros todo el tiempo, y que quizá es posible utilizar algunos medios y sensores de fácil acceso para poder acceder a información en tiempo real y a una escala espacial no antes vista. Otorgar a la sociedad la posibilidad de monitorear sus cuerpos de agua nos incrementa de forma automática la apertura de la información y el acceso a una justicia ambiental que resulta de una alianza entre sociedad y academia que tiene su base en principios éticos de acción (Cudennec et al., 2020). El agua es un bien público que es determinante para el bienestar social, económico y ambiental de las comunidades. Si nuestro objetivo como científicos del agua es hacer de este elemento la clave para la equidad e inclusión en la sociedad, es vital avanzar hacia la diversidad. Debemos fomentar la inclusión y la justicia en términos de la socialización de nuestro conocimiento hacia las personas, en particular, hacia aquellas comunidades que han sido marginalizadas en el pasado.

La falta de diversidad en las ciencias hidrológicas y en la ingeniería del agua ha dejado en todo el mundo un legado de comunidades aisladas, sin acceso a agua de calidad y con territorios contaminados, que las condenan a experimentar injusticias ambientales en carne propia, por ejemplo, la justicia ambiental sobre la contaminación (Hajat et al., 2015; Robinson et al., 2018), los impactos hídricos negativos amplificados por el cambio climático sobre comunidades de bajos recursos (Adela y Picou, 2017; Parvin et al., 2016) o el sexismo en la gestión del agua (CDC, 2021). Esta falta de diversidad en la ciencia e ingeniería del agua ha producido una falta crónica de innovación (Phillips 2014). Actualmente existen diversas discusiones sobre el papel de la innovación en la ciencia, sin embargo, es vital que reconozcamos que esta innovación incorpora también a la dimensión social, no solo a la tecnología. Es decir, debemos crear las avenidas y el territorio fértil para una comunicación abierta entre academia y comunidades, en la que la sociedad, si así lo desea, pueda participar en la creación de los datos y el conocimiento.

Esto implica que, desde las instituciones de investigación formal, evaluemos y revisemos nuestras prácticas y estructuras, de tal suerte que las adaptemos para permitir la inclusión, la equidad y la accesibilidad de la ciencia hacia la sociedad a la que servimos. La ciencia e ingeniería del agua del siglo XXI deberán contener justicia, inclusión, equidad y accesibilidad, así como contexto social. Como científicos debemos hacernos cuatro preguntas de forma continua a lo largo del proceso científico y contextualizarlas con preguntas de seguimiento que nos aseguren que estas han sido respondidas con transparencia, considerando la inclusión, equidad y accesibilidad que la sociedad demanda:

1)¿Quién hace y paga la hidrología? Esto incorpora una reflexión sobre cómo se involucró a comunidades marginadas, ¿hay equilibro de poder y privilegios?, ¿quiénes son dueños de los datos y artículos generados?

2) ¿Quién usa la mayor cantidad de agua? En lo local, quién usa el agua y tiene más facilidad y recursos para acceder a ella.

3) ¿Quién gana y pierde con un proyecto hídrico? Una vez que se autoriza un proyecto

debemos identificar quiénes son los beneficiarios y revisar si estos incluyen a comunidades vulnerables.

4) ¿Por qué? Cuál es el objetivo de un proyecto, y como serán las comunidades vulnerables atendidas y beneficiadas por esta idea.

Esto es lo que la sociedad demanda ante un escenario de crisis hídrica global que ya vivimos. Responder a estas preguntas de forma honesta y visualizarlas a lo largo de nuestro trabajo técnico nos permitirá como sociedad avanzar hacia el objetivo que nos hemos planteado: hacer del agua el elemento clave de bienestar social y desarrollo económico equitativo de México, con ética, ciencia, transparencia y, como hoy sabemos, también de la mano de la sociedad.

Referencias

Adeola, F. O., & Picou, J. S. (2017). Hurricane Katrina-linked environmental injustice: Race, class, and place differentials in attitudes. Disasters,41(2), 228–257. https://doi.org/10.1111/disa.12204

Allen, S. T., & Berghuijs, W. R. (2018). A need for incentivizing field hydrology, especially in an era of open data: Discussion of "The role of experimental work in hydrological sciences–Insights from a community survey". Hydrological Sciences Journal, 63(8), 1262–1265. https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1495837

Baatz, R., Sullivan, P. L., Li, L., Weintraub, S. R., Loescher, H. W., Mirtl, M., et al. (2018). Steering operational synergies in terrestrial observation networks: Opportunity for advancing Earth system dynamics modelling. Earth System Dynamics, 9(2), 593–609. https://doi.org/10.5194/esd-9-593-2018

CDC. (2021). Global WASH Fast facts. Global Water, Sanitation, & Hygiene (wash). Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID), Division of Foodborne, Waterborne, and Environmental Diseases. Retrieved from https://www.cdc.gov/healthywater/global/wash_statistics.htm l

Chew, M., Maheshwari, B., & Somerville, M. (2019). Photovoice for understanding groundwater management issues and challenges of villagers in Rajasthan, India. Groundwater for Sustainable Development, 8, 134–143. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2018.10.002

Cudennec, C., Lins, H., Uhlenbrook, S., & Arheimer, B. (2020). Editorial–Towards FAIR and SQUARE hydrological data. Hydrological Sciences Journal, 65, 681–682. https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1739397

Floury, P., Gaillardet, J., Gayer, E., Bouchez, J., Tallec, G., Ansart, P., et al. (2017). The potamochemical symphony: New progress in the high-frequency acquisition of stream chemical data. Hydrology and Earth System Sciences, 21(12), 6153–6165. https://doi.org/10.5194/hess-21-6153-2017

Hajat, A., Hsia, C., & O'Neill, M. S. (2015). Socioeconomic disparities and air pollution exposure: A global review. Current Environmental Health Reports, 2(4), 440–450. https://doi.org/10.1007/s40572-015-0069-5

Li, L., Sullivan, P. L., Benettin, P., Cirpka, O. A., Bishop, K., Brantley, S. L., et al. (2021). Toward catchment hydro-biogeochemical theories. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 8(1), e1495. https://doi.org/10.1002/wat2.1495ç

Njue, N., Kroese, J. S., Gräf, J., Jacobs, S. R., Weeser, B., Breuer, L., & Rufino, M. C. (2019). Citizen science in hydrological monitoring and ecosystem

services management: State of the art and future prospects. The Science of the Total Environment, 693, 133531. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.337

Parvin, G. A., Shimi, A. C., Shaw, R., & Biswas, C. (2016). Flood in a changing climate: The impact on livelihood and how the rural poor cope in Bangladesh. Climate, 4(4), 60. https://doi.org/10.3390/cli4040060

Phillips, K. W. (2014). How diversity makes us smarter. Scientific American, 311(4), 43–47. https://doi.org/10.1038/scientificamerican1014-42

Robinson, T. M., Shum, G., & Singh, S. (2018). Politically unhealthy: Flint's fight against poverty, environmental racism, and dirty water. Journal. of International Crisis and Risk Communication Research, 1(2), 6. https://doi.org/10.30658/jicrcr.1.2.6

Weintraub, S. R., Flores, A. N., Wieder, W. R., Sihi, D., Cagnarini, C., Gonçalves, D. R. P., et al. (2019). Leveraging environmental research and observation networks to advance soil carbon science. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 124(5), 1047–1055. https://doi.org/10.1029/2018JG004956

¿Es posible que surjan guerras por el agua?

Adrián Pedrozo Acuña

El crecimiento poblacional, el cambio en los patrones de consumo y el crecimiento económico han generado un incremento global en la demanda de agua por diversos sectores que, aunado a los cambios en el clima hacia condiciones más extremas, nos dejan en todo el mundo frente a un escenario de crisis hídrica con vertientes sociales y económicas muy complicadas (Kahil et al., 2019; Gupta et al., 2013). En muchas cuencas y acuíferos del mundo se documentan casos de sobreexplotación del agua que demuestran claramente que hemos rebasado los límites de la sustentabilidad (Dell'Angelo et al., 2018; Rodell et al., 2018).

Esta situación nos ha obligado a poner la mira en los posibles conflictos que se pueden generar por una escasez de agua prolongada. Incluso ha detonado la idea de que el agua, más que el petróleo, será la fuente de conflictos armados entre estados soberanos del futuro, dando lugar a las llamadas "guerras por el agua". Esta idea difusa tiene el poder de impactar nuestra imaginación colectiva, a tal grado que se convirtió en un escenario potencial durante el ejercicio de coyuntura del año 2015, realizado por la Organización para el Tratado del Atlántico Norte (OTAN) el 19 de octubre. Durante ese ejercicio de simulación de guerra, que representó uno de los más grandes jamás conducido después de la Segunda Guerra Mundial, se tuvo como punto de partida la declaración del almirante de la marina británica, Tristan Lovering: "Con la desertificación, los acuíferos secos, las disputas ribereñas y la disminución en la disponibilidad de agua, Kamon, el país agresor en la región, rehúsa el arbitraje internacional e invade el sur con el objetivo de apoderarse de las presas en Lakuta, que no estaba preparado para contrarrestar la invasión". Poniendo de esta manera sobre la mesa de los escenarios bélicos, la posibilidad de disputas militares por el agua.

A pesar de que este ejercicio orbitó alrededor de la imaginación de los generadores de escenarios futuros, los académicos que dedican su tiempo a la política hídrica o hidrodiplomacia convergen en su afirmación de no creer como posible el escenario de una "guerra por el agua". De hecho, existe entre los académicos un fuerte consenso que refuta la tesis de que el agua detona guerras. Una definición formal de guerra involucra necesariamente la participación de un estado soberano. Similarmente, y desde una perspectiva de diplomacia hídrica, es importante considerar el concepto de "guerra por el agua" como una confrontación militar entre al menos dos naciones (Wolf, 2007). Esta definición nos permite separar la noción de conflictos por el agua, que involucra necesariamente la participación de un estado soberano. Similarmente, y desde una perspectiva de diplomacia hídrica, es importante considerar el concepto de "guerra por el agua" como una confrontación militar entre

Fecha de publicación:
21 de agosto de 2022

> *La realidad de lo que hemos vivido con relación al agua durante este primer cuarto del siglo nos demuestra que es altamente probable que esta condición cambie, pues se presentan dos forzamientos que interactúan y se potencian entre sí para agravar la conflictividad.*

Núm. 29, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-29



al menos dos naciones (Wolf, 2007). Esta definición nos permite separar la noción de conflictos por el agua, que involucra diversas escalas espaciales, incluso la subnacional, del término específico de "guerra por el agua". A lo largo de los años, los académicos han proporcionado cuatro argumentos para refutar la idea:

El primer argumento indica que en temas de agua y en cuencas transfronterizas, la cooperación internacional entre las naciones ha sido la regla. A pesar de que algunos análisis señalan que el hecho de compartir ríos transfronterizos tiene el potencial de incrementar la probabilidad de disputas militares (Toset et al. 2000), la mayoría de los conflictos hídricos entre naciones se han resuelto con base en la cooperación (Wolf, 2007). De hecho, la única guerra por el agua registrada en la historia de la humanidad hasta este momento es la que se dio durante los años 2450 y 2400 a. C. entre las ciudades sumerias de Lagash y Umma (hoy sur de Irak), cuando el rey Urlama de Lagash decidió desviar el agua superficial del río Tigris para dejar sin abasto del vital líquido a la vecina tierra de Umma (Hatami y Gleick, 1994). Durante la segunda mitad del siglo XX, un extenso registro de interacciones entre dos o más países con motivos de la competencia por el agua revela que de 1,831 interacciones, aproximadamente el 67% fueron de cooperación. Y de los 507 eventos más conflictivos, solo 43 resultaron en acciones militares, mientras que 414 se redujeron a hostilidades verbales, y ninguno de los eventos fue catalogado como una guerra formal (Wolf et al., 2003).

El segundo argumento contra las guerras por el agua es el del famoso "optimismo tecnológico", que surge de la creencia de que el desarrollo de nueva tecnología y la adopción de técnicas agrícolas modernas, así como los métodos basados en la evidencia, permitirán incrementar la disponibilidad de agua al mejorar nuestra eficiencia en sectores de alto consumo, como la

agricultura y la minería, con lo que se reduce la competencia por el agua y el potencial de conflicto. Esta confianza en la tecnología y en las soluciones basadas en la ciencia para producir más con menos está motivada en la investigación sobre el desarrollo de cultivos más adaptados a condiciones de sequía, o en el incremento de su productividad hídrica (Falkenmark y Rockström, 2004), así como de la selección de cultivos más adecuados a las condiciones hidroclimáticas locales (Davis et al., 2017) o del fomento de la reutilización del agua y la reducción de residuos (Kummu et al., 2012). Si bien es cierto que la tecnología posee el potencial de reducir los conflictos futuros por el agua, existen también voces que alertan sobre la posibilidad de costos sociales y económicos que deben ser atendidos (D´Odorico et al., 2018; Palmer et al., 2015).

Por otro lado, tenemos otros dos argumentos que hasta hace poco habían sido colocados como contrapesos a la conflictividad, pero cuya validez a lo largo de este siglo ha sido fuertemente cuestionada. Por un lado, tenemos el argumento de que existen diferencias fundamentales entre el agua y el petróleo como recursos estratégicos para la economía, argumentando que el agua en sí misma no justifica la intervención militar entre estados soberanos. Es claro que el petróleo yace actualmente en el centro de los conflictos geopolíticos y las guerras (p. ej. Irak o Ucrania), Mientras que el agua está más asociada a conflictos civiles, y es de momento causa mayor de conflictos al interior de los países (p. ej. entre entidades federativas o comunidades). Así, a pesar de que el agua yace en el centro de conflictos locales que pueden ser violentos, la historia moderna todavía no registra conflictos armados entre estados por este elemento (Selby, 2003). En el siglo pasado, la política económica en torno al petróleo estaba asociada a su papel como un recurso clave para el desarrollo industrial que vivimos, mientras que durante ese tiempo al agua se le veía más como un elemento clave para los procesos biológicos y de producción agrícola. Sin embargo, la realidad de lo que hemos vivido con relación al agua durante este primer cuarto del siglo nos demuestra que es altamente probable que esta condición cambie, pues se presentan dos forzamientos que interactúan y se potencian entre sí para agravar la conflictividad: la intensificación de sequías por los cambios en los patrones del clima (hoy vemos al río Rin, Alemania; al Po, en Italia; al Colorado, en Estados Unidos; y al Bravo, en México con niveles mínimos históricos) y la alta demanda de agua por las personas y la economía, dado el crecimiento poblacional y los sistemas de producción masivos e industrializados que requieren grandes cantidades de agua.

Otro argumento expresado en los años noventa como dique a la conflictividad fue el concepto de "agua virtual" (Allan, 1996; 1998; 2002), que propone la tesis del intercambio de agua entre naciones con diferente disponibilidad a través del comercio internacional de bienes y productos. El adjetivo virtual hace referencia a que el agua no se exporta en forma física, sino en el uso de agua para producir el bien en el país de origen y consumirlo en otro, sin el costo hídrico a las fuentes de abastecimiento del segundo. En particular, el uso de este concepto ha sido útil para países ubicados en la región del Medio Oriente, en donde no hay suficiente agua para producir los alimentos necesarios para su población, dando como resultado su dependencia en el comercio internacional de productos para dar la vuelta al problema local de escasez hídrica. La tesis de Allan, precursor de este concepto, es que para todos los países, es mejor comerciar bienes y servicios que requieren grandes volúmenes agua con otros países que sí la tienen, que ir a la guerra con ellos (Allan, 2005). Sin embargo, en esta ecuación, además de los intereses de las naciones que intervienen en el intercambio de bienes y servicios, se debe de considerar el papel de las grandes trasnacionales que producen bienes que requieren grandes volúmenes de agua, pues los estados necesitan vigilar, monitorear y acompañar las decisiones comerciales que intensifican la competencia local por el agua o su mala distribución. Por lo tanto, como el agua es un elemento finito a una escala local y planetaria, cuando la competencia por este recurso se resuelve a través de traerla de otro lado, el centro de gravedad de las tensiones sociales que consecuentemente emergen o se intensifican se mueve hacia el país que exporta el agua. Por otro lado, Gleick (1993, 2019), del Pacific Insitute, es de los pocos académicos que apoya la tesis de que el agua puede en efecto conducir al conflicto armado, pesar de que sus referencias históricas no incluyen conflictos entre estados soberanos, y más bien coloca al agua como un elemento militar estratégico que se debe cuidar y no como el motivo principal de una intervención militar.

Por último, otro fenómeno al que se le debe dar seguimiento es el que ocurre con la

adquisición de grandes superficies de tierra por parte de trasnacionales agrícolas en países en vías de desarrollo, ya que esta a menudo involucra la apropiación de derechos de agua para la producción de alimentos. Así, la adquisición de tierra por entidades extranjeras puede conducir a un acaparamiento de agua en regiones afectadas por la inseguridad hídrica (Dell´Angelo et al., 2018). Este proceso que se da a una escala global en varios países tiene implicaciones de política hídrica que involucran el cuidado de la apropiación de agua a una escala subnacional, donde está presente la escasez o el clima naturalmente árido. De hecho, de acuerdo con la base de datos global que da seguimiento a este fenómeno, cerca del 28 % de la apropiación de grandes extensiones de tierra está documentada en países afectados por la escasez y la inseguridad alimentaria (Dell´Angelo et al., 2018), con el agravante adicional de que las apropiaciones de agua a través de esta vía tienen un impacto mayor sobre las comunidades rurales y pobres de estas naciones.

Como hemos visto, si bien hay consenso internacional sobre la idea de que se ve lejana la posibilidad de una guerra por el agua, la lección de estos tiempos nos indica que es crucial para los estados soberanos dar seguimiento a la dinámica global de la producción y comercio bajo un lente hídrico. En México, el significado de la transformación impulsada por el presidente López Obrador se manifiesta en una política hídrica que vigila estos procesos y crea una nueva manera de orientar la política hídrica hacia el cuidado de la vida y las personas, a la par que se reconocen inherentemente la inequidad en el acceso al agua y la desigualdad social. Esta nueva página no implica detener el desarrollo económico, ni cerrarnos al mundo, sino simplemente actuar con ética y evidencia para tomar mejores decisiones, lo que implica tener claro quiénes se benefician y quiénes pierden en esta interdependencia asociada al agua. Solo así se previene el conflicto y la guerra y se construye la avenida de bienestar para la población y el desarrollo económico equitativo. Esto y más es posible cuando las decisiones se toman considerando los intereses de la nación y no solo los de unos cuantos.

Referencias

Allan, J. A. (1996). Policy responses to the closure of water resources. In P. Howsam & R. C. Carter (Eds.), Water policy: allocation and management practice. London: CRC Press.

Allan, J. A. (1998). Virtual water: A strategic resource. Ground Water, 36(4), 545– 547. Wiley

Allan, J. A. (2002). The Middle East water question: Hydropolitics and the global economy (Vol. 2). IB Tauris: London.

Allan, J. A. (2005). Water in the environment/socio-economic development discourse: Sustainability, changing management paradigms and policy responses in a global system. Government and Opposition, 40(2), 181– 199.

Davis, K. F., Rulli, M. C., Seveso, A., & D'Odorico, P. (2017). Increase in food production and reduction in water use through optimized crop distribution. Nature Geoscience, 10, 919– 924. https://doi.org/10.1038/s41561-017-0004-5

Dell'Angelo, J., Rulli, M. C., & D'Odorico, P. (2018). The global water grabbing syndrome. Ecological Economics, 143, 276– 285.

D'Odorico, P., Davis, K. F., Rosa, L., Carr, J. A., Chiarelli, D., Dell'Angelo, J., ... Rulli, M. C. (2018). The global food-energy-water nexus. Reviews in Geophysics, 56, 1–76. https://doi.org/10.1029/2017RG000591

Falkenmark, M., & Rockström, J. (2004). Balancing water for humans and nature: The new approach in ecohydrology. Abingdon, Oxon, UK: Earthscan.

Gleick, P. H. (1993). Water and conflict: Fresh water resources and international security. International Security, 18(1), 79– 112.

Gleick, P.H. 2019. Water as a weapon and casualty of armed conflict: A review of recent water-related violence in Iraq, Syria and Yemen. WIREs Water, https://doi.org/10.1002/wat2.1351

Gupta, J., Pahl-Wostl, C., & Zondervan, R. (2013). 'Glocal' water governance: A multi-level challenge in the anthropocene. Current Opinion in Environmental Sustainability, 5(6), 573– 580. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.09.003

Hatami, H. and P. Gleick. 1994. Chronology of conflict over water in the legends, myths, and history of the ancient Middle East. Water, war, and peace in the Middle East. Environment 36(3): 6.

Kahil, T., Albiac, J., Fischer, G., Strokal, M., Tramberend, S., Greve, P., ... Wada, Y. (2019). A nexus modeling framework for assessing water scarcity solutions. Current Opinion in Environmental Sustainability, 40, 72– 80. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.009

Kuhn E., y Fleck, J. 2019. Science be dammed. How ignoring inconvenient science drained the Colorado river. The University of Arizona Press. 288p. ISBN 9780816543236.

Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O., & Ward, P. J. (2012). Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. Science of the Total Environment, 438, 477– 489. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.092

Rodell, M., Famiglietti, J. S., Wiese, D. N., Reager, J. T., Beaudoing, H. K., Landerer, F. W., & Lo, M. H. (2018). Emerging trends in global freshwater availability. Nature, 557(1), 651–659.

Selby, J. (2003). Water, power and politics in the Middle East: The other Israeli-Palestinian conflict.London, UK: IB Tauris.

Toset, H. P. W., Gleditsch, N. P., & Hegre, H. (2000). Shared rivers and interstate conflict. PoliticalGeography, 19(8), 971– 996.

Pacific Institute 2012. Water Conflict Chronology. Available at: http://www.worldwater.org/conflict.html

Palmer, M. A., Liu, J., Matthews, J. H., Mumba, M., & D'odorico, P. (2015). Manage water in a green way. Science, 349(6248), 584– 585.

Wolf, A. T. (2007). Shared waters: Conflict and cooperation. Annual Review of Environment and Resources, 32, 241– 269.

Wolf, A. T., Yoffe, S. B., & Giordano, M. (2003). International waters: Identifying basins at risk. Water Policy, 5(1), 29– 60.

Sentido cultural y social para el Pueblo Yaqui, de la administración del agua para riego

Carolina Escobar Neira

El 27 de octubre de 2019 con la visita del Presidente de México, Licenciado Andrés Manuel López Obrador, a los pueblos Yaqui de Sonora, se estableció el compromiso de restituir los derechos de esta población mediante una intervención coordinada del Estado que tomara como punto de partida el autodiagnóstico realizado por la comunidad y sus propuestas de solución para cada una de las áreas identificadas como prioritarias: 1) tierra, agua y territorio; 2) agua y medio ambiente; y 3) desarrollo integral (relacionado con aspectos de salud económicos sociales, educativos, culturales, entre otros).

Con este objetivo, en noviembre de ese mismo año se iniciaron las actividades de construcción del "Plan de Justicia del Pueblo Yaqui", con la coordinación del Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI).

Como parte de los avances y resultados de este proceso, dos años después, el 29 de septiembre de 2021, se publicaron en el Diario Oficial de la Federación dos Decretos Presidenciales, uno referido a la restitución de tierras, y otro "por el que se establece el Distrito de Riego 018 del Pueblo Yaqui, integrado por las comunidades de Vícam Pueblo Primera Cabecera, Pótam Segunda Cabecera, Tórim, Rahum, Huírivis, Belem, Loma de Bácum y Cócorit – Loma de Guamúchil".

Mediante este último Decreto se "reconoce el derecho del Pueblo Yaqui como sujeto titular y administrador del Distrito de Riego 018 que se crea" y se establece una superficie potencialmente regable de 61,233 ha en ambas márgenes del Río Yaqui y un volumen anual de agua, para fines de riego, de alrededor de 673 Mm3 que se dotarán de la Presa Álvaro Obregón (Oviachic).

Adicionalmente se determina que "La administración del agua para riego se realizará a través del organismo indígena comunitario que se denominará Comisión Jiaki del Agua. Dicha Comisión estará integrada por las autoridades o representantes nombrados por ellas, de las 8 comunidades Yaquis, de conformidad con sus normas internas. Las atribuciones y el funcionamiento del organismo indígena comunitario, la forma de participación de las localidades Yaquis, así como los requisitos para proporcionar el servicio de riego, se detallarán en el Reglamento que para tal efecto elaboren y adopten con el apoyo de la Comisión Nacional del Agua y el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, de conformidad con su forma de organización, autoridades y normas internas".

Para dar cumplimiento a este último punto, las autoridades Yaquis y el INPI, solicitaron al Instituto Mexicano de Tecnología

Fecha de publicación:
15 de agosto de 2022

Las autoridades Yaquis y el INPI, solicitaron al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua –IMTA–, acompañamiento técnico y estratégico al Pueblo Yaqui para la concreción de la estructura de ese "organismo indígena comunitario.

Núm. 28, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-28



del Agua –IMTA–, acompañamiento técnico y estratégico al Pueblo Yaqui para la concreción de la estructura de ese "organismo indígena comunitario", único en su género en el país. La labor inició con el nombramiento, por parte de las autoridades tradicionales yaquis, de un equipo de "técnicos del agua", dos por cada uno de los ocho pueblos, que son personas conocedoras del tema, con experiencia y/o formación respecto a diversas áreas del funcionamiento de un Distrito de Riego. Con ellos, el INPI y el IMTA iniciamos el trabajo de creación de la estructura organizativa que, por decisión de la asamblea de los ocho pueblos, será responsable de la administración, gestión, mantenimiento y conservación de toda el agua del Pueblo Yaqui: la destinada a consumo humano que se hará llegar a toda la población mediante la construcción del Acueducto Yaqui, la destinada a la agricultura mediante el mejoramiento, mantenimiento, tecnificación y ampliación del Distrito de Riego 018 Pueblo Yaqui y la que se destinará a la recuperación del caudal ecológico del Río Yaqui.

La primera decisión que se tomó, frente a la dificultad de abarcar todos los detalles y especificidades de cada asunto al tiempo, fue pensar estructuras independientes para cada tema (acueducto, distrito de riego y caudal del río) y en un ejercicio posterior, superponer dichas estructuras y consolidar una única gran institución encargada del agua. La segunda decisión, fue empezar con la del Distrito de Riego.

A partir de la experiencia de este grupo de conocedores del tema y de su territorio, se empezaron a estructurar las áreas principales de trabajo, los temas, las competencias y los campos de acción al interior de cada una de ellas, así como las funciones principales de cada uno de los cargos establecidos, su nivel de responsabilidad, el ámbito de trabajo y la línea de mando respectiva. Igualmente se acordó como objetivo general "administrar, operar y conservar el agua, equipamiento, maquinaria e instalaciones del Distrito de Riego 018 en beneficio de los usuarios y como patrimonio del Pueblo Yaqui".

En cumplimiento de lo anterior y conscientes de la envergadura que tendría esta nueva institución del agua, surgió la preocupación respecto a la forma en la que esta se adecuaría a la manera en la que se toman las decisiones en el Pueblo Yaqui, pues, como se menciona en el objetivo, el acueducto es patrimonio de todos.

La construcción del organigrama requirió entonces un análisis doble. Por una parte, pensar los cargos que se requerían para manejar un distrito de riego, y por otra, diseñar un flujo en la toma de decisiones y líneas de mando, que no compitiera con la forma de gobierno tradicional ni con la estructura social y política del Pueblo Yaqui.

Resultado de este proceso que, cabe recordar, se realizó con representantes de los ocho pueblos, se escogieron, con relación a la primera parte del análisis mencionado, las palabras con las que sería nombrado cada uno de los cargos. Esto puede parecer, de entrada, un detalle menor, pero destacamos este proceso por lo particular y rica de la discusión, en términos de construcción social de significados. En la propuesta resultante, nombres de los cargos como "jefe", "coordinador", "director", "gerente", fueron reemplazados por "encargado", "responsable", "comisionado", "representante", "delegado"; todo ello tras una premisa básica que nos muestra el arraigo de la estructura socio política en la cotidianidad de este pueblo: "aquí el jefe, el que manda, es el pueblo".

Con relación a la segunda parte del análisis, el flujo en la toma de decisiones, la pregunta central fue ¿quién obedece a quién?, o mejor, ¿quién decide lo que se hace?. Tradicionalmente, en los sectores público y privado, una estructura organizativa responde de forma piramidal o escalonada a la cabeza y el "beneficiario" o "usuario" queda por fuera del esquema o se le incluye a manera de receptor del servicio o producto. Sin embargo, esto no se aplica en el caso del Pueblo Yaqui. Para ellos, es claro que respecto a cualquier tema colectivo quien decide es el pueblo, que la instancia en la que se toman las decisiones es la asamblea y que las autoridades tienen como misión hacer que esas decisiones se concreten en hechos. De esta claridad surge la necesidad de sincronización entre sus formas de gobierno y de toma de decisión con la estructura de sus instituciones.
Para finalizar, es importante llamar la atención sobre la trascendencia que tiene para las entidades públicas como, en este caso el IMTA y el INPI que hemos ejercido como facilitadores en este proceso organizativo, entender la construcción social de los significados, su sentido y el contexto de las palabras, en procesos como los Planes de Justicia en donde el llamado a las entidades públicas es a escuchar y adecuar sus estructuras, normatividades y formas de hacer a una realidad que aunque compartida temporalmente es muy distinta semánticamente, lo que complejiza esta enorme responsabilidad.

Con este reto, inicia esta semana, por parte de un equipo especializado del IMTA, el proceso de capacitación y transferencia de capacidades a quienes liderarán, por primera vez en la historia del país, un distrito de riego indígena. Esta acción marca el inicio del proceso de transferencia del Distrito de Riego 018 Pueblo Yaqui y será fundamental para mostrar que la congruencia con que se pensó, es además efectiva. El IMTA continuará acompañando este proceso, mientras las comunidades así lo soliciten.

Escasez y transferencias de derechos de agua

Adrián Pedrozo Acuña

Como hemos discutido en las últimas dos entregas de Perspectivas, el crecimiento poblacional, el cambio de patrones de consumo y desarrollo económico han generado un incremento global de la demanda de agua por diversos sectores que, aunada a los cambios en el clima hacia condiciones más extremas, nos dejan en todo el mundo frente a un escenario de crisis hídrica con vertientes sociales y económicas muy complicadas (Kahli et al., 2019; Gupta et al., 2013).

Como hemos discutido en las dos últimas entregas de Perspectivas, el crecimiento poblacional, el cambio en los patrones de consumo y el desarrollo económico han generado un incremento global de la demanda de agua por diversos sectores que, aunada a los cambios en el clima hacia condiciones más extremas, nos dejan en todo el mundo frente a un escenario de crisis hídrica con vertientes sociales y económicas muy complicadas (Kahil et al., 2019; Gupta et al., 2013). En muchas cuencas y acuíferos del mundo se documentan casos de sobreexplotación del agua en los que claramente se han rebasado los límites de la sustentabilidad, es decir, en los que se extrae más agua de la que naturalmente se renueva. Esto sin mencionar aquellos casos en los que en el papel se tiene concesionado un volumen muy superior al que realmente fluye por los ríos, siendo el caso más emblemático el del río Colorado, en los Estados Unidos de América (Kuhn y Fleck, 2019), que ya es reconocido como una de las crisis hídricas más importantes de este nuevo siglo.

Adicionalmente, conforme las ciudades crecen y su economía se expande, el uso industrial y doméstico del agua también se incrementa, lo que genera a su vez una demanda adicional sobre la cantidad y calidad de los flujos de agua, aumentando la competencia por este líquido entre las necesidades ambientales y aquellas del sector agrícola. De esta forma, se configura un caldo de cultivo excepcional para el surgimiento de conflictos hídricos entre usos y usuarios del agua, en virtud de que existe la demanda de atención a las necesidades básicas de las personas y a aquellas del sector económico, todas amparadas por concesiones de agua que se estiman con un balance anual que no necesariamente representa la disponibilidad real estacional o mensual en una cuenca o acuífero. Este desajuste entre la escala temporal de los instrumentos que permiten el aprovechamiento de agua (concesiones por volumen anual) y la realidad territorial de una sequía o déficit de lluvia da lugar en todo el planeta a la generación de mecanismos de intercambio de volúmenes permanentes o temporales entre sectores (doméstico, industrial y agrícola), a veces planeados y otras no tanto (Molle et al., 2007).

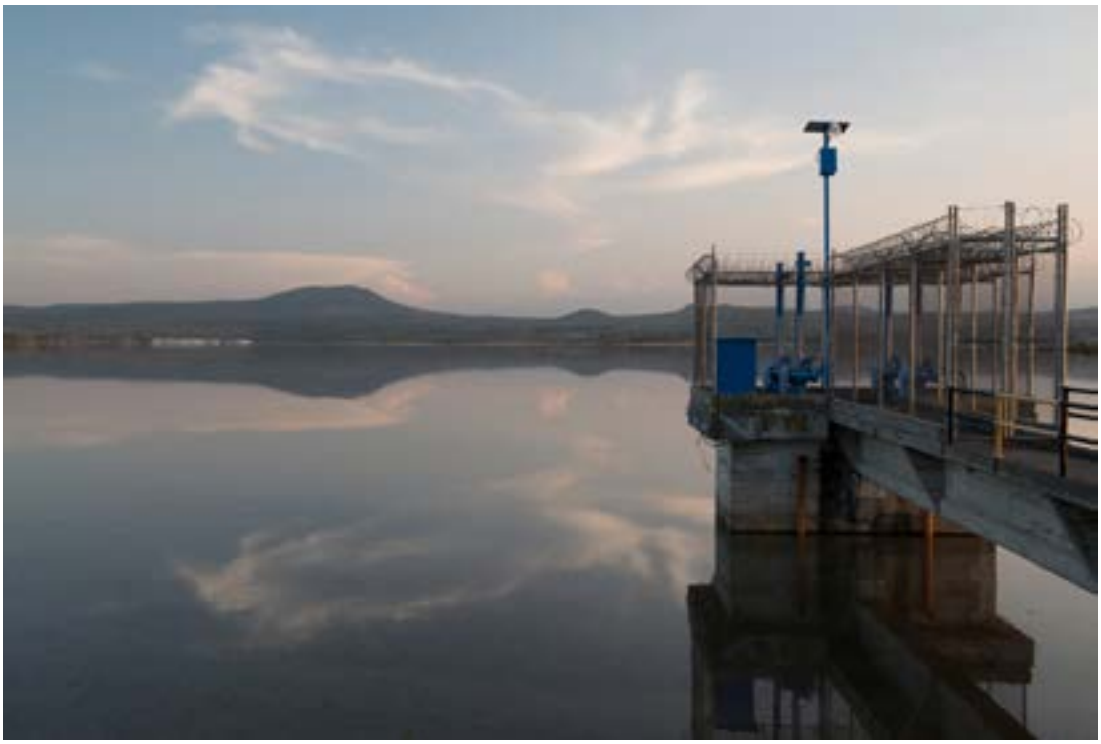
Las transferencias de derechos de agua (sean temporales o permanentes) actúan como un componente clave en el

Fecha de publicación:
28 de julio de 2020

Las transferencias temporales de derechos de agua permiten la redistribución del líquido a usos más urgentes desde una perspectiva social.

Núm. 24, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-24



manejo de la disponibilidad en fuentes de abastecimiento y la demanda de diferentes usos, que tiene el potencial de dotar de confiabilidad y adaptabilidad al sistema hídrico (Kazprzyk et al., 2009; Zhu et al., 2015). La reasignación temporal de volúmenes de agua en épocas de crisis representa una herramienta crítica para asegurar el cumplimiento del derecho humano al agua, de tal manera que, a través de esta se asegura que, durante tiempos de escasez, los beneficios del agua de una cuenca o acuífero se dirijan en primera instancia a las personas, optimizando el agua en usos industriales y aprovechándola de forma sustentable, es decir, de acuerdo con la realidad hídrica del territorio. En los últimos años, este hecho ha sido reconocido por investigadores y tomadores de decisiones en todo el mundo, pero su implementación territorial efectiva enfrenta todavía diversos impedimentos que no le permiten generar todos los beneficios que se advierten (Jhonson et al., 1990; Molle y Berkhoff, 2007; Iseman et al., 2012). Conforme más regiones en el mundo se enfrentan al incremento de la escasez del agua, este tipo de medidas serán más socorridas, tal como se ha visto en el caso reciente de la ciudad de Monterrey, en México.

Por esta razón, es importante reconocer las obstrucciones que impiden la implementación exitosa de la transferencia temporal o permanente de derechos de agua en el territorio. Lo que es evidente a todos los países del mundo es la urgente necesidad de implementar reglamentos para la transferencia de los derechos de agua bajo el cuidado y vigilancia de la autoridad nacional. Las transferencias temporales de derechos de agua permiten la redistribución del líquido a usos más urgentes desde una perspectiva social o, si son permanentes, el ajuste del uso del agua hacia límites que no rebasen la capacidad de renovación natural del acuífero o cuenca. La información y evidencia científicas que nos señalan la importancia de dirigir las cuencas y acuíferos hacia la sustentabilidad hídrica son vastas, por lo que la sociedad informada demanda un cambio en la distribución del agua (Colby et al., 1991). Por otra parte, el reconocimiento de derechos de agua a pueblos originarios, previamente ignorados, también requiere la reasignación y transferencia de volúmenes de agua entre usuarios como un medio para ajustar valores

y posiciones gubernamentales, tal como sucedió en Sudáfrica posterior al apartheid (Dinar et al., 1997) o en Arizona por el reconocimiento del derecho al agua reclamado por nativos americanos (Bark, 2009). En México, el reciente caso de implementación del Plan de Justicia para el Pueblo Yaqui, impulsado por el Gobierno federal, en el que se reconocen los derechos a tierra y agua de esta etnia, representa un claro ejemplo de la necesidad de mecanismos de transferencia y evaluación de volúmenes de agua desde lo local (Escobar, 2021).

La aplicabilidad de las diferentes formas de reasignación de volúmenes de agua depende de diversas condiciones, particularmente de la existencia de concesiones o derechos de aprovechamiento de agua. Sin embargo, es importante reconocer que la creación de este tipo de instrumentos de política para el manejo del agua ha abierto también la puerta a un debate sobre la utilidad comercial de estas transferencias bajo una lógica tecnocrática y de mercado que da lugar a preguntas como: ¿Es posible comercializar estos derechos como bienes en el mercado? ¿Existen políticas o reglamentos para implementar esa reasignación de derechos? ¿Existen la información y los datos apropiados en nuestra infraestructura hidráulica para permitir la reasignación?

Claramente, en el caso de nuestro país, la respuesta negativa a estas preguntas, junto con la aparición de casos de falta de agua para las personas en ciudades importantes como Monterrey, demuestran que en el manejo del agua también es vital incorporar las preocupaciones sociales y éticas sobre la organización y manejo de estas transferencias temporales o permanentes de agua. Las transferencias de un elemento natural y bien público, como es el agua, deben de realizarse bajo la premisa del beneficio a la sociedad, el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos y la atención a las preocupaciones sociales sobre la equidad en su distribución (Dinar et al., 1997; Liu et al., 2005). Por lo tanto, la tarea para su organización recae sobre el Estado, bajo la doctrina de confianza legítima, especialmente cuando las concesiones no han sido definidas con base en información o métodos que reduzcan la incertidumbre en los cálculos de disponibilidad, como es nuestro caso, o cuando las cuencas y acuíferos estén bajo condiciones de un alto estrés hídrico.

Adicionalmente, otra forma de transferencia de derechos de agua que es importante reconocer y detener, es el robo de agua por parte de usuarios que se conectan de forma unilateral e ilegal a canales de riego, presas, líneas de conducción o pozos, dado que fomentan la sobreexplotación de cuencas/acuíferos y representan un gran problema para la gestión adecuada del agua en tiempos de escasez (Kingdom et al., 2006). En zonas periurbanas, donde el servicio de agua potable es deficiente, esto da lugar a mafias de carros tanque o “pipas”, que venden agua a sobreprecios a las personas de bajos recursos. En lugares como la ciudad de Karachi, en Pakistán, este tipo de acaparamiento ilegal y transferencias de agua representan hasta una quinta parte del volumen total de agua para la sociedad (Kjellén y McGranahan, 2006). Diversos investigadores reconocen que el Estado es el mejor candidato para hacerse cargo de las actividades de monitoreo de ríos, acuíferos, embalses y redes de distribución. La información precisa del agua, en tiempo real y conectada a la realidad del territorio y sus usuarios, permite administrar correctamente un bien público del que todos dependemos (Grafton et al., 2010). Esta afirmación es lo que ampara la premisa que desde el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua hemos repetido constantemente: lo que no se mide, no se puede administrar. Los datos del agua conforman la piedra angular para el éxito territorial de las transferencias de derechos de agua, sean temporales o permanentes. Esto, en virtud de que los datos permiten conocer y anticipar escenarios prospectivos de disponibilidad; además, proveen información espacial y temporal a una resolución adecuada para tomar decisiones en beneficio de todos y no solo de intereses creados. El crecimiento tecnológico con los sensores de percepción remota, los sistemas de información geográfica, la infraestructura ciberespacial y los sensores de bajo costo nos permiten avanzar en el conocimiento de la calidad, disponibilidad y demandas de agua en el territorio, abriendo la puerta a la transferencia de derechos de agua organizada bajo preceptos éticos del cuidado a las personas y la vida, así como el beneficio equitativo de todos los sectores (Cai et al., 2015).

En este sentido, y volviendo al tema de la escasez de agua en la ciudad de Monterrey, Nuevol León, la falta de agua para todos los usos, pero principalmente para uso y consumo humano, hizo imperativa la adecuada intervención del Estado mexicano a través de la Comisión Nacional del Agua, que haciendo uso de sus facultades administrativas, y gracias a la política del diálogo como arma

efectiva con los usuarios del agua en la región, logró la transferencia temporal de importantes volúmenes de agua del sector industrial para garantizar el abasto al uso público urbano para los habitantes de esta ciudad. Esta acción fue posible gracias a un actuar ético de funcionarios y usuarios, que aceptan la donación temporal del agua para cuidar a las personas que coexisten con sus industrias en un territorio dado. Este es un ejemplo inequívoco de que en esta administración y en el sector hídrico nacional existe una nueva manera de tomar decisiones relativas al agua, cuidando a las personas y a la vida. De esta forma, el agua es bienestar y desarrollo equitativo para todos. En este caso, el actuar ético de sociedad y Gobierno cierra la puerta a debates sesgados que se configuran en función de intereses económicos diversos, por ejemplo, algunos acusando a la agricultura de ser el mayor consumidor de agua con la menor eficiencia.

Podemos anticipar que, en todo el mundo, la investigación científica y un adecuado marco institucional son elementos irrenunciables para dar soporte y justificar transferencias temporales o permanentes de agua, y que estas representan una de las soluciones más efectivas y baratas para hacer frente al crecimiento global de la escasez del agua, especialmente en cuencas y acuíferos sobreexplotados (Iseman et al., 2012).

Referencias

Bark RH. 2009. The Arizona Water Settlement Act and urban water supplies. Irrig Drain Syst, 23:79–96. doi:10.1007/s10795-009-9075-9.

Cai X, Marston L, Ge Y. 2015. Decision support for integrated river basin management—scientific research challenges. Sci China Earth Sci, 58:16–24. doi:10.1007/s11430-014-5005-2.

Colby BG, McGinnis MA, Rait KA. 1991. Mitigating environmental externalities through voluntary and involuntary water reallocation: Nevada's Truckee-Carson River Basin. Nat Resour J, 31:757.

Dinar A, Rosegrant MW, Meinzen-Dick RS. Water allocation mechanisms: principles and examples. Policy Research Working Paper No. 1779, World Bank Publications; 1997.

Escobar, C. 2021. El reconocimiento del Pueblo Yaqui en el centro de la estrategia del plan de justicia. Perspectivas IMTA, Num 37. DOI: 10.24850/b-imta-perspectivas-2021-37

Gupta, J., Pahl-Wostl, C., & Zondervan, R. 2013. 'Glocal' water governance: A multi-level challenge in the anthropocene. Current Opinion in Environmental Sustainability, 5(6), 573– 580. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.09.003

Grafton RQ, Landry C, Libecap GD, McGlennon S, O'Brien R. 2010. An integrated assessment of water markets: Australia, Chile, China, South Africa and the USA, NBER Working Paper No. 16203.

Kahil, T., Albiac, J., Fischer, G., Strokal, M., Tramberend, S., Greve, P., ... Wada, Y. 2019. A nexus modeling framework for assessing water scarcity solutions. Current Opinion in Environmental Sustainability, 40, 72– 80. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.009

Kingdom, B, Liemberger, R, Marin, P. 2006. The challenge of reducing non-revenue water (NRW) in developing countries—how the private sector can help: a look at performance-based service contracting. Water Supply and Sanitation Board Discussion Paper Series Paper No. 8.

Kjellén M, McGranahan G. 2006. Informal Water Vendors and the Urban

Poor. London: International Institute for Environment and Development.

Liu H, Cai XM, Geng LH, Zhong HP. 2005. Restoration of pastureland ecosystems: case study of western Inner Mongolia. ASCE J Water Res Plan Manage,131:420–430. doi:10.1061/(asce)0733- 9496(2005) 131:6(420).

Molle F, Berkoff J. Cities versus agriculture: revisiting intersectoral water transfers, potential gains and conflicts. Research Report No. 10, Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, Colombo, Sri Lanka; 2006, 70 p.

Johnson WK, Wurbs RA, Beegle JE. Opportunities for reservoir-storage reallocation. ASCE J Water Res Plan Manage 1990, 116:550–566. doi:10.1061/(asce)0733-9496(1990)116:4(550).

Iseman T, Brown C, Bracken N, Willardson T. Water transfers in the west: projects, trends, and leading practices in voluntary water trading. A Report from the Western Governors' Association and the WesternStates Water Council; 2012.

Kasprzyk JR, Reed PM, Kirsch BR, Characklis GW. 2009. Managing population and drought risks using manyobjective water portfolio planning under uncertainty. Water Resour Res, 45:W12401. doi:10.1029/2009wr008121.

Zhu T, Marques GF, Lund JR. 2015. Hydroeconomic optimization of integrated water management and transfers under stochastic surface water supply. Water Resour Res, 51:3568–3587. doi:10.1002/2014wr016519

Molle, F., Wester, P., Hirsch, P., 2007a. River basin development and management. In D. Molden (Ed.), Water for food — Water for life, Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture (pp. 585–624). EarthScan, London

Molden, D., (Ed.) (2007. Water for food — Water for life, Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. EarthScan, London.

Kuhn E., y Fleck, J. 2019. Science be dammed. How ignoring inconvenient science drained the Colorado river. The University of Arizona Press. 288p. ISBN 9780816543236.

Implementación de políticas públicas de abajo hacia arriba (bottom-up): plan de acción para una justicia restaurativa

Carolina Escobar Neira

El caso del Plan de Justicia para la Reparación Integral de los Daños de los Pueblos Campesinos de Temacapulín, Acasico y Palmarejo.

Satisfacer la demanda hídrica de los grandes centros urbanos suele implicar obras de infraestructura con altos costos económicos, ambientales y sociales. En México, uno de los más recientes proyectos de abastecimiento de agua para satisfacer la demanda hídrica de la zona centro-occidente del país fue la construcción de la presa El Zapotillo, así como el trasvase de sus aguas almacenadas hacia las zonas metropolitanas de Guadalajara, Jal. y León, Gto.

No obstante, la cuenca del río Verde, por su ubicación geográfica en los altos de Jalisco, se encuentra en una zona con alta vulnerabilidad hídrica tanto en sus cuerpos de agua superficiales como subterránea. Debido a esto, la puesta en marcha de esta obra ha creado conflictos sociales importantes en las comunidades aledañas, así como la reticencia hacia este proyecto por parte de productores agrícolas y pecuarios. Aunque la propuesta de construcción de la presa El Zapotillo y el acueducto que de ella se abastecería se puede ubicar en 1995, es hasta 2009 que empiezan a licitarse estas obras con las que se buscaba abastecer de agua potable a León, Gto; Guadalajara y los altos de Jalisco (Valle, 2017).

Desde el momento de adjudicación de las licitaciones empezaron a presentarse amparos, pues los pobladores de Temacapulín, Acasico y Palmarejo consideraban que sus medios de producción se verían comprometidos y, más aún, la misma existencia de sus poblados, cultura y forma de vida estaba en juego, debido a las inundaciones que se derivarían de la altura de la cortina de la presa, la cual ha pasado, en proyectos, de los ochenta metros de altura inicialmente planeados, a los 105 propuestos en una modificación en 2007 y, finalmente, a los ochenta pactados más recientemente.

Después de la lucha de las comunidades organizadas enmarcada por un despliegue importante y diverso de repertorios de acciones contenciosas con sus particularidades culturales y políticas (Tarrow, 2012), entre las que se destaca la de tipo jurídico, que finaliza con la realización de una consulta ciudadana para decidir en torno a la continuación o suspensión de la obra, se obtiene un acuerdo respecto a la altura de la cortina de la presa en ochenta metros con la inclusión de ventanas a los cuarenta metros para desfogar el agua que pueda poner a las poblaciones en riesgo.

Fecha de publicación:
12 de junio de 2022

Satisfacer la demanda hídrica de los grandes centros urbanos suele implicar obras de infraestructura con altos costos económicos, ambientales y sociales.

Núm. 21, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-21



Con el acuerdo anterior como punto de partida, el diez de noviembre de 2021 se dio inicio formal al Plan de Justicia para la Reparación Integral de los Daños de los Pueblos Campesinos de Temacapulín, Acasico y Palmarejo, cuyo contenido, acordado por las comunidades, fue entregado formalmente el 23 de noviembre a las autoridades federales (Comité Salvemos Temacapulín, Acasico y Palmarejo, 2021).

El documento se presenta como en proceso de construcción, y plantea 15 acciones acordadas entre las comunidades afectadas, que contemplan procedimientos de reparación simbólica y material, así como medidas de justicia y compromisos de no repetición, con lo que podría considerarse que este plan contiene elementos fundamentales para ser considerado, por un lado, un ejemplo de justicia restaurativa pactada fuera de un contexto de conflicto armado y, por otro, la implementación real de una política pública de abajo hacia arriba fundamentada en la participación sustantiva de las comunidades involucradas.

En primer lugar, la justicia restaurativa tiene sus bases en formas de justicia comunitaria (González, 2019), pero recientemente se ha retomado como aquella que busca la reparación proporcional y consensuada orientada a la construcción de confianza (Champo, 2020) en la que el delito o la situación que genera es asumido como un conflicto y que se centra en la reparación de las consecuencias de ese conflicto, buscando que víctimas, responsables y comunidades involucradas participen activamente en la resolución de los efectos de ese conflicto. Lo que se busca es que todas las partes relacionadas en la situación conflictiva se responsabilicen de las consecuencias y de las formas de reparación, identifiquen resultados que pueden tener efectos restaurativos futuros y prevengan la reincidencia de situaciones similares, motivando en los ofensores un compromiso por el cambio y facilitando escenarios de reintegración a la comunidad.

En situaciones de conflicto armado se han empleado estrategias en el marco de la justicia transicional, de verdad, justicia, reparación y compromiso de no repetición, mediante sistemas que involucran mecanismos judiciales y

extra judiciales orientados a satisfacer los derechos de las víctimas de dicho conflicto armado, garantizar la rendición de cuentas por lo ocurrido, dar certeza y seguridad jurídica de quienes participen de forma voluntaria en el proceso y contribuir a la construcción de convivencia, a la reconciliación y a la no repetición del conflicto.

Aunque no se podría afirmar que el concepto de justicia restaurativa o los elementos mencionados en un escenario de conflicto armado apliquen en su totalidad para el caso presentado, se pueden utilizar estos elementos como herramientas de análisis, dado que se trata de una situación de violación de derechos humanos y de la búsqueda de su restitución, por parte del Estado, como garante de esos derechos.

En segundo lugar, la implementación es el proceso, en el ciclo de las políticas públicas, que vincula una secuencia programada de acciones (formulación y diseño de las políticas), con los medios específicos para alcanzar los resultados esperados, de los que forman parte muchos actores (Delgado, 2009); tradicionalmente se le ha conceptualizado en dos formas: de arriba hacia abajo, que es la más común, y de abajo hacia arriba, que es a la que no referimos en este caso y que es más apropiada cuando hay un gran número de actores con interdependencias de poder o cuando hay un interés particular en la dinámica de las diferentes situaciones locales. Ballart y Ramió, citados por Arias (2019), reconocen al interior de las formas de abajo hacia arriba el nivel que han llamado micro, en el que los actores locales reaccionan a los propósitos macro, desarrollando su propia política a partir de la anterior y la aplican a casos concretos.
En el marco del ciclo de política, el énfasis de esta forma de implementación está puesto en la prestación de un servicio y, con esto, en la satisfacción de una necesidad o la obtención de un resultado. El documento presentado por las comunidades, representadas por el Comité Salvemos Temacapulín, Acasico y Palmarejo, parte de un diagnóstico de sus propias necesidades para formular una serie de acciones ya consensuadas y encaminadas a responder a esas necesidades, originadas o no por el proyecto de la presa El Zapotillo, y orientadas a la garantía de derechos de estas comunidades y sus entornos. Con esto, el Plan de Justicia para la Reparación Integral de los Daños de los Pueblos Campesinos de Temacapulín, Acasico y Palmarejo (así como el Plan de Desarrollo Integral del Pueblo Seri) se inserta en el ciclo de política como un caso ejemplar de implementación real de abajo hacia arriba, al surgir desde abajo, ser adoptado desde arriba y buscar la implementación colaborativa y horizontal, aportando con esto, además, elementos metodológicos innovadores para la política pública y las ciencias sociales.

El plan de justicia tiene grandes retos desde lo técnico, lo ambiental y lo social, y con esta claridad es que el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua se incorporó, desde el ocho de junio de este año, en su implementación, por solicitud directa de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de las comunidades involucradas. Desde lo técnico, modificar una obra con avances importantes, pero a partir de los nuevos acuerdos, implica la generación de nuevos estudios que integren acciones, expectativas e información técnica, es decir, que parta de la nueva realidad del proyecto, que tenga una visión ética fundamentada en el bienestar de la población y ponga a su servicio el mejor conocimiento para la mejor toma de decisiones. Desde lo ambiental, al reto enorme que implica la restauración del entorno ya afectado por la presencia de la presa se suma la extracción descontrolada e indiscriminada de material pétreo en el cauce del río Verde, que ha dejado a su paso devastación y grandes afectaciones en los medios de reproducción de la vida de la población (en sus prácticas tradicionales, su cultura, sus fuentes de alimentación y su memoria). Desde lo social, la generación de confianza entre el Estado y la comunidad es el gran desafío; continuar fortaleciendo la participación sustantiva de las comunidades (propositiva, con efecto vinculante, respetando sus formas de toma de decisiones, con injerencia en las formas de hacer y de decidir) es la vía para asegurar la sostenibilidad de las acciones; la planeación —acción participativa— debe estar en constante construcción y debe darse de manera paralela a las soluciones técnicas respecto a la presa en particular y a todo el territorio en general.

Finalmente, la planeación prospectiva, pensando en el incremento de la presión sobre el agua y el territorio al cumplirse el plan de justicia y al alcanzar las condiciones para el retorno de la población desplazada; la consideración de los diversos usos del agua en la cuenca, incluyendo el caudal ecológico del río Verde; la generación de información para la mejor toma de decisiones; el fortalecimiento de capacidades locales para la garantía de sostenibilidad y de no repetición; y la lectura

de todo lo anterior desde un enfoque de derechos humanos y con fundamento en la ética hídrica, son el compromiso que en el IMTA asumimos a partir de ahora para el desarrollo de este plan de justicia.

Referencias

Arias D., R. 2019. El “ciclo de las políticas” en la enseñanza de las políticas públicas. En Opera 10 de octubre, disponible en https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/opera/article/view/6021/8034#content/citation_refer ence_19

Champo S., N. 2020. La justicia restaurativa en el derecho mexicano. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Jurídicas. Disponible en https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv

Comité Salvemos Temacapulín, Acasico y Palmarejo, 2021. Plan de Justicia para la Reparación Integral de los daños de los pueblos Campesinos de Temacapulín, Acasico y Palmarejo en Jalisco, disponible en https://3waryu-2g9363hdvii1ci666p-wpengine.netdna-ssl.com/wp- content/uploads/sites/86/2021/12/Presa-El-Zapotillo-Plan-de-Justicia-envio-formal-.pdf

Delgado G., L. 2009. El enfoque de las políticas públicas. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Escuela de Administración Regional. Disponible en http://pagina.jccm.es/ear/descarga/A1T2.pdf

González T., M. 2019. Justicia restaurativa: una mirada a las necesidades de la víctima, la parte ofensora y la comunidad. En Ciencia Jurídica, Vol. 8, Núm. 15

Tarrow, S. 2012. Power in movement: social movements and contentious politics. Nueva York: Cambridge University Press. DOI: https://doi. org/10.1017/cbo9780511813245.

Valle, A. 2017. La historia tras la presa El Zapotillo, a la que renunció Abengoa. En “Obras por Expansión”, 01 de septiembre de 2017, disponible en https://obras.expansion.mx/construccion/2017/09/01/la-historia-tras-la-presa-el-zapotillo-a-la-que- renuncio-abengoa

Agua para el bienestar global

Agustín Breña Naranjo

En estos últimos días, fueron hechos públicamente un par de iniciativas enfocadas a transformar la manera sobre como valoramos, manejamos y administramos los recursos hídricos para nuestro bien común.

Fecha de publicación:
05 de junio de 2022

La tecnificación de la agricultura ha ido fomentando un uso más racional del agua, lo cual se ha traducido en una mayor productividad hídrica.

Por un lado, durante el Foro Económico Mundial, llevada a cabo a finales de mayo, se presentó la Comisión Global sobre Economía del Agua, un órgano conformado por 17 expertos independientes quienes trabajarán en proponer nuevos modelos inclusivos de gobernanza hídrica basados en la justicia climática, la sostenibilidad y la seguridad hídrica-energética-alimentaria. De igual manera, a principios del mes de junio, la vicepresidenta de los Estados Unidos, Kamala Harris, anunció un Plan de Acción Global sobre Seguridad Hídrica, cuya creación se basa en el rol que juega la seguridad hídrica en la seguridad nacional de cualquier país y la cual es catalogada como uno de los tres pilares (junto con la equidad de género y el crecimiento económico) para prevenir conflictos y promover la paz y estabilidad a nivel mundial.

Muy probablemente ambos anuncios son el resultado de la crisis climática que ya estamos presenciando y la cual necesita ser atendida con respuestas eficaces. En efecto, las medidas de adaptación al cambio climático distan mucho de ser lo suficientemente robustas debido a la gran disparidad existente entre países. La intensidad y frecuencia a la que se han presentados los fenómenos hidro-meteorológicos extremos, aunado al rápido crecimiento de la demanda de agua, han puesto en entredicho a los modelos de gestión y gobernanza hídrica que prevalecen en la actualidad.

Las líneas de acción de la primera iniciativa se centran en escalar la cooperación hídrica (tanto nacional como internacional) a niveles nunca antes vistos, principalmente en términos de financiamiento (público y privado), innovación tecnológica (hardware y software) y asequibilidad global, mientras que las componentes de la segunda iniciativa están orientadas en (1) lograr el acceso universal al agua de manera equitativa con énfasis en niñas y mujeres, resiliente y libre de emisiones de gases a efecto invernadero; (2) sistemas hídricos robustos que faciliten el crecimiento económico, protejan a sus ecosistemas dependientes e incentiven el uso de infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza; y (3) cooperación multilateral e hidro-diplomacia con énfasis en las aguas transfronterizas.

Este tipo de iniciativas, plausibles por su alcance global, pueden servir como ejemplo para generar nuevos planes, programas y acciones tanto a nivel nacional y local. Es por eso que desde el gobierno federal el tema del agua es y seguirá siendo un tema transversal e intersectorial. Dentro

Núm. 20, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-20



de este contexto, la Secretaría de Economía (SE), junto con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), están organizando un Foro Nacional sobre Seguridad Alimentaria y Cambio Climático para el próximo 7 y 8 de junio, y en el cual se contará con la participación del IMTA.

En este foro, uno de los temas principales que se abordarán será el de los riesgos hídricos y su conexión con la seguridad alimentaria. A pesar de que es bien sabido que el sector agrícola y pecuario son los principales consumidores de agua tanto en México como a nivel mundial, poco se sabe sobre las posibles trayectorias que la seguridad alimentaria pueda tomar en las próximas décadas.

En efecto, existen muchas incógnitas relacionadas con el futuro de nuestra agricultura de riego y de temporal: ¿En qué cuencas se tendrán que redimensionar las superficies de riego por falta de disponibilidad hídrica?; ¿En qué zonas del país se espera una caída en el rendimiento de los cultivos?; ¿Será necesario adoptar soluciones basadas en la ingeniería genética para ser autosustentables en cultivos básicos?; ¿La agricultura regenerativa se podrá replicar a nivel nacional o solo en aquellas regiones del país menos vulnerables al cambio climático?; ¿La agricultura seguirá siendo rentable en el centro y norte del país?; ¿Dónde será posible la adaptación del sector agropecuario?; ¿México podrá seguir exportando la cantidad de productos como lo hace hoy en día? Si bien estas preguntas no pueden ser contestadas actualmente con demasiada precisión, es posible empezar a trabajar en ciertas acciones que permitan disminuir los impactos del cambio climático, tales como:

a) Productividad, huella hídrica y expansión agrícola: la tecnificación de la agricultura ha ido fomentando un uso más racional del agua, lo cual se ha traducido en una mayor productividad hídrica (producir la misma cantidad de alimentos con menos agua). No obstante, la cantidad de agua necesaria para producir cualquier cultivo (en otras palabras, la huella hídrica) presenta una disparidad muy alta y en varios casos se encuentra por debajo de estándares a nivel internacional. Finalmente, existen varios ejemplos en el cual los ahorros de agua por hectárea logrados por la tecnificación se utilizan para expandir la superficie agrícola.

Es necesario establecer límites de extracción a nivel de cuenca y acuífero, así como verificar que estos se cumplan en cada temporada agrícola. También

valdría la pena empezar a definir valores de huella hídrica "aceptables" para cada cultivo en función del método de riego, así como de la región climática donde el cultivo se encuentre.

b) Flujos de agua virtual y justicia social: el comercio sigue siendo uno de los principales pilares de la economía de nuestro país y en el ámbito agropecuario somos uno de los principales exportadores de cultivos de alto valor a otras partes del mundo, principalmente a Estados Unidos. No obstante, existen serios desequilibrios hídricos asociados a la agricultura de exportación y cuyos impactos no solo han provocado estrés hídrico en las fuentes de agua de las cuales dependen, sino también han sido la causa de conflictos políticos y sociales a nivel local.
Es del interés común evaluar el riesgo físico, regulatorio y reputacional asociado a la disponibilidad hídrica en cuencas y acuíferos, principalmente en aquellas regiones con antecedentes de conflictos sociales y ambientales. Es apremiante diseñar y establecer modelos de equidad hídrica que promuevan de manera simultánea el desarrollo económico y estabilidad social.

c) Agricultura regenerativa: la mitigación al cambio climático va más allá de la descarbonización de la economía mundial. Para ello, es indispensable cambiar radicalmente ciertas actividades, entre ellas la agricultura, la cual representa la cuarta causa de emisiones de gases a efecto invernadero. Para lograr esto, es necesario regresar a ciertas prácticas (también conocidas como agricultura regenerativa) que promuevan el menor uso de agroquímicos, la conservación de la materia orgánica y humedad en los suelos, la biodiversidad y, por ende, cumplan con múltiples servicios ambientales, entre ellos los hidrológicos.

La transición agrícola se está llevando a cabo mediante la sustitución de la agricultura industrial por la agricultura regenerativa. El financiamiento para su implementación a gran escala será crucial en los siguientes años y se espera que también traiga beneficios en forma de servicios hidrológicos ambientales.

d) Adopción de nuevas tecnologías: el ascenso de la tecnología en nuestras vidas ha fomentado la inversión para innovar en todos los sectores de la economía, entre ellos la agricultura. En los últimos años, los resultados de la innovación han sido notables, tanto en tecnologías basadas en hardware tales como los sensores (in situ y remotos) así como aquellas basadas en software (plataformas para analizar, decidir y predecir todo lo relacionado a la gestión de los cultivos y sus respectivos insumos, entre ellos el agua) que permitan hacer un uso hídrico más eficiente a cualquier escala.

La adopción de estas tecnologías será exitosa en México cuando existan los incentivos para que pequeños y medianos agricultores tengan acceso a estas herramientas, previa socialización y capacitación a escala masiva. El agua es un eje rector para el bienestar, la estabilidad y la paz mundial. Los múltiples nexos entre el agua, la salud, la alimentación, la energía, los ecosistemas y la justicia social están siendo cada vez más reconocidos a nivel internacional por las clases políticas y empresariales. Ante esta ventana de oportunidad que se está empezando a abrir, es nuestro deber pasar del discurso a la acción.

Sustentabilidad y ética: pilares de la nueva gestión del agua

Adrián Pedrozo Acuña

Los cambios repentinos detonados por el acelerado desarrollo económico global han impuesto una fuerte presión sobre nuestro planeta, lo cual ha resultado en desequilibrio del ciclo hidrológico global, que hoy se manifiestan en eventos extremos mas severos, como las sequias experimentadas en México a principios de año (Lobato-Sanchez y Mejía Estrada, 2021; (Pedruzco-Acuña, 2021) o las graves inundaciones registradas durante la temporada de lluvias (Courty et al., 2021).

Por si esto fuera poco, existe un documentado incremento en la demanda de agua superficial o subterránea por distintos usuarios que, aunada a la degradación de la calidad del agua por las actividades humanas, incrementa la sobreexplotación de ríos y acuíferos en todo el planeta. Esto ha dado lugar a una gran diversidad de conflictos hídricos, los cuales tienen su origen común en la utilización de un modelo incompleto de gestión del agua que considera únicamente una perspectiva técnica de eficiencia económica y productividad, soslayando equidad, justicia y participación ciudadana.

Existen ejemplos mundiales que evidencian esta visión parcial o incompleta en la forma en la que se diseñan soluciones de infraestructura bajo una óptica técnica y unidisciplinaria. Tal es el caso de los cientos de presas construidas en la cuenca del mar de Aral, en la frontera entre Uzbekistán y Kazajstán, a fin de regar zonas agrícolas para la producción de algodón y que han redundado en el desecamiento de uno de los mares interiores más grandes del mundo, afectando la calidad y disponibilidad del agua en el ámbito local (Micklin, 2007). Por otro lado, el siglo pasado también dio cuenta de los conflictos sociales producidos por el desplazamiento de comunidades fuera de sus hogares o de las tierras que utilizaban para su sustento, resultado de la construcción de presas bajo una justificación técnica, sin considerar la opinión de la población (Jongerden et al., 2010). Es evidente que estos conflictos afectan de manera negativa a las personas en lo local, en sus propósitos culturales y también en los objetivos económicos que acompañan la aparente justificación de la construcción de este tipo de infraestructura (Hommes et al., 2016).

De esta forma, las disputas por el agua tienen diversas causas; sin embargo, existen documentadas tres actividades que generan los mayores conflictos: a) trasvases, transferencias de agua de una cuenca a otra; b) sobreexplotación, utilización de un volumen de agua mayor al que se recarga de manera natural; y c) degradación, disminución de la calidad del agua por medio de la contaminación, canalización de los ríos, su represamiento y otras alteraciones, reduciendo su salud ambiental.

Estas prácticas se presentan como resultado de una visión utilitaria del agua, en la que se aprecia como un recurso

Fecha de publicación:
22 de mayo de 2022

> *No podemos sobrevivir sin biodiversidad, aire limpio, agua dulce y océanos sanos.*

Núm. 18, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-18



renovable a ser dominado y utilizado técnicamente, promoviendo su sobreexplotación y degradación. Esta visión comienza a pasar factura en diversos sitios del planeta, tal como vemos en la cuenca del río Colorado en Estados Unidos de América, donde en los años veinte, a través del ejercicio de una decisión política, se ignoró la evidencia científica que daba cuenta de un menor volumen de agua respecto al que se había repartido en papel. En ese momento, esta acción abrió la puerta al sobreconcesionamiento de las aguas superficiales del río. Hoy, cien años después, con los impactos del cambio climático y la incidencia de sequías cada vez más severas en la cuenca (Summit, 2012), se recrudece la competencia por el agua en la región y se restringen por primera vez los volúmenes de agua a usuarios agrícolas (MacEachern y Pearson, 2021). Asimismo, en Arabia Saudita, la agroindustria ha extraído grandes volúmenes de agua de los acuíferos a un ritmo mucho mayor del que naturalmente se recarga, dejando a estos sistemas sin posibilidad de recuperarse (Joodaki et al., 2014).

De esta manera, decisiones incompletas o sin tomar en cuenta el mejor conocimiento disponible al momento trascienden temporalmente, y su legado persiste en la forma de impactos irreversibles al medio ambiente y al bienestar social y económico de regiones enteras. Como vemos en estos ejemplos, la irreversibilidad puede tomar la forma de comunidades desplazadas, agotamiento de los acuíferos o degradación de los cuerpos de agua, que afectan de forma directa a la salud de los habitantes.

Por esta razón, es urgente generar enfoques más holísticos que permitan hacer un uso sustentable del agua y considerar las necesidades del planeta. Reconociendo esto, hace años, especialistas agrupados en la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas (IAHS, por sus siglas en inglés) generaron un nuevo marco de trabajo denominado sociohidrología, cuyo propósito es entender las interacciones y retroalimentación que se dan entre los seres humanos y el ciclo natural del agua, considerando los procesos sociales, naturales y las intervenciones técnicas para su manejo (Sivapalan et al., 2014). La idea consiste en generar marcos de trabajo que permitan explicar los fenómenos emergentes que se producen por la interacción entre agua y sociedad.

Actualmente sabemos que los conflictos del agua resultan justamente de la falta de incorporación de las dimensiones asociadas a la equidad, la justicia y la ética. Llegamos así a una disyuntiva crítica: o nos quedamos con el agua como factor limitante del desarrollo económico y social, o empleamos este elemento como llave para cerrar brechas de desigualdad social y habilitar un desarrollo económico equitativo.

La salida parece evidente: urge un nuevo modelo de gestión del agua. El reto consiste en pensar estrategias para dirigir voluntades y dinero hacia la incorporación de ese nuevo enfoque que, además de la factibilidad económica, incluya temas relativos a la ética, la equidad, la justicia y la aplicabilidad institucional. Para ello deberán considerarse los principios de protección de la vida, el uso de la evidencia científica en las decisiones y una

conducta ética por parte de todos los usuarios y administradores.

En todas las naciones, el declive ambiental, que se manifiesta en la disminución de disponibilidad de agua, restringe considerablemente el crecimiento económico y la capacidad de reducción de la pobreza. La economía y el bienestar social requieren enormes flujos de agua. No podemos sobrevivir sin biodiversidad, aire limpio, agua dulce y océanos sanos. Por ello, es fundamental que en nuestras decisiones consideremos a las leyes de la naturaleza por encima de las leyes no naturales de la economía, utilizando como ejes de política pública a la sustentabilidad hídrica y a la ética por la vida (Pedrozo-Acuña, 2021).

El nuevo paradigma para la gestión del agua involucra, además de una perspectiva interdisciplinaria en su acción, una interlocución directa con diversos actores en el territorio (p. ej. pueblos originarios, pequeños agricultores, industria), de tal suerte que todas las realidades sean visibles y consideradas en las decisiones. Para dirigir el sistema hacia una dirección sustentable necesitamos reducir la huella hídrica en aquellas áreas geográficas en las que los niveles de extracción superan la reposición natural del agua. Esto requiere considerar la forma en que utilizan el agua todos los usuarios: agrícolas, pero también industriales (huella hídrica gris cero). No se trata de reducir producción ni de restringir las actividades económicas, sino de llevarlas a cabo respetando la vida y el ambiente del que todos dependemos. Esto necesariamente motiva una acción ética por parte de todos; usuarios y gobierno.

Se requiere de un conocimiento certero de las condiciones naturales del territorio, para que, a partir de ellas, podamos reconocer entre todos que existen lugares en el mundo donde es mejor ya no instalar actividades hídricamente muy intensivas. La humanidad ha demostrado capacidad transformativa a lo largo de su historia. Hoy, más que nunca, esta capacidad transformativa debe llegar al agua, solo así haremos de este elemento un motor de desarrollo económico para todos. Al final de cuentas, lo que tenemos que entender es que todos compartimos el mismo planeta con agua insuficiente para continuar con un modelo económico que fomenta prácticas de consumo y producción no sustentables.

Referencias

Courty, L., Centeno, J.C., Pedrozo-Acuña, A., 2021. Las inundaciones en el valle del Mezquital: un síntoma de los límites de la ingeniería convencional. Perspectivas IMTA, No. 36, DOI: 10.24850/b-imta- perspectivas-2021-36.

Jongerden, J., 2010. Dams and politics in Turkey: utilizing water, developing conflict. Middle East Policy 17 (1), 137–143.

Joodaki, G., J. Wahr, and S. Swenson, 2014, Estimating the human contribution to groundwater depletion in the Middle East, from GRACE data, land surface models, and well observations, Water Resour. Res., 50, 2679–2692, doi:10.1002/ 2013WR014633

Lobato Sánchez, R., Mejía-Estrada, P.I., 2021 Perspectiva sobre la sequía actual en México, Perspectivas IMTA, No. 16, DOI: 10.24850/b-imta-perspectivas-2021-16

MacEachern, D., Pearson D. 2021, Arizona heads into Tier 1 Colorado River Shortage for 2022, Press Release, Arizona Department of Water Resources and Central Arizona Project joint statement. Disponible en: https://library.cap-az.com/documents/public-information/ADWR-CAP-PressRelease- Arizona_Tier%201_Colorado_River_Shortage_2022-081321.pdf

Micklin, P. 2007. The Aral Sea Disaster, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, Vol. 35:47-72, https://doi.org/10.1146/annurev.earth.35.031306.140120

Pedrozo-Acuña, A. 2020. ¿Por qué necesitamos de la ética en las decisiones relativas al agua?, Perspectivas IMTA Núm. 12, DOI: 10.24850/b-imta-perspectivas-2020-12

Pedrozo-Acuña, A. 2021. Gestión de sequías: tiempo de llamar a la Hidrología. Perspectivas IMTA, No. 22, DOI: 10.24850/b-imta-perspectivas-2021-22

Pedrozo-Acuña, A. 2021. Transformación hídrica por la vida: reflexión sobre el Día Mundial del Agua 2021, Perspectivas IMTA, No.10, DOI: 10.24850/b-imta-perspectivas-2021-10

Summit, AR. 2012. Contested waters: An environmental history of the Colorado River. University Press Colorado.

Hommes, L. Boelens, R., Maat, H. 2016. Contested hydrosocial territories and disputed water governance: Struggles and competing claims over the Ilisu Dam development in southeastern Turkey. Geoforum Volume 71, Pages 9-20. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2016.02.015

Soluciones articuladas a partir de las necesidades de las comunidades: Plan de Desarrollo Integral del Pueblo Seri (pueblo comcáac)

Carolina Escobar Neira

Fecha de publicación:
06 de mayo de 2022

En su plan de desarrollo integral, los seris proponen la construcción de un proyecto de turismo sustentable que nos permita a todos apreciar y disfrutar de ese inmenso territorio del que son protectores.

Contraria a las luchas de muchos de los pueblos originarios en todo el territorio nacional mexicano, en su caso, la lucha del pueblo comcáac no pretende el reconocimiento legal de sus tierras,dado que desde el 12 de diciembre de 1970 se establece la dotación de su territorio, por medio de una resolución presidencial del entonces presidente Luis Echeverría, al ejido El Desemboque y su anexo, Punta Chueca.

Cinco años después, mediante el decreto del 10 de enero de 1975, se entrega y declara la exclusividad para la actividad pesquera a los miembros de la tribu seri y de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera, por lo que sólo ellos pueden realizar esta actividad en esteros y bahías de los litorales que forman la isla Tiburón, cuyo reconocimiento y titulación de tierras comunales se establece un mes después mediante la resolución presidencial del 10 de febrero de 1975; aunque su declaratoria como zona de reserva natural y refugio de fauna silvestre estaba vigente hacía ya 12 años mediante decreto del 7 de febrero de 1963.

Así se configura el territorio seri, al noroeste de México, que abarca 212 222 ha y que está conformado por un poco más de mil habitantes congregados en dos centros principales: Desemboque de los Seris y Punta Chueca. Sus actividades principales tradicionales han sido la pesca, caza y recolección, y más recientemente están incursionando en la prestación de servicios relacionados con el turismo, las artesanías y la agricultura.

Después del primer encuentro entre el presidente de los Estados Unidos Mexicanos, el licenciado Andrés Manuel López Obrador, y representantes del pueblo seri el 28 de octubre de 2019, autoridades y comunidad seri entregaron al presidente, el 12 de febrero de 2022, su plan de desarrollo integral, resultado de asambleas comunitarias y reuniones entre autoridades y comunidad de los dos poblados seris: Desemboque de los Seris y Punta Chueca.

Con este plan como punto de partida, el 4 de marzo de este mismo año, el INPI (Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas) encabeza la primera reunión interinstitucional entre las autoridades seris y los otros tres órdenes del Gobierno —federal, estatal y municipal— para dar respuesta al plan, que se organiza en torno a tres mesas:

- Gobierno tradicional e infraestructura para el bienestar común: equipamiento comunitario e infraestructura básica y social

Núm. 16, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-16



·Turismo comunitario y economía sostenible
·Niñez, juventudes, derechos de las mujeres y otros temas

Como se mencionó al principio de este texto, la lucha del pueblo comcáac no es por su territorio, este goza de reconocimiento y no se encuentra en disputa; su lucha se centra en la garantía de sus derechos. Por décadas, los seris han sido sometidos a diversos procesos de exclusión que los llevaron, en un momento, casi al exterminio y que los orillan a plantear sus peticiones partiendo de garantías básicas que no tendrían que exigirse en este momento si tales procesos de exclusión se hubieran revertido.

La primera mesa expresa la exigencia de contar con escuelas y sus equipamientos, centros de salud funcionales y dotados de lo necesario, viviendas dignas (aún hay algunas con techos de asbesto y es común que miembros de las familias duerman en la sala, comedor o algún otro espacio del terreno), vías de acceso, calles y espacios recreativos y deportivos, entre muchos otros elementos. Todos ellos son apenas ejemplos de sus demandas, dan cuenta del estado de abandono y marginación al que ha estado sometido este pueblo y se contraponen con la inmensa riqueza natural de la que son cuidadores decididos.

En medio de este inmenso número de dificultades, resalta la segunda mesa en la que el cuidado y respeto por el medio ambiente que este pueblo profesa por su entorno, por la diversidad de seres del mar y del desierto, que les han permitido mantenerse vivos y unidos hasta ahora en medio de las dificultades del desierto sonorense, es algo que está presente en su cotidianidad y en sus discursos, y es lo que priorizan en las discusiones frente a cualquier otro tema, porque tienen la certeza de que ahí se encuentra su fuente de vida y de subsistencia.

En su plan de desarrollo integral, los seris proponen la construcción de un proyecto de turismo sustentable que nos permita a todos apreciar y disfrutar de ese inmenso territorio del que son protectores, y les permita a ellos garantizar un nivel de vida digno para esta y las siguientes generaciones, manteniendo el delicado equilibrio sociedad–entorno–cultura e implementar acciones orientadas a recuperar tradiciones que se han ido perdiendo, restaurar espacios



naturales que han sido afectados, hacerse resilientes ante el cambio climático y dar a conocer su cultura, fortaleza y sabiduría.

Actualmente son un poco más de mil personas quienes conforman este pueblo. Para ellos, y a partir de lo concertado en su plan de desarrollo integral, el agua es entendida como el elemento sin el cual nada del resto es posible. Por eso, frente al tema, sus exigencias son claras: garantizar agua de calidad para toda la comunidad y sus actividades. Con el marco constitucional con el que cuenta México, la clara directriz presidencial de poner a las personas al centro de las decisiones y de priorizar a los más desfavorecidos, la organización política y social del pueblo comcáac y el compromiso público adquirido, el escenario es el ideal para que se establezcan soluciones permanentes y duraderas que remedien de fondo las décadas de atraso, marginación y segregación a las que ha estado sometido este pueblo. En esto se fundamenta la fortaleza y el poder de los planes de justicia y de los planes de desarrollo integral: en su capacidad de traducir las necesidades e intereses de la población en una metodología de atención e intervención que implemente soluciones reales y responda a necesidades planteadas por las comunidades, partiendo de una voluntad política clara respecto a la necesidad de alcanzar la igualdad de oportunidades y la instrucción y respecto al trabajo interinstitucional articulado y eficiente de diferentes actores y órdenes de gobierno.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) cuenta con la experiencia para aportar el mejor conocimiento para la toma de decisiones en materia de agua y tiene la convicción de que ahora es el momento de generar transformaciones reales en el sector y un profundo compromiso ético con las comunidades para que tengan la certeza respecto a la información que les entregamos para encontrar y construir conjuntamente las soluciones a sus exigencias y la garantía de sus derechos. Desde este enfoque surge nuestra participación en las mesas de este plan de desarrollo, centrándonos en temas relacionados con la garantía de los derechos humanos al agua y al saneamiento (cantidad, calidad, aceptabilidad, accesibilidad, asequibilidad), a un medio ambiente sano, a la salud y a la alimentación sana. Desde ahora se empiezan a dar frutos que esperamos poder fortalecer.

Una vez que empiece a concretarse el Plan de Desarrollo Integral del Pueblo Seri, que se firmará el próximo 13 de mayo, nos queda a todos (comunidad, entidades públicas, sector privado) el reto de estar a la altura del esfuerzo histórico del pueblo seri por sobrevivir y por hacerse escuchar, que apenas ahora, cientos de años después, empieza a tomar forma

Indicadores de derechos humanos al agua y al saneamiento: un salto cualitativo para su cumplimiento efectivo

Carolina Escobar Neira

Al hablar de cumplimiento de derechos humanos, la distancia entre su goce pleno o su realización efectiva y la emisión de normas o leyes que los reconocen es muy amplia e implica, por lo general, un proceso largo, lento y complejo.

En este camino, uno de los elementos fundamentales para la formulación, implementación, evaluación y seguimiento de las políticas públicas que lleven a su concreción es el conjunto de indicadores que sirven de hoja de ruta para el establecimiento de metas, la priorización de poblaciones y, en general, para la toma de decisiones.

Esta reflexión fue la que nos motivó a emprender el reto de formular un conjunto de indicadores de derechos humanos al agua y al saneamiento, de forma tal que le permitiera a instituciones del sector público, investigadores, organizaciones de la sociedad civil y a la ciudadanía en general, contar con información certera respecto a su nivel de cumplimiento y, por tanto, del bienestar de la población que es, en última instancia, el eje central de cualquier política pública y el sentido de los tratados internacionales en la materia.

Su elaboración partió de dos metodologías: la de la Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (ONU-DH), que busca medir el cumplimiento de los derechos y que comprende los siguientes mecanismos de medición en materia de derechos humanos: en primer lugar, el compromiso del Estado para dar cumplimiento a las normas de derechos humanos; en segundo, los esfuerzos emprendidos por el Estado para cumplir estas obligaciones y, por último, los resultados de las iniciativas emprendidas por el Estado a lo largo del tiempo. Lo anterior se ha concretado en la configuración de indicadores de tres tipos respectivamente: estructurales, de proceso y de resultados, que fueron considerados para cada uno de los criterios normativos de los derechos: disponibilidad, calidad, aceptabilidad, accesibilidad y asequibilidad.

Respecto a estos últimos, vale la pena destacar que existen numerosas discusiones y un nivel elevado de consenso alrededor de sus definiciones conceptuales; sin embargo, frente a su definición operacional no hay tanta certeza aún, pues depende de múltiples factores culturales, geográficos y naturales, lo que complejiza aún más su medición.

La segunda metodología considerada fue la de la Organización de Estados Americanos (OEA), que ordena los indicadores en tres categorías conceptuales y tres principios transversales, con la intención de medir los avances en un aspecto

Fecha de publicación:
20 de febrero de 2022

Los 104 indicadores de derechos humanos al agua y al saneamiento que se presentaron el pasado 18 de febrero tienen entonces una base fundamentada en la ética hídrica.

Núm. 05, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-05



específico y proporcionar información sobre los retos en la materialización del derecho en una esfera precisa de análisis. Cabe recordar que esta metodología es de cumplimiento obligatorio para los Estados partes, y se aplica para la medición y reporte de los derechos económicos, sociales y culturales (DESCAS). Las categorías conceptuales de esta metodología responden a los distintos aspectos en los que se debe reflejar el avance en la garantía y la protección de los derechos, y los principios transversales permiten identificar los mecanismos y políticas necesarios para asegurarlos, tendiendo como marco la protección igualitaria y no discriminatoria de los derechos; su adecuado nivel de información, participación, transparencia y rendición de cuentas; así como la evaluación de los recursos para el apropiado acceso a la justicia, que incluye la posibilidad de acceso a mecanismos de reclamo y protección.

Con estos dos antecedentes se creó una estructura que incorpora las dos metodologías y que retoma indicadores ya aceptados, como algunos del objetivo de desarrollo sostenible 6 de la Agenda 2030, algunos que miden el derecho a un medio ambiente sano y a la salud, entre otros. Este cruce de metodologías y de información permitió identificar vacíos y formular indicadores específicos que dieran cuenta de dichos vacíos y que respetaran, además, los principios ya enunciados. Como resultado de todo ello, y después de una consulta nacional con más de 200 personas relacionadas con el tema, se obtuvieron 104 indicadores distribuidos de la siguiente forma:

T
/cms/uploads/image/file/702107/tabla_Orden_matricial_de_los_Indicadores_de_derechos_humanos_al_agua_y_al_saneamiento.jpg

Una vez consolidado el total de indicadores, se diseñó una ficha descriptiva en la que, de nuevo, se consideraron los principios generales a considerar y aquellos aspectos que permitieran visibilizar diferencias y aportar elementos para una mejor toma de decisiones. En ese sentido, la elaboración y resultado de este conjunto de indicadores tiene un compromiso claro con la justicia hídrica y un profundo apego al compromiso de no dejar a nadie atrás, por lo que se hace énfasis en evidenciar la situación real de la población en

Estructurales	Proceso	Resultados
Recepción del derecho (n=29)		
10	7	12
Contexto financiero y compromiso presupuestal (n=9)		
	6	3
Capacidades estatales (n=28)		
6	16	6
Igualdad y no discriminación (n=12)		
2	8	2
Acceso a información y participación (n=11)		
7	3	1
Acceso a la justicia (n=15)		
1	10	4
26	**50**	**28**

abla 1. *Orden matricial de los Indicadores de derechos humanos al agua y al saneamiento*

términos de cumplimiento de derechos humanos al agua y al saneamiento, teniendo muy presente su relación profunda con el cumplimiento de otros derechos (vida, salud, alimentación, medio ambiente sano, entre otros) y por tanto con la dignidad humana, que son, en última instancia, la materialización de los principios de la ética hídrica que rigen nuestra gestión.

Toda esta información precisa por regiones y localidades, poblaciones específicas, dimensiones de los derechos, nivel de cumplimiento y demás elementos de las fichas descriptivas hará posible la visibilización de las particularidades a las que se deben orientar los esfuerzos para dar cumplimiento cabal a los compromisos adquiridos internacionalmente y, en particular, a los suscritos en la Agenda 2030 y el Acuerdo de Escazú.

Los 104 indicadores de derechos humanos al agua y al saneamiento que se presentaron el pasado 18 de febrero tienen entonces una base fundamentada en la ética hídrica, y son producto del trabajo transdisciplinar y colectivo entre diversos actores que aportaron, desde su ejercicio profesional, vivencia personal, conocimiento empírico, especialidad académica, etc. su esfuerzo y conocimiento para la concreción de los mismos, y van a permitir contar con una línea base para estos derechos; cumplir con las obligaciones del Estado en el reporte de avances; visibilizar la situación de poblaciones específicas en cuanto al cumplimiento de estos derechos en el país; contar con datos para la formulación de metas y para la toma de decisiones; identificar áreas de oportunidad y determinar prioridades en la atención; impulsar el acceso a información, la transparencia, la rendición de cuentas y la participación en materia de DD. HH.; fortalecer capacidades regionalmente mediante la transferencia de metodologías para el diseño de indicadores y de la experiencia nacional en su implementación; y, en última instancia, acercarnos cada vez más a la justicia hídrica que implica su concreción.

Para finalizar, retomaremos algunas de las ideas principales de la presentación: “Agradecemos el esfuerzo voluntario y proactivo del IMTA de construirlos (los

indicadores) y ponerse a la altura (del sistema). Esperamos que sea un referente para otras instituciones" Dr. Cristopher Ballinas, director general de Derechos Humanos y Democracia, Secretaría de Relaciones Exteriores.

"Es la primera vez que una instancia pública con un mandato en materia de derechos económicos, sociales, culturales y ambientales, logra el resultado que hoy tenemos, (...) en ese sentido, el IMTA es pionero y un gran ejemplo a seguir". (...) "El producto que van a tener en sus manos se ha desarrollado siguiendo los más altos estándares metodológicos internacionales y cuenta con una validación y retroalimentación de más de 200 actores nacionales, (...) lo que sin lugar a duda ha sido un amplísimo proceso de consulta. El producto final es una auténtica joya en términos de indicadores, porque cubre los vacíos de metodologías previas y sienta las bases para la medición de los DD. HH. al agua y al saneamiento tanto en México como en otros países" Mtro. Jesús Peña Palacios, representante adjunto en México de la Alta Comisionada de las Naciones Unidas para los DD. HH., Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los DD. HH. en México.

"Su implementación (de los indicadores) nos va a permitir fomentar la riqueza de la vida humana y las posibilidades existenciales de las personas, antes que la riqueza de la economía en la que viven los seres humanos, poniendo énfasis en las personas y el territorio, pavimentando de esta manera el camino hacia un mundo en el que cada persona pueda vivir una existencia caracterizada por tres elementos: dignidad, oportunidad y comunidad, y donde todos podamos hacerlo conforme a los elementos de la casa, nuestra tierra". Dr. Adrián Pedrozo Acuña, director general del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

A manera de cierre, les invitamos a consultar los indicadores de derechos humanos y sus fichas técnicas, alojados en la página institucional del IMTA (https://bit.ly/IndicadoresDDHH) desde donde, en un ejercicio proactivo de acceso a la información, están publicados y listos para ser descargados. Esperamos que sean consultados, difundidos y apropiados por todas las personas interesadas. Por nuestra parte continuaremos el esfuerzo por hacer de ellos una herramienta útil para la toma de decisiones de forma que nos acerquemos cada vez más a la meta universal de no dejar a nadie atrás.

A continuación, dejamos para su consulta los videos de los eventos realizados al respecto:

Los derechos humanos al agua y al saneamiento en México: lanzamiento de los indicadores para su medición, realizado el 18 de febrero de 2022: https://youtu.be/TqCatDxka6I

Conversatorio sobre la importancia de los DD. HH. a partir de indicadores: explicación de la metodología y la importancia de los resultados, realizado el 10 de diciembre de 2021: https://youtu.be/bJNDCs4w5_s

La Ley Modelo de Sistemas Comunitarios de Agua Potable y Saneamiento en la XXXVI Asamblea del Parlatino

Adrián Pedrozo Acuña

Amigas y amigos, agradezco encarecidamente a este Parlamento Latinoamericano y Caribeño la invitación para acompañarlos en esta XXXVI asamblea ordinaria. Saludo respetuosamente a su presidente, el Senador Jorge Pizarro; a los honorables parlamentarios y parlamentarias de América Latina y el Caribe, así como a todos los que hoy nos acompañan.

Como representante de la inteligencia hídrica del sector ambiental de México, doy las gracias por la posibilidad de exponer en este pleno una de las experiencias más enriquecedoras que hemos tenido y que nos enorgullece como técnicos del agua, pero sobre todo como latinoamericanos, y me refiero a las contribuciones que hemos podido aportar a la Ley Modelo de Sistemas Comunitarios de Agua Potable y Saneamiento del Parlatino.

Nuestro trabajo colaborativo con este parlamento no hubiera sido posible sin el apoyo de la FAO y de la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo y los Frentes Parlamentarios contra el Hambre.

Como telón de fondo, el paso de la pandemia de COVID-19 ha sido para la gran mayoría un fenómeno que ha generado dos crisis: una de salud y otra económica, ambas superpuestas con otra de carácter ambiental que ya se avizoraba en el horizonte, la crisis del agua, crisis que resulta de una fuerte presión sobre el planeta que ha detonado desequilibrios en el ciclo hidrológico global, que hoy se manifiestan en eventos extremos más severos, como las sequías experimentadas en muchos de los países de América Latina o las graves inundaciones que se han registrado durante la temporada de lluvias.

Por si esto fuera poco, existe un documentado incremento en la demanda de agua superficial o subterránea que, aunada a la degradación de la calidad del agua por las actividades humanas, incrementa la sobreexplotación de ríos y acuíferos en todo el planeta.

En todos los países, sin importar su nivel de desarrollo, esto ha dado lugar a una gran diversidad de conflictos sociales asociados al agua, los cuales tienen su origen en la utilización de un modelo de gestión que considera únicamente una perspectiva técnica de eficiencia económica y productiva, soslayando aspectos de equidad, justicia y participación ciudadana.

Los conflictos hídricos afectan de manera negativa a las personas en lo local, no solo en sus propósitos culturales, sino también en los objetivos económicos que acompañan

Fecha de publicación:
12 de febrero de 2022

Los conflictos hídricos afectan de manera negativa a las personas en lo local, no solo en sus propósitos culturales, sino también en los objetivos económicos que acompañan la aparente justificación de decisiones hídricas técnicas.

Núm. 04, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-04



la aparente justificación de decisiones hídricas técnicas. Para hacer frente a estos conflictos se requiere el fortalecimiento de marcos jurídicos para incorporar de forma exitosa la participación ciudadana y la técnica dentro del proceso de toma de decisiones.

Por esta razón, hoy más que nunca necesitamos construir un nuevo paradigma para la gestión del agua que involucre una perspectiva interdisciplinaria en su acción y una interlocución directa con diversos actores en el territorio, de tal suerte que todas las realidades sean visibles y consideradas en las decisiones.

Por esta razón, felicito al Parlatino por su Ley Modelo de Sistemas Comunitarios de Agua y Saneamiento, porque esta representa un paso seminal y franco en la creación del nuevo modelo para pensar el agua. Con esta ley, nuestra región latinoamericana abre una vía clara para todo el mundo hacia el cumplimiento del objetivo de desarrollo sostenible número 6, y atiende un imperativo ético por todos reconocido.

El uso de la ética nos permite revisar lo construido conceptual e institucionalmente en el pasado para reconocer lo correcto y aprovecharlo, e identificar lo que no funcionó y corregirlo en beneficio de todos. La ética es el impulso que nos permite hacer lo correcto por el bien de todos, habilitando el desarrollo económico equitativo a través de un uso responsable del agua.

Esto es lo que representa esta ley modelo, una acción ética que permite abrir puertas alternativas para establecer políticas públicas para la gestión del agua en el territorio. Tiene un potencial de mejorar, tan solo en los países de nuestra Latinoamérica, el acceso al agua de casi 166 millones de personas que aún no cuentan con agua potable y carecen de mecanismos institucionales para cubrir esta necesidad básica.

Hoy, la construcción de la nueva política hídrica pasa necesariamente por la transformación hacia el reconocimiento de los olvidados, los que se quedaron atrás, los sin voz. Esto necesariamente requiere considerar una lente comunitaria, democrática, local, y una tecnología que respete y trabaje con los procesos físicos del territorio y la concepción espiritual de sus habitantes, pensando no solo en los que existimos hoy, sino en los que habrán de seguir nuestros pasos mañana.

La transformación de la forma en la que pensamos el agua y tomamos decisiones requiere de expertos, empresarios, parlamentarios y servidores públicos que actúen bajo principios éticos y de sustentabilidad. La crisis hídrica del presente es una señal inequívoca para cambiar nuestra relación con este elemento vital. El agua segura y los ecosistemas saludables son mucho más valiosos que las piedras preciosas. Por esta razón, celebro que esta ley modelo haya sido creada bajo los principios del cuidado de la vida, la utilización del conocimiento científico y la ética. Esta es la innovación humanista del siglo XXI; con ella queda claro que, como dice don Pablo González Casanova, el futuro de la humanidad, si la humanidad tiene futuro, está en nuestra América Latina.

Reflexión del titular del IMTA en la XXXVI Asamblea Ordinaria del Parlatino, realizada el 11 de febrero de 2022.

Nuestro compromiso hacia a la defensa de los derechos humanos

Carolina Escobar Neira

El 10 de diciembre se conmemora el Día de los Derechos Humanos, celebración de carácter mundial que nos recuerda que en esta fecha, en 1948, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó en París un documento histórico que proclama los derechos inalienables que corresponden a toda persona como ser humano: la Declaración Universal de Derechos Humanos (DUDH). Es importante destacar que esta declaración manifiesta que dichos derechos corresponden a todo ser humano, independientemente de su raza, color, religión, sexo, idioma, opinión política o de otra índole, origen nacional o social, posición económica, nacimiento o cualquier otra condición.

Fecha de publicación:
06 de diciembre de 2021

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) genera acciones transformadoras.

En aquel entonces, el mundo se encontraba en proceso de recuperación de un periodo de barbarie en el que el sentido de la vida y su valor fueron puestos a prueba, lo que obligó a toda la humanidad a pensarse como unidad, como colectivo, y a plantear las bases desde las cuales reconstruir ese sentido perdido y empezar a relacionase de nuevo. La Declaración logró plasmar un ideal común para todos los pueblos, que se manifestaba en el deseo de paz, libertad, unidad y respeto entre todas las naciones, y que enarbolaba la igualdad entre todos los seres humanos y su dignidad intrínseca, misma que hasta el momento ha sido fuente de inspiración de más de setenta tratados en torno a diferentes derechos (Naciones Unidas, 2021).

Cada año, esta conmemoración tiene un tema en particular, y para este 2021 se eligió el proceso de recuperación frente a la pandemia de COVID-19, con el lema "Defiende los derechos humanos" (Naciones Unidas, 2021), con el objetivo de motivar a todas las personas en todos los niveles (entidades públicas, privadas, órganos multilaterales, sociedad civil, público en general) a comprometerse con el impulso y realización de acciones transformadoras, desde su propio ámbito de competencia, que contribuyan a la construcción de sociedades más resilientes y justas.

En el momento de su acuerdo y publicación, hace ya 73 años, la DUDH instaba a las naciones a tomar medidas progresivas para alcanzar estos ideales universales. Hoy, la celebración nos encuentra en medio de las noticias frente a la aparición de otra nueva variante del virus causante de COVD-19, la ómicron, detectada ya en México y sobre la cual cada día se sabe más y se discuten estudios de su potencia de contagio y de afectación, de la población más vulnerable a sus efectos y, en general, de a sus características particulares. En lo que sí parece haber un acuerdo generalizado es en su origen: la inequitativa, desigual y racista distribución de las vacunas en todo el mundo, que, en este caso, se manifestó primero en Sudáfrica.

Sudáfrica, desde mayo de 2021, fue calificada como la nación del continente africano más golpeada por el virus causante

Núm. 47, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-47



de COVID-19 (Agencias Ciudad, 2021); sin embargo, esta noticia se dio solo en ese momento en el que inició el proceso de vacunación masivo, que hoy se acerca al 25 % de su población, mientras que en el resto del mundo la vacunación había iniciado seis meses antes y a hoy alcanza una cobertura mundial promedio del 43 %—en México la vacunación alcanza el 84 % de mayores de 18 años, según cifras oficiales—, por su parte, en el continente africano, el esquema completo se ha puesto al 7.5 % de la población.

Este panorama en materia de salud y vacunación, junto con otros datos, como la cada vez más inequitativa distribución de la riqueza; los conflictos socio ambientales en los que la población más vulnerable sigue siendo la mayor afectada; la distribución desigual entre los efectos del cambio climático, que amenazan de manera inminente a países y comunidades pobres y en cuya remediación los países productores de gases de efecto invernadero no se comprometen aún; la contaminación de mantos acuíferos; la creciente deforestación; y la pérdida de la diversidad, entre muchos otros más, parece indicarnos que estamos fallando en la labor encomendada y con la que nos comprometimos, todos, como humanidad, hace 73 años.

Convencidos de que aún hay tiempo para actuar, conscientes de los compromisos que adquirió México frente al cumplimiento de los derechos humanos al agua y al saneamiento y decididos a aceptar la invitación que nos hace hoy la Organización de las Naciones Unidas a defender los derechos humanos desde nuestro ámbito de competencia y contribuir con ello a la construcción de sociedades más resilientes y justas, en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) generamos acciones transformadoras y presentamos esta semana, el viernes 10 de diciembre, la metodología y el proceso de construcción de los indicadores de derechos humanos al agua y al saneamiento, con los que esperamos dar cuenta del estado actual de su cumplimiento, reportar su avance efectivo, brindar herramientas para la mejor toma de decisiones, priorizar acciones y establecer metas respecto a su cumplimiento, así como transparentar la información al respecto.

La construcción de estos indicadores, si bien surge en el segundo semestre de 2019 como una iniciativa del IMTA, son el resultado del trabajo colaborativo realizado a lo largo de dos años entre entidades de la administración pública como

el Inegi; el Inecc; la SRE; la Segob; la Conagua; organismos internacionales, como la Oficina del Alto Comisionado para los Derechos Humanos en México (ONU-DH) y Waterlex – HumanRight2Water; organizaciones de la sociedad civil, como Comda, Cántaro Azul y Oxfam– México; investigadores, como el Programa Universitario de Derechos Humanos de la UNAM (PUDH-UNAM) y el Colegio de Geografía de la UNAM; y un amplio conjunto de activistas, académicos, funcionarios, conocedores e interesados en el tema que nos dieron en diversos momentos y a lo largo de estos dos años sus opiniones, aportes y sugerencias.

Gracias a todos estos aportes, a la experiencia y conocimiento de todos los involucrados en materia de indicadores de DDHH o en temas relacionados con el agua y el saneamiento, se consolidó un conjunto de 104 indicadores con cada una de sus fichas descriptivas, que en este momento se están incorporando en el Sistema Nacional para la Evaluación del Nivel de Cumplimiento de los Derechos Humanos (SNEDH) y que estarán listos para empezar a medirse y consultarse en el primer semestre de 2022, con lo que confiamos marcar un punto de inflexión en cuanto al nivel de cumplimiento de estos dos derechos, fundamentales para el cumplimiento de otros derechos, dado que, como sabemos, no podemos incidir en lo que no conocemos; en lo que no medimos.

Si bien celebramos hacer el lanzamiento de los indicadores en el marco de esta conmemoración tan importante en todo el mundo, sabemos que esto es solo el inicio de una labor ardua y de muy largo aliento que exigirá de muchos actores su compromiso decidido y constante, por lo que nos unimos a la invitación de las Naciones Unidas a defender los derechos humanos y, desde nuestra competencia, hacemos este aporte que estamos seguros será de gran utilidad para el país y la región.

Referencias

Agencias Ciudad, 2021. La Vanguardia, 17/05/202, disponible en https://www.lavanguardia.com/internacional/20210517/7460237/sudafrica-mayor-foco-covid-19-africa-inicia-vacunacion-general.html

Naciones Unidas, 2021. Día de los Derechos Humanos 10 de diciembre. Disponible en https://www.un.org/es/observances/human-rights-day

Naciones Unidas, 2021. La Declaración Unidad de Derechos Humanos. Disponible en https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights.

Chile y México: desafíos y nuevos paradigmas de gestión del agua

Amalia Salgado López

En las últimas décadas, los países de América Latina y el Caribe han experimentado transformaciones en su relación con los recursos hídricos.

Un reflejo de ello son los cambios en los marcos normativos del sector hídrico. Cada vez hay más países que han enmarcado la gestión del agua en los derechos humanos al agua y al saneamiento, y otros han reconocido en sus leyes a la gestión comunitaria.

En el presente texto se retoman los casos de Chile y de México, a propósito del evento en línea que el pasado 29 de octubre realizó el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua denominado Encuentro Internacional sobre Innovación y Políticas Públicas: Reformas Normativas del Agua, en el que se discutió la necesidad de nuevos paradigmas en la gestión del agua.

Se toman estos dos casos, pues, recientemente, Chile ha comenzado un debate nacional en torno a su futuro hídrico, luego del triunfo de los independientes y de la izquierda, lo que le ha planteado un posible viraje en cuanto a la privatización del agua en la redacción de su nueva constitución. En el caso mexicano, desde 2012, los cambios en el artículo 4 constitucional sobre el derecho humano al agua han posibilitado una amplia discusión del tema; pero, sobre todo, una transformación en el rumbo de la política hídrica del país.

Chile: hito en la gestión del agua

En materia de agua, el caso chileno es único. La privatización del agua concretada a través del Código de Aguas de 1981 definió un hito en la gestión de los recursos hídricos en ese país, ya que, en sus artículos 5 y 6, privatizó las aguas al otorgar a los particulares el derecho de aprovechamiento para usar, gozar y disponer de ellas.

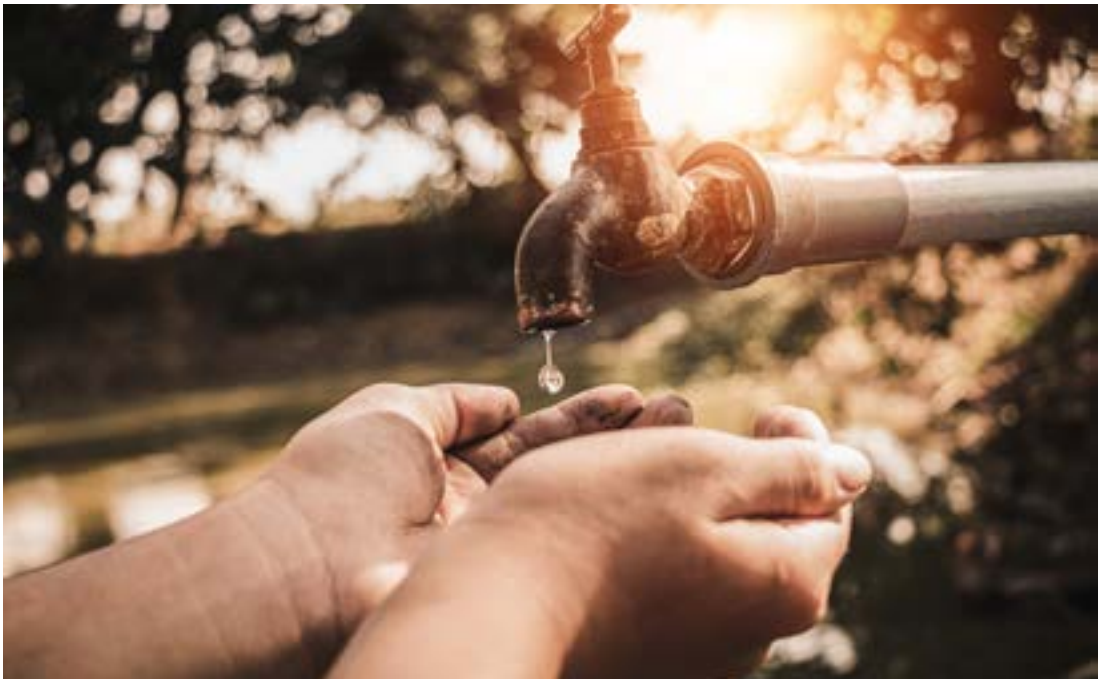
Este Código es un marco regulatorio que presenta una serie de características que lo hacen único en el mundo y que se sustenta en cuatro pilares: 1) prioriza el uso del agua como un bien económico; 2) el Estado le concede derechos de agua gratuitos y perpetuos a privados, quienes pueden comprar, vender, hipotecar o arrendar estos derechos sin intervención del Estado; 3) separa la propiedad del agua de la tierra, por lo que existen privados que tienen acceso al agua sin necesidad de contar con tierra, y la prevalencia del uso privado y no colectivo de los recursos hídricos desconoció los diferentes usos tradicionales y las necesidades de una parte importante de actores de los territorios chilenos (Guerrero-Valdebenito et al., 2018); 4) "crea dos tipos de derechos de agua, que son los derechos consuntivos de consumo, ya sea para actividades económicas, como para uso doméstico, y los derechos no consuntivos, que se usan

Fecha de publicación:
31 de octubre de 2021

El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos

Núm. 42, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-42



pero no se consumen, como es el caso de la generación de hidroelectricidad" (Panez Pinto, 2018: 203).

Los recursos hídricos han sido fundamentales para la aplicación de su modelo económico. Dentro del contexto mundial, Chile es un país privilegiado en materia de recursos hídricos, es poseedor de una geografía con extensa costa, grandes lagos, presencia de cuencas hidrográficas en prácticamente todo el territorio y, además, tiene grandes glaciares y casquetes polares, que forman parte de las principales reservas de agua dulce del planeta. Chile concentra el 76 % de la superficie de glaciares del continente sudamericano (28,200 km²). El área de glaciares en Chile representa el 3.8 % del total mundial, excluyendo a la Antártica y Groenlandia (Ministerio de Obras Públicas, 2009).

De acuerdo con Guerrero-Valdebenito et al. (2018), las principales industrias de exportación chilenas, como las mineras y las empresas agrícolas, demandan importantes cantidades de agua, tanto para su producción como para sus transformaciones posteriores. Sin embargo, en el norte de Chile, donde se concentran las principales empresas mineras, los recursos hídricos son muy escasos por la presencia del desierto de Atacama, y esta escasez se ha ido expandiendo hacia las áreas agrícola y maderera.

Lo anterior ha generado impactos sociales y ambientales significativos, incentivando en la última década el surgimiento de diversos conflictos sociales en dicho país (Guerrero-Valdebenito et al., 2018; Panez Pinto, 2018). Los conflictos por el agua en el norte de Chile se convirtieron en una constante histórica de la relación con la institucionalidad y los grandes consorcios mineros (Ramos, 2010). Y es que "ningún gobierno ha ido tan lejos como Chile en la mercantilización del agua dentro de su territorio. En una década, los servicios de agua potable fueron completamente privatizados, convirtiéndose éste en un campo de operaciones del sector privado" (Barlow, 2010).

Como se observa, este contexto no es nada alentador; sin embargo, como ya se mencionó al principio, Chile está ante la oportunidad de plantear un nuevo futuro hídrico basado en la equidad y la justicia; el triunfo de los independientes

muestra la nueva cara de un país que quiere dejar atrás el modelo neoliberal al redactar su nueva constitución.

El caso mexicano

En febrero de 2012 se estableció en el artículo 4 constitucional que "toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible". Y en el tercero transitorio se estipuló que el Congreso de la Unión contaba con un plazo de 360 días para expedir la Ley General de Aguas.

A punto de cumplirse una década de ese mandato, aún no se cuenta con una ley general, por lo que sigue vigente la Ley de Aguas Nacionales que se expidió en 1992, la cual contó con varias reformas en 2004, entre ellas, la búsqueda de una descentralización en la gestión del agua.

Esta Ley retomó los principios establecidos en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, celebrada en Dublín en 1992. En particular, el principio cuarto estableció que el agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos, y debe ser reconocida como un bien económico. De acuerdo con este documento, este principio se orientaba a privilegiar la gestión del agua como un bien económico en tanto es un medio importante de conseguir un uso eficiente y equitativo, así como de alentar la conservación y protección de los recursos hídricos (World Meteorological Organization,Geneva, CH, 1992).

La incorporación de este principio propició varios cambios en la gestión en México, entre los que destacamos un par de ellos: desapareció la descripción del uso para el abastecimiento público y doméstico, y en su lugar refirió al agua empleada por la administración pública a través de las asignaciones, figura que, por cierto, no existe constitucionalmente. Asimismo, la introducción del uso público urbano invisibilizó el uso del agua para consumo humano, al mezclarlo con los diferentes usos urbanos de las ciudades, como son los usos comerciales e industriales del agua.

El enfoque neoliberal que dominó en el mundo en la década de los noventa —promovido por organismos internacionales— se concretó en el caso mexicano en la Ley de Aguas Nacionales. De esos años a la fecha han transcurrido casi tres décadas, y varios son los diagnósticos de la situación actual del agua en México; sin embargo, hay un consenso general de que el agua en el país se encuentra en una situación crítica.

El diagnóstico del Programa Nacional Hídrico 2020-2024 refiere varios retos, de los cuales destacamos los siguientes:

1) Reducir la mortalidad infantil por enfermedades diarreicas agudas, ya que se estima que el 48 % de dichas enfermedades podrían ser evitables con medidas de acceso al agua potable y a instalaciones mejoradas de saneamiento.

2) Asegurar el abastecimiento del agua en las ciudades para los próximos años. Se estima que para 2050 México tendrá 150.8 millones de habitantes, lo que representará mayor presión sobre los recursos hídricos.

3) Mejorar las estrategias para prevenir impactos, proteger a la población y apoyar la organización comunitaria frente a las amenazas del clima.

4) Revertir la pérdida de servicios ecosistémicos derivados del incremento en la extracción de agua en cuencas y acuíferos. En el país existe una situación de sobreexplotación en 115 de los 653 acuíferos, y en aproximadamente 69 de las 757 cuencas hidrológicas el caudal concesionado o asignado es mayor que el de agua renovable (situación de déficit).

5) Asegurar la dotación de agua a las 197 mil localidades rurales dispersas. Se estima que existen más de 28 mil Organizaciones Comunitarias de Sistemas de Agua y Saneamiento en el país que brindan servicios a más de 7 millones de personas en las zonas rurales, pero no se cuenta con información suficiente para valorar sus contribuciones en el acceso al agua o en la implementación de los derechos humanos al agua y al saneamiento (Conagua, 2020).

Sobre este último reto, la senadora mexicana Ana Lilia Rivera comentó —en el Encuentro Internacional sobre Innovación y Políticas Públicas— que la Ley Modelo de Sistemas Comunitarios, presentada en el Parlatino, es un esquema normativo que busca dar certeza a dichos sistemas en materia de capacitación tecnológica y recursos financieros; pero, sobre todo, busca cumplir el derecho humano al agua potable en las comunidades rurales que existen en la región. En tal sentido, cualquier

cambio normativo en materia de agua en nuestra ley debe reconocer los sistemas comunitarios de agua y saneamiento.

Los desafíos

¿Cuál es el contenido que una ley debe tener para lograr una política hídrica sustentable, equitativa y justa? Sn duda, se requiere una discusión amplia con todos los sectores, privilegiando el diálogo y la búsqueda de consensos para lograr el bien general.

En los casos expuestos, tanto en el caso chileno como en el mexicano, se observa que se tienen impactos sociales y ambientales significativos que han incentivado el surgimiento de diversos conflictos sociales. Estas movilizaciones sociales han evidenciado las diversas problemáticas que emanan de modelos de gestión que requieren ser revisados y ofrecen la oportunidad para la región para analizar y dialogar sobre nuevos paradigmas de gestión del agua —considerando temas clave como son las concesiones o la prevención del acaparamiento de agua y tierra por ciertos usuarios— con el fin de generar transformaciones positivas para toda la sociedad en la relación con los recursos hídricos.

Referencias:

Barlow, M. (2010) 'El agua es un bien común', en Larrain, S. y Poo, P. (Eds.) Conflictos por el agua en Chile: Entre los derechos humanos y las reglas del mercado, pp. 11–12.

Conagua (2020) Programa Nacional Hídrico 2020-2024. disponible en: file:///C:/Users/amali/Downloads/PNH_2020-2024__ptimo.pdf.

Guerrero-Valdebenito, R. M. et al. (2018) 'El código de aguas del modelo neoliberal y conflictos sociales por agua en Chile: Relaciones, cambios y desafíos', Agua y Territorio/Water and Landscape, (11), pp. 97–108.

Ministerio de Obras Públicas, G. de C. (2009) Estrategia Nacional de Glaciares. Santiago de Chile. Available at: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fsnia.mop.gob.cl%2Fsad%2FGLA5194v4.pdf&clen=15274850&chunk=true.

Panez Pinto, A. (2018) 'Agua-Territorio en América Latina: Contribuciones a partir del análisis de estudios sobre conflictos hídricos en Chile ', Revista Rupturas . scielo , pp. 193–217.

Ramos, J. (2010) 'Puri, el agua es la sangre de la Tierra', in Larrain, S. y Poo, P. (Eds.) Conflictos por el agua en Chile, entre los derechos humanos y las reglas del mercado, p. 13.

World Meteorological Organization -Geneva, CH, W. (1992) Declaración de Dublín. Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente: Cuestiones de desarrollo para el siglo 21. Dublín, Irlanda. disponible en: https://es.ircwash.org/resources/conferencia-internacional-sobre-el-agua-y-el-medio-ambiente-cuestiones-de-desarrollo-para.

La transformación hídrica a través del diálogo

Adrián Pedrozo Acuña y Agustín Breña Naranjo

El 21 de octubre de 2021, en Acapulco, Guerrero, sucedió un hecho histórico sobre el que vale la pena reflexionar. Por iniciativa de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, junto con la Cámara Minera de México (Camimex), se realizaron mesas de trabajo y discusión, durante la XXXIV Convención Nacional Minera, para conversar sobre la relación que una de las industrias más boyantes del país guarda y deberá guardar en los próximos años con el medio ambiente en general y con el agua en particular.

Por parte del sector ambiental participamos el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y la Comisión Nacional del Agua, mientras que por parte del sector minero estuvieron presentes Agnico Eagle México, Grupo México y la Camimex.

Durante el evento quedó demostrado que en ambas representaciones, en la de la industria y en la del gobierno, existe voluntad para dialogar sobre temas difíciles y para construir acuerdos a partir de información abierta y transparente, apoyados siempre en el mejor conocimiento científico. De esta manera, iniciamos el camino hacia la transformación hídrica, que tiene como mantra hacer del agua el elemento clave para el desarrollo económico y bienestar social de México. Las soluciones a las grandes crisis que ya se avizoran para este siglo, como la crisis hídrica, requieren de un esfuerzo conjunto entre sociedad, industria y gobierno. Para ello, es urgente construir entre todos los actores un ecosistema de cooperación, que tenga sus cimientos más fuertes en la confianza, el respeto a nuestras funciones y el reconocimiento de la diversidad social y climática de México.

Es por esta razón que este diálogo circular fue tan importante, porque a partir de la exposición de nuestros esfuerzos aislados, los problemas que enfrentamos y la manera en que imaginamos su atención podemos construir entre todos nuevos paradigmas para la gestión del agua en lo local, creando así una nueva forma de relacionarnos no solo con la sociedad, sino con el territorio mismo.

En todo el planeta se han cometido serios errores en las decisiones hídricas que en su momento no representaron un problema, pero que hoy dan lugar a diferentes crisis hídricas en ámbitos locales. Baste señalar el caso del río Colorado, en Estados Unidos de América, en donde hace unos meses, como consecuencia de la severa sequía que azota a esta cuenca y de su sobreexplotación, se dictaminó la reducción de concesiones de agua a usuarios agrícolas por primera vez en la historia de este sistema. Lo anterior es una muestra de que las alteraciones al clima inducidas por el hombre se manifiestan de forma más amarga en los cambios del ciclo hidrológico (distribución espacial y temporal del agua) y de que, desde luego, tienen un impacto directo en las actividades económicas que dependen de este vital líquido.

Fecha de publicación:
24 de octubre de 2021

La política ambiental del Gobierno federal tiene como su centro de gravedad el cuidado de la vida y las personas, con un firme compromiso ético.

Núm. 41, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-41



Durante la convención minera, pusimos sobre la mesa que para el año 2050 se reconozca la escasez de agua como la amenaza climática más grande que enfrentará la industria minera. Un reporte muy reciente de Standard & Poor's (2021) identifica ya los riesgos hídricos como los más importantes para la economía global.

Existen tres hechos incontrovertibles que exhiben la alta dependencia del agua por parte de la industria minera global: 1) los minerales de mena promedio están en declive, por lo tanto, 2) se requiere un mayor volúmen de agua para su explotación y 3) esto da lugar a la necesidad de minas de jales más grandes para acumular rocas de desperdicio (Prior et al., 2012). Datos adicionales nos señalan que más del 80 % de las extracciones de agua para la minería en todo el mundo está asociada con la poducción de cobre, oro y hierro (Northey et al., 2014), por lo que es muy importante reconocer que diferentes productos de la minería se producen bajo distintos escenarios locales de estrés hídrico (p. ej. en las zonas áridas de México).Reconocer estas diferencias nos permite avanzar con mayor certidumbre hacia su correcta atención y, por lo tanto, hacia la prevención de conflictos sociales relacionados con el agua.

En la mesa pudimos constatar que existen ejemplos desde la industria que atienden en lo local las diversas necesidades de las personas. Sin embargo, el quid de la cuestión se centra en cómo hacer de esos buenos ejemplos el común denominador de la industria. Sólo a través del diálogo podemos construir un territorio fértil para la creación de nuevas avenidas de solución que reconozcan los complicados escenarios climáticos e hídricos que estamos enfrentado. La buena noticia es que hemos comenzado, y que hay voluntad desde el gobierno y la industria para avanzar juntos hacia una mejor gobernanza hídrica dentro del sector minero.

Desde el sector ambiental del Gobierno de México presentamos el libro Buenas prácticas para el uso del agua en la industria minera de México https://doi.org/10.24850/b-imta-2021-01, documento que promueve justamente las mejores prácticas en el mundo para el uso del agua por parte de esta importante actividad económica. El propósito es fomentar la generación de riqueza por esta industria, pero asegurando la sustentabilidad hídrica de nuestro país. La política ambiental del Gobierno federal tiene como su centro de gravedad el cuidado de la vida y las personas, con un firme compromiso ético, con políticas de transparencia en la información y con base en el mejor conocimiento disponible en el mundo.

No podemos continuar bajo la misma lógica del pasado, con una visión limitada y aislada, para tomar las decisiones relativas al agua. Esa visión le

falló a las personas y al medio ambiente. Por fortuna, hemos comenzado abriendo la puerta de las conversaciones difíciles y podemos decir también que hemos comenzado a emprender el camino a su solución.

Iniciamos de esta forma un nuevo capítulo de relación entre la industria minera y el sector ambiental, uno en el que se reconoce la urgente transformación en la forma en que manejamos el agua. Esta mesa fue un primer paso en la construcción del importante tejido de confianza que necesitamos para tratar temas complejos. Regresamos con la esperanza de que otro mundo y otra relación es posible. Sigamos juntos hacia adelante con visión prospectiva para hacer del agua el motor de desarrollo económico y bienestar social que todos queremos.

Referencias:

S.A. Northey, N. Haque, R. Lovel, M.A. Cooksey

Evaluating the application of water footprint methods to primary metal production systems.

Minerals Engineering (2014) 69: 65-80.

T. Prior, D. Giurco, G.Mudd, L.Mason, J.Behrisch

Resource depletion, peak minerals and the implications for sustainable resource management. Global Environmental Change, Volume 22, Issue 3, August 2012, (577-587).

Gobierno abierto y gobernanza del agua: promesas y desafíos

Amalia Salgado López

El gobierno abierto es una nueva filosofía de gobierno que implica una gestión pública más transparente y participativa entre el Estado y la sociedad y que refuerza aspectos deliberativos. Se sustenta en tres pilares: 1) transmitir información a la sociedad, 2) promover la participación, y 3) construir colaboración entre la sociedad y el Gobierno (Salgado, 2021).

En los últimos años, esta nueva dirección centrada en el ciudadano ha cobrado auge, en parte a causa de la demanda de apertura y de participación que desde hace algunas décadas se ha dado en diversos lugares del mundo como parte de las transformaciones del sistema democrático, pero también debido al interés de algunos gobiernos para generar confianza entre la sociedad.

De acuerdo con Cruz (2015), el gobierno abierto es una filosofía político-administrativa que se basa en los valores y principios de la transparencia, de la democracia participativa, del empoderamiento ciudadano, de la rendición de cuentas, del open data y del uso de avances tecnológicos, que constituye un modo de implementación, control y evaluación de políticas públicas y de procesos de modernización administrativa.

Estos procesos se sustentan en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), lo que ha llevado a confundir esta filosofía de gobierno simplemente como un nuevo desarrollo tecnológico que usan los gobiernos. En tal sentido, el gobierno abierto frecuentemente es confundido con el llamado e-government (también conocido como e-administración o gobierno electrónico), que se refiere justamente a la aplicación de las TIC y sus herramientas a los procedimientos administrativos preexistentes, es decir, a la tecnificación de procesos en la administración pública (Calderón y Sebastián, 2010).

Sin embargo, el gobierno abierto consiste en un cambio de valores y de la forma de concebir la política. Desde nuestra perspectiva, ello posibilita una transformación y la construcción de nuevas formas democráticas, las cuales se verán en la siguiente sección.

Las promesas

La construcción de un gobierno abierto puede habilitar nuevas formas de interrelación entre Gobierno y sociedad, ya que permite:

La creación de espacios para la expresión política. Al ser una nueva forma de espacio público y de interacción entre gobierno y sociedad propician nuevas formas de participación que pueden llevar a cambiar o mejorar condiciones existentes.

Fecha de publicación:
17 de octubre de 2021

La gobernanza del agua se preocupa por aquellos aspectos políticos, sociales, económicos y administrativos que son importantes para el desarrollo y la gestión del agua.

Núm. 40, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-40



La exigibilidad de derechos, pues la apertura de espacios públicos alienta el reconocimiento y el ejercicio de derechos, como el derecho al agua, así como la búsqueda de la inclusión en la toma de decisiones con respecto a la distribución del agua. Desde esta perspectiva, el ciudadano, más que un portador de derechos, se puede transformar en un sujeto de reclamos efectivos.
Un espacio de construcción y de cambio. La búsqueda constante de los ciudadanos para alcanzar los derechos plenos es un proceso dinámico, ya que la interlocución constante crea nuevos horizontes de cambio.
Reinventar y reorganizar el gobierno, pues implica un cambio en la reingeniería de procesos, de la organización administrativa y de la relación con la población. Asimismo, si partimos de que el gobierno abierto implica un cambio de valores en el cual se privilegia escuchar las demandas de la población y generar estrategias para mejorar la relación de confianza, se colocan como aspectos fundamentales los tres pilares mencionados al principio: información, participación y colaboración.

Las anteriores consideraciones se enmarcan en un marco aspiracional, bajo una promesa de un gobierno democrático; sin embargo, en la práctica es más complejo, en términos de la gobernanza del agua.

Los desafíos

Dadas las complejidades del uso del agua en la sociedad, se requiere que las voces dispares sean escuchadas y respetadas en las decisiones sobre las aguas comunes y el uso de los escasos recursos financieros y humanos con el fin de asignar el agua de manera equitativa y eficiente, asegurando la sostenibilidad ambiental. La gobernanza del agua se preocupa por aquellos aspectos políticos, sociales, económicos y administrativos que son importantes para el desarrollo y la gestión del agua.

Si bien los tres pilares que hemos mencionado al principio: información, participación y colaboración, promueven la elaboración de acuerdos sociales

a través de la incorporación de la sociedad en la toma de decisiones, cómo ya se dijo, en la práctica no es fácil. En este sentido, pese a los esfuerzos de algunos gobiernos, aún se presentan deficiencias en materia de transparencia, participación ciudadana y colaboración. La dificultad para acceder a información básica sobre la calidad del agua y los parámetros usados para su medición, el estado de las redes de distribución, y en general sobre los sistemas de acueducto, impide que los ciudadanos puedan participar activamente. Ejemplo de ello son los casos que se presentaron en el evento Transparencia Hídrica y Gobierno Abierto. Experiencias Internacionales, que se llevó a cabo en línea el pasado 15 de octubre a través del Espacio de Conocimiento del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Asimismo, a pesar de que el agua es un sector que afecta directamente la calidad de vida de las personas, todavía presenta grandes deficiencias en cuanto a la generación y apertura de información (ver las ponencias de Lucia de Stefano y Nuria Hernández).

Adicionalmente, otro de los retos del gobierno abierto se refiere, justamente, al uso de las herramientas que utiliza para su interlocución con la sociedad, en el que se privilegia el intercambio de información a través de las tecnologías. Es importante reconocer que, al menos en nuestro país, una parte de la población vive en zonas rurales sin acceso a las tecnologías, lo cual genera escenarios de desigualdad y aumenta las brechas de inequidad en el acceso al agua.

Pese a los anteriores señalamientos, el gobierno abierto, como una filosofía de gobierno, abre las posibilidades a nuevos espacios de interlocución para la democracia deliberativa en el sentido de que escucha las necesidades de información, fomenta la participación mediante nuevos espacios políticos y crea consensos encaminados a un bien general. Sin embargo, este es aún un camino en construcción.

Acceso al video del Espacio de Conocimiento: Transparencia Hídrica y Gobierno Abierto. Experiencias Internacionales del 15 de octubre de 2021: https://www.youtube.com/watch?v=V6xoRmaG9Zw

Referencias:

Cruz, C. (2015). ¿Qué es (y que no es) gobierno abierto? Una discusión conceptual. Economía Revista en Cultura de la Legalidad. 8. 37-53.

Calderón, C. y Sebastián, L. (2010.). Open Government: Gobierno abierto. Jaén, España: Algón Editores MMX, 2010.

Salgado, A. (2021) Gobierno abierto, Perspectivas, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

La urgente transformación en la manera de pensar al agua

Adrián Pedrozo Acuña

El 2021 ha traído consigo una de las temporadas de extremos hidrológicos más intensa que hemos registrado en el planeta. Ejemplo de lo anterior es la severa sequía que ha estado sufriendo el oeste americano durante los últimos dos años, tan solo un lustro después de haber sufrido su peor sequía en 1,200 años (entre 2012 y 2016). La actual sequía, asociada a una creciente demanda de agua en la región, impone una condición sumamente complicada: la naturaleza provee mucho menos agua de la que requiere la sociedad para su buen funcionamiento.

En todo el mundo, los administradores del agua han cometido serios errores de decisión, que han dado lugar a la construcción de grandes proyectos de infraestructura hídrica, a la formulación de diversas leyes y al establecimiento de instituciones cuyo objetivo principal ha sido la extracción de agua del ambiente con una limitada visión utilitaria. Aunado a ello, una nueva amenaza se avizora en el horizonte: las alteraciones al clima inducidas por el hombre, que perturban el ciclo hidrológico de manera tal, que los extremos hidrológicos (inundaciones y sequías) comienzan a afectar a la sociedad. Baste citar como ejemplo el récord de lluvia registrado el 6 de octubre pasado en el norte de Italia: 740 mm en 24 h. Hechos como este nos obligan a buscar nuevas rutas para hacer frente a esta realidad.

Aun sin considerar el cambio climático, las tensiones sobre la distribución del agua y su control están creciendo en todo el planeta. El oeste americano es un ejemplo claro de la competencia por el agua entre ciudades en pujante crecimiento y productores agrícolas, lo que nos demuestra lo limitada que resulta la gestión del agua bajo una perspectiva de abasto. Los ríos se secan y los humedales desaparecen, lo que produce la muerte de grandes poblaciones de peces y aves. Por si esto fuera poco, además de fallar al no tomar en cuenta al medio ambiente en la distribución de los volúmenes disponibles, la sociedad está claramente fallando también en satisfacer las necesidades hídricas básicas de las personas. En todo el mundo, más de 2,200 millones de personas (aproximadamente un cuarto de la población total) carecen de suministro de agua saludable, lo que tiene diversas implicaciones en cuestiones de derechos humanos, salud pública y equidad de género. Adicionalmente, los impactos de estas fallas se distribuyen de forma asimétrica, pues son generalmente las familias de escasos recursos y en situación de vulnerabilidad las que más sufren. Tan solo en el estado de California, el Pacific Institute estima que al menos 140,000 personas viven en condiciones de agua insegura y no pueden pagar por un servicio básico de calidad. Al igual que la pandemia con la salud del planeta, la severa sequía en California intensifica y visibiliza estos problemas.

Fecha de publicación:
10 de octubre de 2021

> *Los seres humanos somos los responsables de cambiar de un conjunto estable de parámetros a condiciones altamente variables y en constante cambio..*

Núm. 39, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-39



A través de la evidencia científica sabíamos de las alteraciones climáticas inducidas por el hombre. La frecuencia y número de alteraciones del ciclo del agua registradas en todo el planeta hacen imposible llamarle a la presente situación la "nueva normalidad". No hay nada normal al respecto. Los seres humanos somos los responsables de cambiar de un conjunto estable de parámetros a condiciones altamente variables y en constante cambio.

Es por esta razón que urge un cambio fundamental en la manera en la que pensamos al agua. El siglo XX tuvo como objetivo incrementar el abasto y las fuentes de fácil acceso de agua superficial, a través de la construcción de presas y acueductos para mover el agua de zonas con abundancia hacia zonas con escasez. En algunos casos, este marco de trabajo trajo beneficios, pero hoy registramos una gran cantidad de costos no anticipados.

Es necesario reconocer que esta urgente transformación presenta también algunos obstáculos, pues dentro del sector hídrico nacional existen todavía algunas voces que defienden la vieja idea de seguir construyendo presas y acueductos para salir de esta crisis hídrica; siguen viendo la solución en la sobreexplotación de acuíferos y en la destrucción de ecosistemas. Pero esa era ha quedado atrás.

Requerimos una visión prospectiva. Debemos ver al agua como un elemento que puede ser motor de desarrollo económico y bienestar social, mas para ello necesitamos realinear las prioridades de nuestra estrategia. Ante los extremos climáticos, la prioridad deberá ser proteger a los más vulnerables, incluyendo seres humanos y ecosistemas. Las inequidades en el acceso al agua y los diversos beneficios que su acceso seguro produce son retos añejos que, ante una sequía, son evidentes, y su atención es un imperativo ético. Esto significa que además de producir más con menos, necesitamos tratar y

reutilizar más agua, además de diseñar soluciones hídricas que trabajen de forma armónica con los procesos hidrológicos de las cuencas. Necesitamos adaptar la forma en que tomamos decisiones para que estas reflejen las nuevas realidades climáticas de todos los usuarios de agua: agricultores, ciudades, zonas rurales y la industria.

Lo que vemos estos días alrededor del mundo, y especialmente en el estado de California, en el vecino país del norte, nos indica que el desarrollo de civilizaciones está íntimamente ligado a la forma en que usamos el agua. La crisis hídrica que hoy se manifiesta bajo diferentes formas: sequías, incendios forestales y temperaturas récord, tiene una relación intrínseca con las décadas de extracción no sustentable del agua de acuíferos y cuencas, lo que ha redundado en la destrucción de ecosistemas y que hacen del futuro hídrico de esta y otras regiones del mundo altamente incierta.

No podemos continuar en la misma dirección, con una visión limitada y aislada en la toma de decisiones relacionadas con el agua. Esa visión le falló a las personas y al medio ambiente. Por fortuna, en todo el mundo existen voces que ponen como prioridades a la vida y a las personas. El papel del agua para este propósito es fundamental, pues es el elemento clave para la vida y para el cierre de brechas de desigualdad social. En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de la República dirige esa transformación del sector hídrico y de los marcos de trabajo apoyada en el mejor conocimiento científico disponible que generamos en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; conocimiento del agua al servicio de México y de la urgente transformación en la forma de pensarla.

Hacia una política nacional de datos abiertos e inclusión digital en el sector hídrico

Agustín Breña Naranjo

*La cuarta revolución industrial en el sector hídrico se ha caracterizado por la capacidad de recopilar información sobre el ciclo hidrológico y la gestión del agua.*sto ha ido acompañado por un marcado abatimiento de los costos asociados a la adquisición de datos, así como a la creciente capacidad de almacenamiento y procesamiento computacional. Por primera vez en nuestra historia estamos empezando a contar con suficiente información para cuantificar la cantidad de agua disponible (McCabe et al., 2017), su uso consuntivo (Lopez et al., 2020), y los impactos de ciertas actividades económicas en los sistemas hídricos (Thorslund et al., 2021), entre otras variables.

El uso y la agregación de estos datos, junto con la democratización de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) están creando numerosas posibilidades para informar a gobiernos, a empresas o incluso a cualquier ciudadano sobre diversos temas, tales como los riesgos de inundación a los que estamos expuestos, la huella hídrica de los alimentos que consumimos o la calidad de agua que llega a nuestros hogares, por citar algunos.

Por ser el agua un elemento clave para el bienestar social y el desarrollo económico, es importante difundir y promover el acceso abierto a productos y servicios de datos enfocados en su disponibilidad, uso y gestión. En efecto, así como los derechos humanos al agua y al saneamiento se han convertido en una prioridad global, también es importante considerar la inclusión tecnológica dentro del sector hídrico con el objetivo de que todas las personas puedan contribuir y beneficiarse de la economía digital.

Por ejemplo, si bien la observación de datos geoespaciales a muy alta resolución ha incentivado la creación de diferentes plataformas de agricultura de precisión que permiten hacer un uso más eficiente del agua y de agroquímicos, la gran mayoría de estos servicios están disponibles solo para aquellos agricultores con suficiente poder adquisitivo, dejando fuera a miles de agricultores mexicanos, por lo que es necesario ir generando soluciones digitales para los pequeños y medianos productores que actualmente no conocen estas tecnologías, o si las conocen, no tienen posibilidad de acceder a ellas.

En un país donde la tecnificación del riego aún cuenta con un rezago importante, es necesario acelerar el cierre de esta brecha, en términos de infraestructura física, para posteriormente enfocarse en reducir la brecha digital existente. De lo contrario, nuestro sector agrícola seguirá teniendo desigualdades considerables en cuanto a productividad y sustentabilidad hídrica: la región norte utilizando herramientas que indiquen

Fecha de publicación:
3 de octubre de 2021

Es importante empezar a diseñar desde ahora políticas públicas sobre datos abiertos dentro de la administración pública federal.

Núm. 38, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-38



en tiempo real cuándo y cuánto regar, con la finalidad de optimizar recursos (agua, fertilizantes, energía por bombeo) y generar ahorros, mientras que la región sur continuará con prácticas predominantemente ineficientes por falta de acceso a sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

Esta situación no es ajena a México; se presenta en otros países. Por ejemplo, actualmente en Estados Unidos se está desarrollando una plataforma web con datos de evapotranspiración, llamada OpenET. Como su nombre lo indica, la información es de fácil acceso para cualquier usuario, y su contenido está basado en principios de transparencia y credibilidad. Esta iniciativa es posible gracias a una colaboración entre el Fondo de Defensa Ambiental (Environmental Defense Fund, en inglés), la NASA como proveedora de datos de satélite y modelos de evapotranspiración, y Google, quien facilita el procesamiento de los datos y la visualización de resultados en su plataforma Earth Engine.

Las tecnologías para generar esta información acerca del uso consuntivo de agua en cultivos de temporal, riego y ecosistemas naturales, así como para escalas de tiempo desde semanales hasta anuales, son del más alto nivel, por lo que esta plataforma está en posibilidades de convertirse en una referencia internacional. No obstante, el principal beneficio de este tipo de herramientas radica en que está diseñada para que los usuarios, tanto públicos como privados, validen los datos y beneficios que se estarían brindando. Si bien esta herramienta estará disponible únicamente en la región oeste de los Estados Unidos, actualmente se está realizando una prospección para expandir OpenET a otros países, como México (donde, por cierto, el IMTA será su socio principal).

Por su alta escalabilidad, este ejemplo de proyectos enfocados en la inclusión digital tiene el potencial de ser adoptado, tan solo en México, por cientos de miles de usuarios, y así cambiar de manera radical las prácticas en la gestión del agua dentro del sector agropecuario. No obstante, este proceso de adopción será iterativo, por lo que su implementación y validación tomará tiempo. Por ende, es importante empezar a diseñar desde ahora políticas públicas sobre datos abiertos dentro de la administración pública federal y así ofrecer productos y servicios basados en tecnologías digitales para todas y todos.

Referencias:

López Valencia, O. M., Johansen, K., Aragón Solorio, B. J. L., Li, T., Houborg, R., Malbeteau, Y., AlMashharawi, S., Altaf, M. U., Fallatah, E. M., Dasari, H. P., Hoteit, I., and McCabe, M. F.: Mapping groundwater abstractions from irrigated agriculture: big data, inverse modelling, and a satellite–model fusion approach, Hydrol. Earth Syst. Sci., 24, 5251–5277, https://doi.org/10.5194/hess-24-5251-2020, 2020.

McCabe, M. F., Rodell, M., Alsdorf, D. E., Miralles, D. G., Uijlenhoet, R., Wagner, W., Lucieer, A., Houborg, R., Verhoest, N. E. C., Franz, T. E., Shi, J., Gao, H., and Wood, E. F.: The future of Earth observation in hydrology, Hydrol. Earth Syst. Sci., 21, 3879–3914, https://doi.org/10.5194/hess-21-3879-2017, 2017.

Thorslund, J., Bierkens, M.F.P., Oude Essink, G.H.P. et al. Common irrigation drivers of freshwater salinisation in river basins worldwide. Nat Commun 12, 4232 (2021). https://doi.org/10.1038/s41467-021-24281-8

El reconocimiento del Pueblo Yaqui en el centro de la estrategia del plan de justicia

Carolina Escobar Neira

Mañana martes, 28 de septiembre de 2021, se llevará a cabo la ceremonia de petición de perdón al Pueblo Yaqui y a los pueblos originarios por el exterminio y despojo al que se vieron sometidos por años.

La ceremonia se acompañará de la firma de los acuerdos alcanzados con los gobernadores yaquis para la formulación del Plan de Justicia del Pueblo Yaqui, del decreto de creación del Distrito de Riego 018 y su transferencia al Pueblo Yaqui y del decreto por el que se entregan al Pueblo Yaqui sus tierras. Con este Plan y estos decretos presidenciales se busca el restablecimiento de derechos de esta población sobre su tierra y agua, y el cumplimiento progresivo de otros derechos de los que todavía no disfrutan.

Además del inmenso poder simbólico que tiene el que un presidente constitucional acuda al territorio de un pueblo indígena con gran parte de su gabinete, pida perdón en nombre de toda la nación y se comprometa abierta y públicamente a cumplir con lo acordado, el proceso adelantado para llegar a ese punto es parte de lo que se quiere resaltar en este número de Perspectivas.

El Pueblo Yaqui ha atravesado diversos procesos fallidos de negociación con diferentes gobiernos a lo largo de su historia: en 1883, con Manuel González; en 1879, frente al gobierno de Sonora; con Porfirio Díaz de 1900 a1910 (CNDH, 2021), hasta la llegada al poder de Lázaro Cárdenas, quien en 1940 intenta resarcir las acciones de exterminio contra este pueblo y reconoce, mediante decreto presidencial, su derecho sobre la tierra (Carmona, 2021). Este reconocimiento de su territorio ancestral, sin embargo, fue parcial; no contó con demarcación, delimitación ni titulación, y no fue respetado en su totalidad, por lo que ha habido despojo posterior a su firma. Por estas razones, la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) admitió, en 2015, mediante el Informe No. 48/15, una petición de los pueblos yaquis realizada en 2006, frente al Estado mexicano, en el que se le señala por la presunta violación de derechos a la vida, la propiedad, la integridad, el desarrollo progresivo, entre otros ("[...] presuntas violaciones de los derechos reconocidos en los artículos 4, 5, 8, 19, 21, 23, 24, 25 y 26 de la Convención Americana, en relación con los artículos 1.1 y 2 del mismo instrumento, y los artículos I, II, VII, XI, XVIII, XX y XXIII de la Declaración Americana, en perjuicio de las presuntas víctimas [...] y presuntas violaciones de los artículos 7 y 16 de la Convención Americana y los artículos III, VI, VIII, IX, XIII, XIV y XVII de la Declaración Americana." (CIDH, 2015)).

Con este panorama de fondo, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua inicia en noviembre de 2019 su

Fecha de publicación:
26 de septiembre de 2021

El pueblo yaqui ha atravesado diversos procesos fallidos de negociación con diferentes gobiernos a lo largo de su historia.

Núm. 37, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-37



participación en el acompañamiento al proceso de formulación del Plan de Justicia del Pueblo Yaqui, encabezado por el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI). A casi dos años del inicio de las acciones encaminadas a su formulación se puede afirmar que lo más complejo ha sido el restablecimiento de confianza en el Estado, fundamental para el establecimiento de acuerdos y para el logro de los objetivos del Pueblo Yaqui y de las instituciones participantes.

Para empezar a tejer de nuevo esa confianza se partió del reconocimiento del otro como un interlocutor válido, con conocimiento valioso de su situación y de su territorio, y se escucharon las demandas acordadas internamente por los yaquis, así como su diagnóstico de la situación. Con este punto de partida se agruparon los asuntos en tres temas prioritarios y sus respectivas mesas de trabajo: 1) Tierra y territorio, 2) Agua y medio ambiente y 3) Desarrollo integral (aspectos de salud, económicos, sociales, educativos y culturales).

En la mesa dos , “Agua y medio ambiente”, se plantearon dos ideas que se concretan mañana: la creación y transferencia del distrito de riego yaqui (para el que el IMTA realiza los levantamientos topográficos como parte de los estudios orientados a la instalación de drenaje agrícola necesarios para la desalinización de los suelos) y la construcción del Acueducto Yaqui. Este último es un compromiso cuya concreción llevará tiempo, por lo que se requería de una solución inmediata y transitoria para cumplir con el derecho humano al agua para el Pueblo Yaqui. Es entonces que el IMTA inició su participación mediante la recolección y análisis de muestras de agua para diseñar, a partir de los resultados específicos, sistemas de potabilización en cada pueblo, que cumplieran con la normatividad vigente para agua de consumo humano. A la fecha se encuentran instaladas y en funcionamiento las potabilizadoras y lavadoras de garrafones de Vícam Pueblo, Ráhum, Tórim y Pótam. En Belem, Huirivis y Loma de Guamúchil empezarán a operar en octubre.

Sin embargo, y conscientes de que la tecnología, por sí misma, es insuficiente para garantizar derechos, se inició en

cada comunidad un trabajo de sensibilización respecto a la importancia de la organización y de la gestión comunitaria para el desarrollo de cada pueblo y la obtención de resultados, la necesidad de consumir agua de calidad y su relación con la salud y el bienestar, la corresponsabilidad en el ejercicio de derechos y el papel fundamental de las mujeres en todo este proceso. Así se llegó a la conformación de dos comités en cada Pueblo Yaqui. El primero está encargado de la operación de los sistemas de potabilización, el cobro y la distribución del agua, para lo que recibieron capacitación para su funcionamiento y acompañamiento permanente del equipo social del IMTA. El segundo comité se ocupa de la promoción de los sistemas, de su divulgación en medios locales, de la realización de campañas de higiene y de la vigilancia del buen funcionamiento y del manejo de los recursos.

Con esta estrategia, el centro de la intervención es la población, el punto de partida es el reconocimiento a sus conocimientos y a sus capacidades de gestión y organización, y la meta es el fortalecimiento de su autonomía y de la confianza en el Estado. Por eso, durante todo el proceso se ha involucrado a la población, se han identificado y fortalecida liderazgos y es a partir de sus ideas e iniciativas que se ha construido esta propuesta que empieza a operar y que esperamos sea fuente de nuevos liderazgos.

Finalmente, como acompañamiento a la construcción de los acuerdos para la creación del distrito de riego y del Acueducto Yaqui, en conjunto con el INPI se realizaron talleres participativos con técnicos yaquis del agua y autoridades, orientados a la construcción de una propuesta colectiva de estructura del "Gobierno Yoreme para Uso, Administración y Cuidado del Agua del Pueblo Yaqui", que se encargará de velar por el buen uso que se haga del agua para consumo humano y para la agricultura. Este proceso de construcción colectiva permitió integrar la visión tradicional de los yaquis respecto a la relación con sus autoridades, su forma de toma de decisiones y su estructura organizativa, con las necesidades de administración y mantenimiento de la infraestructura. De esta forma, la tecnología y la infraestructura pasan a ser medios y no fines, y se reconoce en la población y en el trabajo con las comunidades, eje fundamental y estratégico de la formulación, implementación y seguimiento del Plan de Justicia del Pueblo Yaqui.

Lo que se firma mañana marca, entonces, una nueva era en la relación Estado–Pueblo Yaqui, una nueva forma de intervenir en territorios indígenas y, en últimas, una nueva forma de relación Estado–sociedad, en la que el punto de partido es el restablecimiento de confianza.

Referencias

CNDH México. 2021. Sublevación de los yaquis; las compañías deslindadoras extranjeras los despojan. Recuperado de https://www.cndh.org.mx/noticia/sublevacion-de-los-yaquis-las-companias-deslindadoras-extranjeras-los-despojan

Carmona D., D. 2021. Sublevación de los Yaquis; las compañías deslindadoras extranjeras los despojan, valiéndose de la ley de deslinde de terrenos baldíos. Memoria Política de México. Edición Perenne, recuperado de https://www.memoriapoliticademexico.org / Efemerides/7/31071899.html

CIDH, Informe No. 48/15, Petición 79-06. Admisibilidad. Pueblo Yaqui. México. 28 de julio de 2015. Recuperado de https://www.oas.org/es/cidh/decisiones/2015/MXAD79-06ES.pdf

Agua y saneamiento, ¿cómo saber si estamos cumpliendo estos derechos humanos?

Carolina Escobar Neira

Existen elementos axiológicos que enmarcan las decisiones y acciones de las entidades, públicas o privadas, a lo largo de su quehacer y su historia y son ellos los que definen su "carácter institucional.

Fecha de publicación:
12 de septiembre de 2021

> *El derecho humano al agua como el derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico.*

En el caso del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua – IMTA –, a lo largo de sus 35 años de historia, se ha transitado por diferentes paradigmas, pero es en el contexto actual en el que la decisión de participación en diversos programas; el fomento a temas y proyectos de investigación – acción; el respaldo a iniciativas, entre otros; surgen del análisis de sus implicaciones éticas, del aporte al proyecto nacional y del impacto local, buscando generar evidencia científica para el establecimiento de metas, la determinación de prioridades y para la toma de decisiones calificada en materia de agua, poniendo al centro a las personas.

Con este marco previo, y conscientes de los compromisos que adquirió México frente al cumplimiento de los Derechos Humanos al agua y al saneamiento (DHAyS), al ser Estado Parte en instrumentos internacionales como la Observación General Núm. 15 de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales, el IMTA propuso a la Oficina del Alto Comisionado para los Derechos Humanos en México (ACNUDH), en el segundo semestre de 2019, la construcción de un conjunto de indicadores a través de los cuales se pudiera, no solo dar cuenta del avance efectivo en su cumplimiento, sino también priorizar intervenciones, fijar metas y transparentar la información al respecto.

El sentido

El sentido de la propuesta retoma una famosa frase acuñada por el matemático y físico William T. Kelvin, "Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre". La primera parte está resuelta, pues la definición de estos derechos y sus dimensiones ha propiciado discusiones y publicaciones extensas que, si bien siguen vigentes, han permitido contar con un consenso al respecto. En cuanto a la segunda parte, la medición, concordamos en que no contar con ella es no saber nuestro punto de partida, el camino o el punto de llegada y, por tanto, lo que hagamos o dejemos de hacer no dará cuenta del avance o retroceso al respecto, por lo que, siendo nuestra intención mejorar, es fundamental medir y mejorar el nivel de cumplimiento de estos derechos para no dar lugar a la sentencia de la tercera parte de la frase.

El contenido

Parte del consenso al respecto, se retomó del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, que define en

Núm. 35, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-35



la Observación General 15: “El derecho humano al agua como el derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico” (PIDESC, 2002). Este derecho es un requisito previo para poder alcanzar otros derechos ya que una cantidad de agua salubre es necesaria para prevenir la muerte por deshidratación, para la preparación de alimentos, para la higiene personal y doméstica, entre otras. El mismo documento, define el saneamiento como uno de los usos inherentes al agua y destaca que su acceso es fundamental para la dignidad humana y para proteger la calidad de los recursos hídricos. De esta normativa surgen entonces las dimensiones que consideramos indicativas del nivel de cumplimiento de los DHAyS:

Disponibilidad
Calidad
Aceptabilidad
Accesibilidad
Accesibilidad física
Accesibilidad económica
No discriminación
Acceso a la información
La estructura

El proceso colectivo que surgió en ese momento, tomó como punto de partida diversos documentos previos sobre indicadores de Derechos Humanos, a un medio ambiente sano, sobre cambio climático, indicadores ilustrativos y específicos del Protocolo de San Salvador, entre otros, los cuales fueron organizados a partir de las dimensiones planteadas en la metodología ACNUDH (2008), que comprende los siguientes mecanismos de medición en materia de derechos humanos: en primer lugar, el compromiso del Estado para dar cumplimiento a las normas de derechos humanos (indicadores estructurales); en segundo, los esfuerzos emprendidos por el Estado para cumplir estas obligaciones (indicadores de proceso) y, por último, los resultados de las iniciativas emprendidas por el Estado a lo largo del tiempo (indicadores de resultado).

Esta primera estructura nos permitió proponer un conjunto inicial de indicadores que respondían a las dimensiones de los derechos al agua y al saneamiento y a los mecanismos que se sugieren para materializarlos por parte de cada Estado.

El equipo

Con este insumo inicial, se conformó un grupo de base conformado por personas de diferentes entidades del sector público (IMTA, INECC, INEGI, CONAGUA); la academia (PUDH UNAM, Colegio de Geografía); organizaciones de la sociedad civil (COMDA, Cántaro Azul); y organizaciones internacionales (Waterlex, HumanRigth2Water, OXFAM); cuyo común denominador fue su experiencia y conocimiento en materia de indicadores, de DDHH y/o en materia de agua y saneamiento. Este equipo realizó la revisión de la propuesta inicial y fue fundamental para el ejercicio de valoración de las propuestas posteriores de indicadores, la construcción de una base de datos amplia de personas en todo el país que involucrara diversos sectores de la sociedad a quienes posteriormente se consultó y la valoración final de esa consulta.

Otro marco de referencia

Como resultado de la primera revisión por parte del equipo base, se obtuvo un conjunto de indicadores más decantados, que, como se mencionó, daba respuesta a cada dimensión de los DHAyS y su materialización. El paso siguiente fue reacomodarlos a partir del modelo metodológico de la CIDH que busca medir el progreso de los Estados Parte en el cumplimiento de los Derechos económicos, sociales y culturales provistos en el Protocolo de San Salvador (CIDH, 2008) y nutrir, a través de ellos, el sistema de monitoreo sobre el cumplimiento de los Derechos Humanos, para lo cual propone elaborar indicadores alrededor de tres categorías conceptuales y cuatro principios transversales. Las categorías conceptuales refieren a los ámbitos en los cuales se debe garantizar y proteger los derechos humanos, esto es la recepción del derecho, el contexto financiero y las capacidades estatales o institucionales; mientras que los principios transversales permiten identificar los mecanismos y políticas necesarios para asegurar la protección igualitaria y no discriminatoria de los derechos y corresponden a la igualdad, el acceso a la justicia, el acceso a la información y la participación.

La consulta

Con esta nueva reorganización, se llevó a cabo una nueva y más amplia consulta que tuvo lugar entre noviembre de 2020 y febrero de 2021 y que consideró un grupo más amplio de personas vinculadas directamente con el tema (250 aproximadamente, entre funcionarios, académicos, activistas y organizaciones de la sociedad civil).

De manera paralela, se realizó el contacto con la Secretaria de Gobernación y la Secretaría de Relaciones exteriores a quienes se presentó la iniciativa, obteniendo su respaldo y compromiso para incorporar el resultado de todo este proceso a la plataforma del SNEDH (Sistema Nacional para la Evaluación del Nivel de Cumplimiento de los Derechos Humanos), y con ello contar con una línea base de DHAyS, atender algunas de las recomendaciones del relator especial de DDHH al agua y al saneamiento, reportar avances en cumplimiento de ODS6 en el marco de la Agenda 2030 y contar con una línea de base para reportes del Acuerdo de Escazú.

El resultado

Posterior a la consulta, entre marzo y julio de 2021 se realizó la integración de las observaciones recibidas para determinar la pertinencia de cada indicador, recolectar sugerencias de contenidos y de redacción, y en general, para validar los indicadores propuestos, atendiendo siempre la estructura construida previa y colectivamente, las dimensiones, principios y categorías ya mencionados. Cada una de las observaciones fue revisada, valorada e incorporada mediante un trabajo cuidadoso y conjunto entre el IMTA y ACNUDH-México que fue acompañado además por el PUDH UNAM y que arrojó como resultado una base final constituida por 105 indicadores, además de otros materiales como un documento metodológico, la revisión de normativa nacional y estatal en torno al reconocimiento de los DHAyS y una base de datos de 250 de personas relacionadas con el tema y representativas de todo México.

Lo que sigue

Con este nuevo referente, estamos construyendo la ficha técnica de cada uno de los indicadores propuestos, cuya medición se vinculará al SNEDH y nos permitirá contar con información certera acerca del estado actual de su nivel de cumplimiento, plantear metas a todas las entidades del sector; brindar información actualizada a usuarios y demás interesados, con principios de transparencia y, en últimas, monitorear el éxito de la sociedad mexicana y sus instituciones frente a la misión de proteger, respetar y garantizar los Derechos Humanos al agua y al saneamiento.

Referencias

CIDH. “Lineamientos para la elaboración de

indicadores de progreso en materia de derechos económicos, sociales y culturales." OAS Official Records Series. OEA/Ser.L/V/II. 2008. Disponible en: https://www.oas.org/es/cidh/docs/pdfs/Lineamientos.pdf (consultada el 20 de agosto de 2020).

OACNUDH. "Informe sobre los Indicadores para promover y vigilar el ejercicio de los derechos Humanos. 20a reunión de los Presidentes de órganos de tratados de derechos humanos". Ginebra, 26 y 27 de junio de 2008. HRI/MC/2008/3. Disponible en: http://www.pudh.unam.mx/repositorio/Report_on_Indicators_HRI_MC_2008-3-spa.pdf (consultada el 8 de mayo de 2020).

PIDESC. "Observación general No. 15. El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales)", 2002. Disponible en: https://www.escr-net.org/es/recursos/observacion-general-no-15-derecho-al-agua-articulos-11-y-12-del-pacto-internacional (consultada el 8 de mayo de 2020).

El IMTA a 35 años de su creación

Adrián Pedrozo Acuña

Desde su fundación, hace 35 años, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua ha sido un importante elemento de la tradición de la ingeniería y el sector hídrico nacionales.

A lo largo de su historia, su destacada participación en diversos proyectos y en la ejecución de grandes obras de la infraestructura del país ha sido innegable. Su contribución se ha hecho patente en organismos operadores de servicios de agua, sistemas comunitarios de administración de agua, en presas y en la tecnificación de distritos de riego, por nombrar algunos. Durante estos años, el IMTA ha logrado consolidar su prestigio a través de la aportación de soluciones innovadoras a diversos retos hídricos nacionales, y ha colaborado en la preparación de reglamentos, manuales y normas de aplicación profesional; todo ello acompañado de la formación de un gran número de especialistas.

Sin embargo, es justo reconocer que vivimos en un mundo en constante cambio, y las condiciones de hoy son completamente diferentes a las que teníamos hace 20 años. La crisis global, aunada a las condiciones de cambio y competencia que hoy se perciben, demandan más que nunca la investigación e innovación para mejorar las condiciones económicas, sociales y culturales del planeta. La escala y complejidad de los retos de este siglo requieren la reindustrialización planificada de los países, de tal manera que se promueva la generación de una economía altamente tecnológica y sustentable.

El mundo y el país han cambiado. De manera natural, instituciones como el IMTA se transforman también para poder hacer frente a los desafíos del presente y el futuro. Es posible afirmar que el mundo del 2050 será completamente diferente al de hoy, más aún, será virtualmente irreconocible respecto a aquél que existió hace 35 años. Un aniversario más representa la oportunidad para reflexionar hacia dónde nos debemos dirigir como sector hídrico nacional y como institución encargada de producir la evidencia y el conocimiento para tomar mejores decisiones en beneficio de todas y todos los mexicanos.

Las instituciones exitosas serán aquellas que hayan sido capaces de adaptar su infraestructura física e intelectual para enfrentarse a los retos sociales, económicos y tecnológicos que hoy vemos frente a nosotros, resultado de la evolución global. Podemos anticipar entonces que un escenario inercial, que favorezca "lo acostumbrado" o "lo de siempre", será incapaz de generar las habilidades del futuro. Las instituciones exitosas requieren la generación de una amplia base de capacidades, con líderes altamente calificados que posean habilidades combinadas para la administración y la técnica, que resulten de un conocimiento profundo de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, pero también de la realidad y la diversidad social del país.

Fecha de publicación:
08 de agosto de 2021

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua llega a este 35 aniversario con un ímpetu renovado, que lo mantiene como el centro de investigación en materia de agua más importante del país.

Núm. 30, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-30



Por esta razón, aprovechamos el espacio de Perspectivas de esta semana no solo para congratularnos como comunidad por 35 años de historia, sino también para reflexionar sobre el presente y el futuro. Como individuos, requerimos una visión prospectiva que nos permita continuar con la generación de conocimiento de punta e innovación, para así dar paso al crecimiento económico y social, al bienestar cultural y al mejoramiento de nuestra calidad de vida.

Podemos decir, con mucha satisfacción, que nuestro compromiso con México ha sido evidente en cada una de nuestras intervenciones a lo largo de los últimos tres años. Para compartirles un ejemplo, podemos citar nuestro involucramiento en el Plan de Justicia para el Pueblo Yaqui, mediante el cual, de la mano de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas, hemos proveído el acompañamiento y la capacitación a los técnicos comunitarios encargados de garantizar el abasto de agua saludable a la población. Esto se ha logrado a través de la conformación de grupos de trabajo inter y multidisciplinarios que desarrollan, junto con las personas interesadas, soluciones a problemas altamente complejos y largamente olvidados.

De esta manera, estamos escribiendo una nueva página en la que las buenas decisiones en materia de agua se traducen en bienestar, a través de la generación de infraestructura y servicios del futuro, reconociendo siempre la diversidad e identidad cultural de las comunidades. En el IMTA estamos ciertos de que es necesario y posible producir desarrollo y encaminarnos hacia un mundo sin pobreza ni injusticia de la mano del agua, pero, a la vez, debemos respetar los límites de la sustentabilidad. Por eso, no es casualidad que los principos que nos mueven sean la ética por la vida, el conocimiento de punta y la transparencia de la información.

Sabemos que en todo el mundo se reconoce que el paradigma de planeación y gestión del agua del siglo XX, caracterizado por las grandes obras de infraestructura, la centralización, el manejo corporativo y la no representación de las personas en lo local, está agotado. Nuestro deber es construir un enfoque que supere la visión utilitaria del agua basada exclusivamente en una concepción física y materialista del mundo natural. La transformación que vive nuestro país en diversos ámbitos de la vida nacional es una ola que también llega al sector hídrico.

Como institución, tenemos la responsabilidad de acompañar a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y a la Comisión Nacional del Agua para hacerles llegar el mejor conocimiento disponible en el mundo y ponerlo al servicio de la nación, como una potente herramienta para la urgente transformación hídrica. Como comunidad, tenemos el compromiso de mantener e incrementar lo que desde el pasado se ha construido y hoy como comunidad disfrutamos, sin autocomplacencia y con altura de miras, siempre pensando que debemos ir más allá, sin conformarnos con su actual grandeza y con su simple administración.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua llega a este 35 aniversario con un ímpetu renovado, que lo mantiene como el centro de investigación en materia de agua más importante del país. Como la inteligencia hídrica del gobierno y del pueblo de México, trabajamos y continuaremos trabajando en desarrollar conocimiento científico y tecnológico en beneficio de toda la ciudadanía mexicana, impulsados por una conducta ética que busque como fin la sustentabilidad del agua y, por ende, la continuidad de la vida como la deseamos.

Podemos afirmar, con beneplácito, que el IMTA de hoy construye puentes entre investigadores, innovadores y tomadores de decisión para llevar el mejor conocimiento disponible en el mundo al corazón de las decisiones del gobierno. Además, diversificamos habilidades de investigación e innovación y las utilizamos como motores del crecimiento económico de largo plazo. Nuestro andar da fe de nuestra contribución al aseguramiento de la prosperidad y bienestar de las comunidades, y consolidamos nuestro papel en la definición de políticas públicas por medio del consejo experto al gobierno de México. Sigamos caminando hacia adelante, con la confianza de ser parte de un sector ambiental integrado, que trabaja en equipo y que está al servicio de la nación. Estamos aquí para hacer la diferencia.

Gobierno abierto y agua

Amalia Salgado López

Desde hace unos años se ha ido posicionando el concepto de gobierno abierto como una promesa para reinventar la gestión pública y ampliar las capacidades de acción de la ciudadanía-

Fecha de publicación: 09 de mayo de 2021

Gobierno abierto y sus tres pilares: información, participación y colaboración.

Incluso algunos países —como el nuestro— se han adherido a la Alianza para el Gobierno Abierto, la cual es una iniciativa internacional, integrada por 79 países y varias organizaciones de la sociedad civil. Pero, ¿qué implicaciones tiene el concepto?, ¿cuáles son sus desafíos de implementación? ¿qué oportunidades ofrece? En esta breve reflexión nos planteamos estas preguntas y esbozamos cómo se puede observar el concepto en el sector hídrico.

Gobierno abierto y sus tres pilares: información, participación y colaboración

El gobierno abierto implica una constante conversación abierta y transparente con los ciudadanos para escuchar lo que ellos dicen y solicitan, y con ello tomar decisiones basadas en las sus necesidades, lo cual facilita la colaboración en el desarrollo de los servicios que presta (Calderón y Lorenzo, 2010 en Amaris Jiménez, 2019).

De lo anterior identificamos al menos tres ejes que deberían existir en un gobierno abierto: 1) transmitir información a la sociedad, 2) promover la participación, y 3) construir colaboración. El primero se relaciona con el proceso por el cual el gobierno proporciona a la sociedad la información sobre lo que está haciendo, sobre sus fuentes de datos, sobre sus procesos y sobre su quehacer diario, es decir, se relaciona con el acceso a la información, la transparencia y la rendición de cuentas como parte de una aspiración democrática. La participación implica 'formar parte de'; en este sentido, un gobierno abierto promoverá el derecho de la ciudadanía a formar parte de la formulación de políticas públicas y de los asuntos públicos (Ramírez-Alujas y Güemes, 2012). Por su parte, la colaboración se refleja cuando el gobierno compromete e involucra a todos los sectores de la sociedad en el esfuerzo por trabajar conjuntamente para resolver los problemas a través de la cooperación y el trabajo coordinado.

Asimismo, para algunos autores, el gobierno abierto también involucra innovación. Desde esta perspectiva se pone énfasis en que el gobierno cuente con tecnologías de la información y las comunicaciones que aumenten los canales para que la sociedad pueda interactuar con el Estado (Amaris Jiménez, 2019). Esto puede ser, por ejemplo, a través de repositorios gubernamentales de datos disponibles en la red, los cuales pueden proporcionar información a detalle sobre el quehacer

Núm. 17, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-17



público e impulsar la coproducción, colaboración y participación de los ciudadanos en los procesos públicos al proveer a los funcionarios públicos de nuevos insumos de información que muestren un enfoque diferente a la visión gubernamental, lo cual, sin duda, es deseable. Sin embargo, es importante señalar que ello implica grandes desafíos, entre los cuales se encuentran: abrir los datos sin afectar la privacidad de la información, exponer datos demasiado delicados que puedan dañar la función del Estado, reorganizar la administración pública para contar con información lo más actual posible, y buscar mecanismos para reducir la brecha digital en los diferentes sectores de la población (Sandoval-Almazán, 2015).

Es importante señalar que, en nuestro país, la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública establece en sus artículos 66 y 67 lo relacionado con el gobierno abierto, entre lo que destaca que compete a las Cámaras del Congreso de la Unión, al Poder Ejecutivo Federal y al Poder Judicial de la Federación establecer políticas internas para conducirse de forma transparente, generar las condiciones que permitan que permee la participación de ciudadanos y grupos de interés, crear mecanismos para rendir cuentas de sus acciones, y promover la eficacia tanto en la organización de su trabajo como en su propio desempeño.

Gobierno abierto y sector hídrico

Al retomar lo planteado en la sección anterior, identificamos, por un lado, que el concepto encierra acceso a la información, participación y colaboración y, por el otro, que en la Ley Federal se consideran algunas obligaciones para el gobierno.

Ahora bien, ¿cómo se puede operacionalizar en el sector hídrico? Consideramos que el acceso a la información relacionada con el agua implica diseñar lineamientos para que todas las entidades involucradas en el sector hídrico publiquen y divulguen datos en formato abierto, promover la transparencia en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento y divulgarla en un lenguaje claro y accesible, generar indicadores de calidad del servicio de agua potable y saneamiento, y divulgar estudios y diagnósticos de la calidad del agua a través de diferentes plataformas, entre otras acciones.

La participación se tiene que ver reflejada a través de la consolidación de una política hídrica sobre mecanismos de participación pública, el impulso de espacios de participación para la formulación y construcción de políticas y toma

de decisiones en materia de agua y saneamiento, y el otorgamiento a la sociedad de herramientas que le permitan tener un mayor compromiso y ejercer control social sobre la gestión del agua.

Por su parte, la colaboración atiende la construcción de objetivos comunes y la concreción de metas a través de la cocreación, la coordinación y la cooperación de todos los sectores de la población. Lo anterior implica la construcción de confianza, revalorizar la ética gubernamental, asumir compromisos comunes y reconstruir el tejido y la cohesión social en pro de decisiones emanadas desde las propias necesidades de la población en temas relacionados con el agua.

La concreción de un gobierno abierto en el sector hídrico es un proceso en construcción que implica un esfuerzo organizacional del quehacer gubernamental, pero también una participación de todos los sectores. En tal sentido, efectivamente, como se mencionó al principio, gobierno abierto es un concepto prometedor para reinventar la gestión pública y ampliar las capacidades de acción de la ciudadanía, pero también factible para construir una democracia hídrica de largo alcance.

Referencias:

Amaris Jiménez, S. A. (2019) 'Implementación de los principios del gobierno abierto en el sector de agua potable en Colombia'. Universidad del Rosario.

González-Moreno, Á. P. (2019) 'Las esferas del gobierno abierto. Una aproximación desde la teoría de la democracia.', The Spheres of Open Government. An Approach from the Theory of Democracy. Universidad Nacional de Colombia, (15), pp. 147–170. Disponible en: http://10.0.60.86/frdcp.n15.74662.

Ramírez-Alujas, Á. y Güemes, M. C. (2012) 'Gobierno Abierto: oportunidades y desafíos. Una reflexión socio-política con la mirada puesta en Latinoamérica', en XV Encuentro de Latinoamericanistas Españoles. Trama editorial; CEEIB, pp. 369–384.

Sandoval-Almazán, R. (2015) 'Gobierno abierto y transparencia: construyendo un marco conceptual', Convergencia. scielomx, pp. 203–227.

Equidad y justicia hídricas

Alberto Rojas Rueda

Reflexión sobre la importancia de retomar las dimensiones sociales en las decisiones del agua.

IEl agua no solo es un elemento de la naturaleza, también es un componente fundamental para la sociedad. El agua también es equidad, justicia y bienestar. Por eso hay escuelas de pensamiento que, al hablar de equidad, discurren en torno a su relación con el agua o aquellas que abren la discusión hacia una justicia amplia que toca no solo temas ambientales sino específicamente relacionados con el agua. Otros grupos discuten alrededor de lo que denominan 'metabolismo sociohídrico', lo que refleja la importancia de este trinomio agua-naturaleza-sociedad.

Así, la dimensión social del agua es vasta, no solo se relaciona con las actividades económicas o políticas, sino que abarca también múltiples aspectos culturales, sicológicos y éticos que han sido recientemente revalorizados a escala global mediante el reconocimiento del agua, desde 2010, como derecho humano por la Organización de las Naciones Unidas (refrendado en México por la reforma constitucional publicada en 2012) o por la Agenda 2030, que incorporó dentro de sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) contenidos específicos al agua y su saneamiento (objetivo 6), entre otros directa o indirectamente relacionados con el agua (combate a la pobreza, alimentación, salud, vivienda, protección de ecosistemas, etc.). Este giro, que retoma la dimensión social del agua, ha motivado a ampliar la discusión sobre la orientación que deben tener las políticas hídricas.

Retomando los ODS, el agua, vista como un derecho humano, implica mover el foco de las decisiones en torno a ella hacia la dignidad y el bienestar de las personas, algo que pareciera obvio, pero que tardó más de cincuenta años en ser reconocido por las naciones (41 países se abstuvieron de apoyar la propuesta del Estado Pluricultural de Bolivia para reconocer el derecho humano al agua en 2010. Cinco años después, estas resistencias cedieron y, en 2015, se reconocieron por unanimidad los derechos humanos al agua y al saneamiento).

El agua, como derecho humano, implica cinco dimensiones: cantidad, calidad, accesibilidad, aceptabilidad y asequibilidad. Así, cuando hablamos de acceso al agua, se habla únicamente de "una" de sus dimensiones, que debe ser atendida con la misma importancia que las otras. Esta es una de las características de los derechos humanos, su indivisibilidad, pues no se garantizan por partes, sino integralmente, de aquí la importancia de este enfoque.

Sin embargo, los enfoques vigentes relacionado con el agua son el gerencial y el hidrocrático, que reducen la gestión del agua a un acceso rentable de servicios (relacionados con el agua y que, en algunos casos, incluye al saneamiento), pero

Fecha de publicación:
04 de abril de 2021

El agua, como derecho humano, implica cinco dimensiones: cantidad, calidad, accesibilidad, aceptabilidad y asequibilidad.

Núm. 12, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-12



que omiten una o más dimensiones del derecho humano, lo que, de origen, no representa una perspectiva que centre sus esfuerzos en el bienestar de las personas de forma integral, pues solo atienden partes de problemas relativos al agua y a la sociedad.

Un cambio de paradigma, de un enfoque gerencial y de servicios que predomina y que ve a las personas como usuarias o clientes (quienes, por tanto, pueden ser clasificadas por sus ingresos o capacidades de pago), que además olvida a la naturaleza como eje por el que discurre el agua y de la que dependen muchos otros seres que cohabitan ecosistemas, hacia uno de derechos que tiene en el centro a las personas, sin discriminación alguna, requiere también un cambio en el pensamiento de los hacedores de políticas públicas y de las personas que reciben la acción de las mismas.

Quienes hacen las políticas deben sensibilizarse y prepararse con un contenido ético, que retome el enfoque de derechos y las obligaciones del Estado en esta materia. Por su parte, las personas deben cambiar su rol de usuarios o beneficiarios hacia actores más involucrados en el ciclo de políticas públicas, con una intervención activa en el proceso. Estamos hablando de una democracia más participativa y directa en los asuntos públicos relacionados con el agua (que ahora se reconocen como asuntos de interés público).

Otro tema que merece al menos una mención por su implicación en este cambio de perspectiva es la diferencia entre derechos humanos al agua y derechos de agua. Los primeros quedan claros con los párrafos antecedentes y los segundos derivan de una visión de “apropiación” de los elementos y compuestos naturales, vistos como “recursos”, que son sujetos de ser intercambiados (apropiados) como bienes de mercado. Se tienen derechos sobre un bien cuando se es titular de ese bien, por lo que uno puede disponer de este como le plazca. Esa visión de propiedad sobre el agua es la que refleja la frase “derechos de agua”, o sea, derechos de propiedad o uso sobre el agua (no vista como un elemento natural sino como un recurso). Esta perspectiva es defendida por el mercado y sus principales beneficiarios (en lógicas inequitativas respecto de actores en condiciones económicas desventajosas, por lo que es una visión discriminatoria de origen). Así, el agua vista como un bien

de mercado se puede vender, intercambiar, transferir, heredar, asignándole un valor "monetario". Estas dos visiones de "derechos" han confluido en el momento histórico actual, con la consecuente colisión de "visiones" que para algunos parecieran incompatibles.

Si bien los derechos de agua se refieren más a la visión economicista del agua, a su valor económico, en un mercado que requiere este "recurso" para la producción, transformación y servicios, esta, no tiene a la persona como centro, sino a la utilidad como razón de ser. Poner en el centro a las personas y no al mercado implica cambiar de fondo la orientación de la elaboración de políticas que tradicionalmente promueven los gobiernos. El Estado debe decidir entre privilegiar el mercado y la economía, o el bienestar y la dignidad de las personas, sin discriminación alguna.

Hoy en día, esta aparente dicotomía puede encontrar solución con el arreglo institucional, constitucional y de control de convencionalidad, que nos permite poner a las personas en el centro de las decisiones.

Así, aquel debate de algunas décadas atrás queda, en parte, resuelto cuando la ética se pone al centro de las decisiones, y la dignidad de las personas se convierte en el motor del Estado.

Bajo un enfoque de derechos humanos, el gasto destinado a temas relacionados con el agua adquiere un sentido social, al abonar a las obligaciones del Estado en materia de derechos humanos.

Por eso, que hoy en día todavía mueran niños como consecuencia de enfermedades evitables relacionadas con la falta de agua, su mala calidad o la ausencia de medios para desalojar de forma segura los desechos humanos es inexcusable.

Que miles de personas migrantes no sean vistas como sujetas de derecho y, por tanto, sean discriminadas y no reciban agua porque no la pueden costear es inadmisible.

Que, a quinientos años de la caída del imperio mexica, existan en México pueblos indígenas sin acceso a agua de calidad, con suficiencia, asequible o de forma culturalmente aceptable es injustificable.

Los gobiernos de las naciones se propusieron que para 2030 se tendrían que cumplir los ODS (derivados del incumplimiento de los objetivos del milenio), que incluyen en su objetivo 6, obligaciones específicas en materia de agua. Surge entonces la pregunta: ¿cómo alcanzar este objetivo? Incorporar el enfoque de derechos humanos (que agrega sus principios de universalidad, integralidad, interdependencia, indivisibilidad, progresividad, no discriminación y que ofrece como criterio interpretativo el centrarnos en las personas) en el quehacer gubernamental a todas las escalas puede ser una buena herramienta. De este punto se partió para desarrollar la Agenda 2030, y de este mismo se establecieron los primeros acuerdos internacionales y de la Organización de las Naciones Unidas, pero, durante muchos años, este enfoque durmió el sueño de los justos, que ahora se despierta convertido en una de las últimas esperanzas de la humanidad ante las grandes crisis globales.

En temas relacionados con el agua, retomar las dimensiones sociales en su gestión probablemente implicará, entre otras cosas, sustituir conceptos fuertemente arraigados en el cuerpo semántico de los gestores del agua: "usuario" deberá cambiar a "persona" —sujeta de derechos, sin discriminación alguna— reconocer a las colectividades como sujetas de derechos (cuando estas actúan en representación de personas que se identifican cultural e históricamente en un territorio), como son los pueblos indígenas y sus sistemas comunitarios de agua y saneamiento, y medir, con indicadores nuevos e integrados a los ya previamente establecidos desde otras visiones gerenciales, el nivel de cumplimiento de derechos, pero, sobre todo, implicará retomar los valores éticos en el quehacer de los Estados y en el de quienes estén al frente de decisiones que puedan determinar el bienestar de otras personas e incorporarlos en su cotidianeidad.

La valoración del agua desde la diversidad cultural

Natalia Chaves López

La Organización de las Naciones Unidas nos ha convocado desde el 22 de marzo de 1993 a celebrar anualmente el Día Mundial del Agua, que visibiliza el objetivo de desarrollo sostenible de garantizar para el año 2030 el agua y el saneamiento para todos.

Fecha de publicación:
28 de marzo de 2021

Los pueblos originarios tienen formas colectivas ancestrales de gestionar sus aguas de acuerdo con sus cosmovisiones

En 2021, el lema de esta fecha conmemorativa es "Valoremos el agua", pero su valoración requiere de la construcción de un sistema de enfoques comunes entre múltiples escalas de valores, algunas de ellas no cuantificables, y que condensan disensos entre actores sociales y al interior de los mismos. Por lo tanto, este tema puede ayudarnos a avanzar hacia un acceso equitativo y justo al elemento hídrico, en el que ejerzamos el reconocimiento de la diversidad que somos los mexicanos y mexicanas.

La valoración del agua implica múltiples dimensiones. En primera instancia está el agua para la vida, es decir, el agua como derecho humano; la necesidad de que todos tengamos un abastecimiento de agua diario en el hogar para uso personal, alimentación e higiene. En este punto, el Gobierno mexicano está haciendo esfuerzos para ampliar la cobertura del servicio y adaptarlo a las necesidades locales de agua e infraestructura; sin embargo, se deben redoblar esfuerzos en los sectores más marginados, que resultan afectados por esta carencia estructural.

Otra dimensión de valoración es la económica, en la que el agua es principalmente un recurso o materia prima de actividades extractivistas, cuyo manejo ha ocasionado su sobreexplotación y contaminación para favorecer la producción industrial de comida, ropa, tecnologías etc. en los mercados nacional e internacional. Por las cantidades extraídas y la escasa atención en el ciclo hidrosocial, el impacto en la disminución y contaminación de acuíferos es notorio. Al respecto, en la declaración del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos se sugiere que estas aguas deberían gestionarse en un segundo nivel de prioridad[1].

Otras perspectivas destacan el valor de las infraestructuras hidráulicas y la oportunidad que ofrecen de abastecer agua en lugares donde no la hay. Estas contrastan con aquellas que subrayan la importancia ecológica de una fuente de agua natural, su valor como regulador térmico, como hábitat de especies endémicas o desde su unicidad biológica, que justifican formas de protección y resguardo del bien.

Cuando habitamos contextos urbanos concebimos el agua separada de su entorno natural, pero las poblaciones que habitan el México rural, que son aproximadamente el 21 % de los mexicanos, según el Inegi (2020), valoran el agua de acuerdo con sus cosmovisiones, no comprendiéndola separada de sí mismas ni de otros elementos de la naturaleza, sino en

Núm. 11, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-11



una concepción relacional del territorio. Es así como existe una valoración del agua desde las cosmovisiones y formas de vida de las poblaciones indígenas y campesinas de nuestro país. En esta perspectiva se ha manifestado la negativa a considerar el agua y otros elementos de la naturaleza como recursos; por el contrario, se destaca su importancia como bienes comunes al haber organizaciones locales para gestionar y abastecerse del elemento hídrico. Desde este enfoque, el agua se valora por ser necesitada en forma transgeneracional, por ser heredada de forma colectiva y resguardada de la misma manera. Aunque es recurrente que existan conflictos entre las comunidades, también suele lograrse que el agua llegue a todos los usuarios de formas más o menos equitativas, según el caso.

Los pueblos originarios tienen formas colectivas ancestrales de gestionar sus aguas de acuerdo con sus cosmovisiones. En los casos de los tsotsiles y tseltales de los Altos de Chiapas, existe una convicción de que el mundo físico en que habitan es una herencia de siete generaciones atrás y a la vez es un legado para siete generaciones adelante de ellos. Esta apropiación de una temporalidad de largo plazo para una generación presente implica una responsabilidad expandida por las decisiones que se tomen sobre el territorio, el agua y otros elementos de la naturaleza.

Paralelamente, una singularidad de las lenguas mayas al nombrar el agua es que no se puede referir a ella en primera persona con un pronombre posesivo; puede decirse quién utilizó el agua, pero nunca significará que le pertenezca. Este detalle lingüístico es una evidencia del arraigo en la cosmovisión del elemento hídrico como bien común. También se relaciona con la condición numinosa del agua, porque ella se pertenece a sí misma y a las entidades sagradas que la habitan, aunque sea utilizada por algunos.

Para comprender este punto partiremos de las cosmovisiones de los pueblos originarios sobre el agua que forman parte de un complejo prehispánico montaña–cueva–agua, en el cual, como expresa la etnóloga Johana Broda, las deidades del México antiguo subsisten reinterpretadas y sincretizadas en elementos prominentes del paisaje, como los cerros, las cuevas, las cascadas, las lagunas o los ríos. Esta herencia se manifiesta actualmente en que las fuentes de agua suelen tener un guardián, un dueño, un cuidador que sería una entidad sagrada, normalmente una reminiscencia de las deidades

prehispánicas con advocaciones en las cosmovisiones ancestrales y en el santoral católico sincretizado. Esto lleva a que una fuente de agua puede tener el mismo fervor y devoción de la virgen María, quien en muchas ocasiones la encarna.

En este sentido, para los pueblos originarios cada fuente de agua es única e irremplazable, cada una tiene un significado y se integra con otros lugares del paisaje; por ejemplo, estableciendo redes de familias como partes de un organismo antropomorfo natural-cultural regional. La historia oral da cuenta de estos vínculos de centros numinosos y de cómo la existencia de unos depende de los otros.

Todos estos elementos en los que pervive un culto ancestral a las deidades del agua están íntimamente relacionados con el cultivo de la milpa, tecnología agrícola mesoamericana que contiene una asociación de especies como el maíz, el frijol, la calabaza y el chile, entre otros, que intercambian nutrientes y se benefician mutuamente para su crecimiento y control de plagas. La milpa es una parte esencial de la agricultura de temporal, conocida también como de secano, y se caracteriza por depender del ciclo de lluvias y secas. Este ciclo no puede separarse del ciclo del maíz, ni desvincularse del ciclo ritual anual expresado generalmente en el santoral católico, porque todo el trabajo anual de hombres y mujeres que subsisten en esta práctica agrícola está determinado por la expectativa en la llegada de las lluvias y en su disponibilidad suficiente. En este sentido pervive la relación con la tierra, la luna y el agua como “Madres de los mantenimientos”, entidades sagradas femeninas que a través del trabajo de la agricultura dan la abundancia que sustenta la vida de los pueblos.

Fenómenos como el cambio climático, la falta y el exceso de agua que cada vez son más notorios, la erosión de los suelos, el impacto negativo de los agroquímicos, entre muchos otros, han afectado la producción de las milpas. En este punto es necesario continuar trabajando para que haya una distribución más equitativa de las tecnologías que permiten un acceso al agua para la agricultura de forma más amplia, buscando beneficiar a los pequeños y medianos propietarios.

Debemos tener presente que la riqueza de las cosmovisiones de México no resuelve del todo problemáticas relacionadas con la conservación del agua. Es necesario que las organizaciones comunitarias para la gestión y protección de los elementos de la naturaleza continúen promoviendo el diálogo y la transformación de prácticas que deterioran el medio ambiente, como son el abandono de las cañadas como basureros y depósitos de aguas residuales o la deforestación.

Complementariamente, aunque es un reto, es importante que las instituciones del Estado avancemos en el reconocimiento de las diversidades de la nación para fortalecer procesos más adecuados a los contextos y las culturas. En este punto debemos esforzarnos para superar la herencia del despojo material y simbólico de las fuentes de agua. Cuando las decisiones se toman desconociendo las concepciones que las comunidades tienen del agua y son impuestas a los pueblos, se repite una dinámica que vulnera el derecho a la autodeterminación de los pueblos, a ser diferentes y a tomar decisiones siguiendo valoraciones distintas a las hegemónicas.

Finalmente, queremos subrayar el valor del agua como punto de encuentro, ya que, junto a pozos y caudales siempre están las poblaciones, se cruzan los viajeros, se celebran los rituales y se buscan las formas de distribuir la vida entre diferentes usuarios, territorios, culturas. Este año, en el agua nos encontramos para hablar de la valoración, del reconocimiento y respeto de la diversidad, de la necesidad de establecer prioridades y límites en cuanto a la forma de valorar el agua, porque es un recurso finito-vital con el que podremos ejercer justicia con las comunidades que han sido despojadas de sus aguas, de los significados que estas guardaban, que han quedado con sus fuentes contaminadas o con aquellas que no tienen agua en sus territorios.

1) https://www.ohchr.org/SP/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=26920&LangID=S

El objetivo de desarrollo sostenible número 6: ¿hoja de ruta o aspiración inalcanzable?

Adrián Pedrozo Acuña

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), es considerada por muchos países como una hoja de ruta global, incluyente y ambiciosa.

Sin embargo, conviene preguntarnos si estas aspiraciones mundiales, en particular la relativa al objetivo de desarrollo sostenible número 6 (ODS6), tiene un impacto real en el cambio progresivo de dirección que se requiere en el sector hídrico o no.

En el papel, las metas definidas por el ODS6 —lograr para 2030 el acceso al agua y a los servicios de saneamiento para todos—son mucho más ambiciosas que las que se definieron en la predecesora meta de desarrollo del milenio número 7 (MDM7), cuyo propósito era reducir a la mitad la población sin acceso al agua y al saneamiento básico para el año 2015. Con los ODS, el acceso universal al agua y al saneamiento se ha vuelto una meta en sí misma. En esta actualización, algunas de las críticas contra la MDM7 fueron incluidas a través de indicadores sobre el agua: calidad, disponibilidad, asequibilidad y accesibilidad. De hecho, la ONU reconoció que es necesario un cambio transformativo para alcanzar las metas fijadas en la Agenda 2030. Además, reconoce la necesidad de cambios estructurales en la economía global, y hace un llamado a establecer nuevos modelos de desarrollo (Naciones Unidas, 2013). A pesar de ello, el ODS6, con sus ambiciosas metas, permanece completamente mudo respecto a las estrategias o rutas que se deben seguir para alcanzarlas y hacerlas realidad. En otras palabras, el ODS6 define metas (lo que se debe alcanzar) e indicadores (lo que se debe monitorear), pero no menciona la manera en que debe darse la transformación del sector hídrico para hacer de este objetivo una realidad; es decir, para que exista un acceso sostenible y universal al agua y al saneamiento.

Esta falta de atención al cómo oculta algunos de los grandes retos que han restringido la capacidad de los organismos operadores de agua para alcanzar la cobertura universal del servicio. Uno de ellos es el contradictorio mandato de administrar sus propias finanzas (p. ej. recuperar de los usuarios todos los costos del servicio de abasto), mientras que a la par se les pide asegurar la provisión universal de este servicio básico. Por un lado, estos organismos se ven obligados a operar bajo la lógica de los principios comerciales, que incluyen la recuperación del costo de inversión, pero por otro, estos mismos organismos constituyen el principal instrumento de los gobiernos nacionales, bajo una visión de ciudades, para alcanzar la cobertura universal estipulada en el ODS6 (esto, sin considerar las desigualdades económicas y sociales que

Fecha de publicación:
14 de febrero de 2021

El agua es un servicio y un derecho al mismo tiempo

Núm. 05, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-05



existen entre ciudades y zonas rurales). Este doble mandato ha sido referido en la literatura como la esquizofrenia de los organismos operadores de servicios de agua potable.

Esta tensión es particularmente evidente cuando se habla del financiamiento para la ampliación de la cobertura del servicio. Alcanzar el ODS6 bajo una lógica única de organismos operadores es altamente costosa. El Banco Mundial (2017) estimó que se requieren 150 mil millones de dólares al año para este propósito. Cómo se puede financiar esto y quién debe hacerlo es un debate que se encuentra abierto. Existe una tendencia en todo el mundo a incluir a la iniciativa privada, pero el sector hídrico es reconocido como uno de alto riesgo para los inversionistas, con retornos de inversión limitados y lentos; es decir, es poco atractivo. Más aun, la contribución a través de préstamos de las agencias de desarrollo sigue siendo pequeña. Además de la dificultad para encontrar fondos para inversiones futuras dedicadas a la infraestructura hidráulica, muchos organismos operadores también batallan para pagar las deudas contraídas en el pasado. Furlong (2020) sugiere que estas deudas de los sistemas y empresas forman una gran parte de su costo operativo.

Una de las grandes contradicciones deriva de que el agua es un servicio y un derecho al mismo tiempo. Inherentemente, la visión de los organismos operadores es desde una lógica empresarial, y desde el gobierno debería ser desde una lógica de bienestar social. Evidentemente, la concesión del servicio tiene como premisa fundamental la ganancia económica. Bajo esta lógica, una empresa permanece abierta mientras no pierda dinero y, a pesar de que existe una narrativa de falta de recursos por parte de los organismos operadores, quizá valga la pena preguntarnos por qué siguen en el negocio. Además, existen situaciones menos visibles, pero presentes, que ejercen presión sobre el agua, y que es necesario incorporar; por ejemplo, el agua de uso público en ciudades que es utilizada por empresas como hoteles, plazas comerciales y fábricas para generar ganancias.

La receta política de la comercialización del agua y sus servicios es evidente: las empresas de agua potable y saneamiento están obligadas a buscar la eficiencia para reducir costos y a aumentar tarifas para cubrir costos restantes. Por lo

general, los subsidios se limitan a la transición de la empresa para que funcione como una empresa pública comercial. Sin embargo, es necesario reconocer que la práctica de la comercialización es mucho más compleja. La mayoría de las empresas de agua no tienen control sobre sus tarifas, las cuales se establecen externamente. El argumento que se esgrime de manera general en el sector es que las tarifas a menudo no reflejan los costos reales de operación del organismo operador. Sin control sobre los ingresos, la única manera de recuperar dinero es a través de la reducción de los mismos costos de operación.

En este sentido, los administradores de servicios de agua están obligados a abordar pragmáticamente los objetivos en conflicto, y optan por soluciones muy poco óptimas. Por ejemplo, buscan ganancias de eficiencia mucho más allá de lo deseable, reduciendo o renunciando al mantenimiento y reduciendo los procesos de tratamiento. Ambas medidas conducen inevitablemente al deterioro de los activos y al descenso en los niveles de servicio.

Una segunda consecuencia que resulta de esta presión es que los organismos operadores de agua basan la decisión de extender sus servicios en la capacidad de pago de aquellas áreas sin servicio (consumidores potenciales). Esto deja a las zonas periurbanas y rurales en una categoría de alto riesgo comercial (no hay capacidad de pago), por lo que frecuentemente son excluidas de los planes de extensión y cobertura. Adicionalmente, esto redunda en que todos los costos incurridos por el organismo operador son transferidos a los consumidores, esto incluye las deudas contraídas en el pasado, lo que infla los costos por encima de los costos reales de operación.

El dar preferencia de servicio a las zonas de altos ingresos o con capacidad de pago ha redundado en una clara desigualdad y diferenciación entre servicios y costos. Así lo concluyen diversas investigaciones internacionales, que sugieren que los usuarios de bajos ingresos pagan más por los servicios de agua y esta es de peor calidad (Hadzovich et al., 2019; Rusca y Schwartz, 2018; Schwartz et al., 2017). Por otro lado, el modelo de empresas intermediarias para dar servicio a estos grupos vulnerables ha demostrado que la visión tecnocrática enfocada en recuperar costos de inversión lo más rápido posible redunda en tarifas altas para estos consumidores en condiciones de alta vulnerabilidad, lo que incrementa la desigualdad económica. De hecho, las operaciones de estos intermediarios no están reguladas, dejando abierta la posibilidad de abuso de poder de mercado y de explotación de consumidores. Esto es especialmente preocupante, ya que las áreas pobladas por personas en condiciones de vulnerabilidad y pobreza representan el grueso poblacional que debemos atender para cumplir con el ODS6.

El enfoque tecnocrático que imperó en el mundo empujó a los gobiernos a transferir responsabilidades financieras para garantizar la prestación del servicio universal a las empresas de agua. Esta transferencia del servicio indica efectivamente un retiro del gobierno de su obligación de garantizar la prestación del servicio universal. Es urgente reconocer que, en estas circunstancias, la aspiración global de acceso universal al agua no se cumplirá.

Alcanzar este objetivo requiere, en primer lugar, reconocer que los gobiernos que se han comprometido con los ODS son, en última instancia, responsables de su implementación. A los proveedores de agua se les puede delegar o concesionar el servicio, pero los estados deben desarrollar políticas hídricas para resolver los conflictos creados por estos objetivos contradictorios (ganancia financiera vs. acceso universal).

Esto incluye recuperar la rectoría del Estado sobre un elemento tan importante como el agua, de tal suerte que los esfuerzos de los gobiernos no solo se circunscriban a garantizar recursos adicionales, sino también a regular y renovar el marco jurídico e institucional para la provisión de servicios de agua potable en áreas de bajos ingresos (p. ej. reconociendo los sistemas comunitarios) para lograr el bienestar social. La comercialización por si sola no ha podido cumplir el ODS6 y, como hemos visto en esta reflexión, es poco probable que en el futuro pueda hacerlo.

Referencias

Furlong, K. (2020) 'Trickle-down debt: Infrastructure, development, and financialization, Medellín 1960–2013', Transactions of the Institute of British Geographers, 45(2): 406-419.

Hadzovich, L., Alda-Vidal, C., Rusca, M. and Schwartz, K. (2019) "Everyday practices and the production of uneven waterscapes: water pricing regimes in Lilongwe, Malawi", Environment and Planning C. doi.org/10.1177/2399654419856021

McDonald, D.A., Marois, T. and Spronk, S. (2021) 'Public banks + public water = SDG 6?', Water Alternatives, 14(1): 1-18.

Rusca, M. and Schwartz, K. (2018) 'The paradox of cost recovery in heterogeneous municipal water supply systems: Ensuring inclusiveness or exacerbating inequalities?', Habitat International,73: 101-108.

Rusca, M., Boakye-Ansah, A., Loftus, A., Ferrero, G. and van der Zaag, P. (2017) 'An interdisciplinary political ecology of drinking water quality. Exploring socio-ecological inequalities in Lilongwe's water supply network', Geoforum, 84: 138-146.

Rusca, M., Schwartz, K., Hadzovic, L. and Ahlers, R. (2015) 'Adapting Generic Models through Bricolage: Elite Capture of Water User Associations in Peri-urban Lilongwe', European Journal for Development Research, 27(5): 777-792.

Schwartz, K., Tutusaus, M., and Savelli, E. (2017) 'Water for the Urban Poor: Balancing financial and social objectives through service differentiation for low-income areas in the Kenyan water services sector', Utilities Policy, 48: 22-31.

United Nations, UN (2013). A new global partnership: Eradicate poverty and transform economies through sustainable development. The report of the high-level panel of eminent persons on the post-2015 development agenda. United Nations, New York.

/cms/uploads/image/file/632027/objetivo_de_desarrollo_sostenible.jpg

El Acuerdo de Escazú y sus implicaciones para el sector hídrico en México

Alberto Rojas Rueda

El Acuerdo está conformado por 26 artículos, con enfoque de derechos humanos, y reconoce los derechos de acceso en materia ambiental.

El Acuerdo Regional sobre Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, acordado el 4 de marzo de 2018 en la municipalidad de Escazú, Costa Rica (Naciones Unidas, 2018)—por lo que también se le conoce como Acuerdo de Escazú—, representa el primer esfuerzo multilateral para enfrentar de manera integral asuntos ambientales y de derechos humanos en las regiones latinoamericana y caribeña.

El Acuerdo de Escazú se derivó de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, conocida también como Río+20 (celebrada en 2012), en la que 24 países firmaron la Declaración sobre la Aplicación del Principio 10 de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo en América Latina y el Caribe. En 2014 se estableció un pacto para iniciar las negociaciones de un acuerdo regional a través de la creación de un comité de negociación que llevó a cabo nueve reuniones (con la participación de México en la mesa directiva del comité de negociación).

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) de la Organización de las Naciones Unidas, facilitó el proceso.

México suscribió el documento el 27 de septiembre de 2018. El Senado de la República ratificó el tratado el 5 de noviembre de 2020 (Senado de la República, 2020).

El 22 de enero de 2021, los gobiernos de México, y Argentina, entregaron al secretario general de la ONU (depositario) sus respectivas ratificaciones, por lo que entrará en vigor el próximo 22 de abril de 2021, Día Internacional de la Tierra[1], sumando 12 los países que lo han ratificado.

El Acuerdo de Escazú, fundamentado en el principio 10 de la Declaración de Río[2], tiene carácter jurídicamente vinculante para los países que forman parte del mismo, el cual tiene por objeto luchar contra la desigualdad y la discriminación y garantizar los derechos de todas las personas a un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible, dedicando especial atención a las personas y grupos en situación de vulnerabilidad y colocando la igualdad en el centro del desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2018).

El Acuerdo está conformado por 26 artículos, con enfoque de derechos humanos, y reconoce los derechos de acceso en materia ambiental:

Fecha de publicación:
07 de febrero de 2021

Escazú fortalece la obligación del Estado mexicano para generar estrategias y políticas que garanticen el derecho del público de acceder a la información en torno al agua.

Núm. 04, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-04



Artículo 2, inciso a) por "derechos de acceso" se entiende el derecho de acceso a la información ambiental, el derecho a la participación pública en los procesos de toma de decisiones en asuntos ambientales y el derecho al acceso a la justicia en asuntos ambientales (Naciones Unidas, 2018);

Estos derechos se concentran en cinco temas principales[3]:

La implementación plena y efectiva del acceso a la información ambiental de manera oportuna y adecuada (artículos 5, 6, 12).

El reconocimiento del derecho humano a la participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales (artículo 7).

El acceso a la justicia en temas ambientales (artículo 8).

La protección a defensores de derechos humanos asociados con el ambiente (artículo 9).

Escazú es el primer tratado internacional en el mundo que aborda el tema de defensores de derechos humanos. De acuerdo con la organización Global Witness, la región latinoamericana es la de mayor riesgo para los defensores de derechos humanos (Global Witness, 2020). Esta es una de las principales razones por la que este acuerdo regional tiene tanta trascendencia para los derechos humanos.

El fortalecimiento de capacidades y la cooperación en materia ambiental (artículos 10 y 11). Este es el pilar del mecanismo que fortalece la cooperación internacional Sur-Sur entre países mediante una estructura institucional de apoyo y diseño de políticas, así como para la toma de decisiones en asuntos ambientales y derechos humanos asociados.

Adicionalmente, establece mecanismos para garantizar el cumplimiento de las obligaciones contraídas por los Estados parte (artículos 13 y 14); una Conferencia de las Partes (artículo 15), que tendrá como secretaria del Acuerdo al Secretariado Ejecutivo a la Cepal (artículo 17), y un Comité de Apoyo a la Aplicación y el Cumplimiento del Acuerdo, como órgano subsidiario de la Conferencia de las Partes (artículo 18). La sede del Secretariado es Santiago de Chile.

A nivel global existe otro instrumento regional con características similares, pero de menor alcance (no habla de defensores de derechos humanos), el Convenio sobre el Acceso a la Información, la Participación del Público en la Toma de Decisiones y el Acceso a la Justicia en Materia de Medio Ambiente, adoptado en 1998 en la ciudad de Aarhus, Dinamarca (Unece, 1999).

La relación entre el Acuerdo de Escazú y el sector hídrico deviene de la interpretación amplia que tienen los instrumentos destinados a la protección de derechos humanos que obliga a contemplar los derechos de acceso, aquí descritos, en su relación con las materias que caben dentro de los asuntos ambientales, dentro de los que se encuentran los relacionados con el agua.

En México, los tratados internacionales ratificados por el Senado se consideran parte

del bloque de constitucionalidad, por lo que su observancia y aplicación es obligatoria, con un peso similar al de la Constitución Política.

Así, Escazú fortalece la obligación del Estado mexicano para generar estrategias y políticas que garanticen el derecho del público de acceder a la información en torno al agua, así como garantizar su difusión (máxima publicidad); obliga al Estado a reconocer y fortalecer la participación pública en las decisiones que afectan al agua en México, particularmente en la elaboración de los planes y programas; promueve el desarrollo de mecanismos que garanticen el acceso a la justicia hídrica como un elemento de la justicia ambiental; reconoce la obligación del Estado para proteger a defensores de derechos humanos en materia ambiental, entre ellos los asociados con el agua, y, por último, permitirá profundizar en las estrategias para el fortalecimiento de capacidades, así como para la cooperación Sur-Sur en temas hídricos[4].

En todos estos asuntos, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) ha desarrollado proyectos (indicadores de derechos humanos al agua y saneamiento; transparencia hídrica; justicia hídrica; programas de capacitación). Además, el nuevo arreglo institucional del Instituto se adecua a los cinco pilares de Escazú.

Con el Acuerdo de Escazú, la región contará ahora con el instrumento más avanzado de promoción y protección de los derechos humanos asociados con la protección, conservación y restauración del ambiente, que incluye los temas relacionados con el agua, que, como afirma el secretario general de las Naciones Unidas, Antonio Guterres,

tiene el potencial de catalizar el cambio estructural y dar respuesta a algunos de los principales desafíos de nuestros tiempos. Es un instrumento poderoso para prevenir conflictos, lograr que las decisiones se adopten de manera informada, participativa e inclusiva y mejorar la rendición de cuentas, la transparencia y la buena gobernanza (Naciones Unidas, 2018).

En México, el Acuerdo de Escazú ofrecerá una herramienta para que las personas, en particular quienes pertenecen a grupos en condición de vulnerabilidad, puedan hacer efectivos sus derechos de acceso en torno al agua.

El documento íntegro del Acuerdo se encuentra disponible en: repositorio.cepal.org

Referencias

CEPAL. (03 de 02 de 2021). Principio 10 . Obtenido de www.cepal.org.

Global Witness. (2020). Defender el mañana. Crisis climática y amenazas contra las personas. Uk: Global Witness.

Naciones Unidas. (2018). Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el caribe. Santiago: CEPAL.

Secretaría de Relaciones Exteriores. (22 de enero de 2021). México hace historia al cumplir los requerimientos para la entrada en vigor del Acuerdo de Escazú. Obtenido de Comunicado conjunto RELACIONES EXTERIORES-MEDIO AMBIENTE: www.gob.mx/sre

Senado de la República. (05 de noviembre de 2020). Avala Senado Acuerdo de Escazú; ayudará a una efectiva protección del ambiente . Obtenido de Coordinación de Comunicación Social: comunicacion.senado.gob.mx

Senado de la República. (05 de noviembre de 2020). Gaceta del Senado. Obtenido de Gaceta: LXIV/3PPO-47: www.senado.gob.mx

UNECE. (1999). Convenio sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia de medio ambiente. Obtenido de unece.org

[1] El Acuerdo establece que al menos 11 países deben ratificar, aceptar, aprobar o adherirse al mismo para que este entre en vigor 90 días posteriores al depósito del undécimo instrumento (artículo 22, fracción 1,).

[2] El Principio 10 busca asegurar que toda persona tenga acceso a la información, participe en la toma de decisiones y acceda a la justicia en asuntos ambientales, con el fin de garantizar el derecho a un medio ambiente sano y sostenible de las generaciones presentes y futuras" (Cepal, 2021).

[3] Cabe destacar que cualquier país que firme, ratifique, acepte, apruebe o se adhiera a este Acuerdo no podrá formular reserva alguna a su contenido (artículo 23).

[4] Derivado de la entrada en vigor del Acuerdo de Escazú se tendrán que generar indicadores que permitan conocer la línea base de nuestro país en su relación con los derechos de acceso, a fin de verificar el avance en el cumplimiento de sus obligaciones en el marco del mismo.

Conflictos hídricos: lecciones para el presente

Adrián Pedrozo Acuña

Necesitamos cambiar nuestra forma de pensar y atender los temas hídricos, con base en el mejor conocimiento disponible y la ética de nuestro quehacer en la sociedad.

Fecha de publicación:
23 de enero de 2021

La atención a los conflictos hídricos presentes y futuros en todo el mundo deberá contener un compromiso moral e intelectual

La magnitud y el número de conflictos hídricos que se están registrando en todo el mundo señalan la necesidad de utilizar el conocimiento de punta y la capacidad tecnológica y social de las instituciones de investigación para asistir a todas las personas atrapadas en conflictos hídricos.

Si bien hemos observado un avance en la atención de los problemas ambientales por parte de las agendas políticas globales —como la de las Metas del Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas—, la lucha de las personas por el agua es un factor que persiste de manera cotidiana en todo el mundo. La naturaleza intratable de estos conflictos hídricos se acentúa por la manera asimétrica en la que las partes involucradas experimentan el daño. Por ejemplo, la respuesta a una de las sequías más severas en la historia de California (2012-2015) tuvo efectos igualmente asimétricos: muchos jardineros dejaron de regar sus céspedes conforme las presas se iban vaciando, pero las grandes empresas de agronegocios tuvieron acceso a fuentes de agua subterránea. Al final de cuentas se utilizó más agua durante la sequía que antes de esta, lo que dejó al sur de California con su rasgo icónico de ser un lugar en el que es posible producir almendras, mantener grandes ciudades, gloria y dinero, pero no una política sustentable.

A inicios de 2019 se registró también cierta tensión en la cuenca del río Nilo. Se consideraba que la Gran Presa del Renacimiento Etíope representaba una amenaza sobre el sustento de los agricultores y la producción de hidroelectricidad en la región aguas abajo: Egipto y Sudán. El estrés creció también en Bagdad como resultado de que Ankara y Teherán continuaban con sus esfuerzos para apropiarse del agua subterránea de acuíferos compartidos, pero dentro de su territorio. Por si fuera poco, Turquía estaba en proceso de llenado de la presa Illisu, como la pieza de cierre del proyecto del sureste de Anatolia. Otros autores argumentan que la política hídrica de Israel sobre el río Jordán les ha permitido construir una buena relación con Jordán, pero no una buena relación con los palestinos.

En México, tan solo el año pasado, fuimos testigos de conflictos hídricos en la cuenca del río Bravo por los volúmenes de agua compartidos en una cuenca por diversos usuarios.

Estas son tan solo unas facetas de la realidad de los conflictos hídricos que se están presentando en el mundo y, sin duda, constituyen un indicador de la necesidad de nuevos paradigmas para la gestión del agua, ya que es imposible continuar aceptando

Núm. 02, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-02



el gran impacto que estas tensiones generan sobre las vidas de millones de personas y ecosistemas que dependen de los flujos de agua. Estos conflictos tienen su origen en la desecación de ríos, la sobreexplotación de acuíferos y, desde luego, la falta de atención a dimensiones sociales, como la equidad y la justicia.

Estos conflictos también traen consigo lecciones que no debemos dejar de revisar y registrar. La primera es que la naturaleza intratable de los conflictos hídricos nunca se puede erradicar del todo. Las consecuencias negativas de un conflicto pueden reducirse; sin embargo, esta acción transforma al conflicto mismo en algo diferente y totalmente impredecible. Al igual que las personas y las sociedades, los ríos y la lluvia están en constante cambio. Lo mismo sucede con los conflictos hídricos, por lo que su transformación no trata sobre vencedores o perdedores, tampoco sobre la eliminación de la lucha sobre los valores y prioridades locales del agua. Ciertamente, la atención de los conflictos hídricos a través de su transformación no niega que nuevos arreglos sobre la distribución del agua generarán nuevos retos. No obstante, los esfuerzos de transformación de algo que está caduco tienen mayor probabilidad de éxito que mantenerlo para administrar un conflicto. La segunda lección, muy relacionada con esto, es que, en el caso de conflictos transfronterizos, la diplomacia del agua se conforma como una vía posible para manifestar y poner sobre la mesa de negociación los intereses nacionales de cada país involucrado.

Una tercera lección que es evidente de los esfuerzos diplomáticos para la resolución de los conflictos en los ríos Nilo y Jordán es el importante papel que desempeña el poder de cada protagonista. Diversos académicos indican que no existen tratados o arreglos de distribución de agua que sean inequitativos y que favorezcan al actor menos poderoso. Existe un sinnúmero de manifestaciones visibles e invisibles de poder, cada una moldeando los acuerdos en formas específicas. En general, se observa que si lo que se busca es administrar el conflicto, en estos casos el poder tiene todo el espacio para limitar el alcance de la diplomacia, con lo que puede limitar también la generación de nuevos arreglos para la distribución del agua. Las formas más ocultas de poder moldean la forma de pensar de aquellos que interactúan con el agua; por ejemplo, utilizando un paradigma caduco y asumiéndolo como verdad, creando así una realidad que resulta de la coerción de ideas que tienden a ocultar los efectos negativos de un conflicto hídrico a aquellos actores que tendrán que hacerles frente. En este caso, la lección es doble: las asimetrías de poder deben ser reconocidas para revelar las oportunidades de mejora que no son inmediatamente aparentes, y las agendas de poder ocultas deben ser reconocidas para dar paso a una verdadera transformación del conflicto.

La última lección se refiere a la necesidad de superar herramientas de análisis imprecisas y poco confiables. La separación de los temas relativos a la justicia y equidad de los temas más técnicos relativos al agua (p. ej.

hidrología, disponibilidades, etc.) invisibiliza los efectos negativos de las decisiones hídricas. Si hemos de avanzar hacia la solución de los conflictos hídricos, primero debemos entenderlos desde una perspectiva multidisciplinaria, que trascienda lo puramente técnico. Es decir, es importante conocer la naturaleza del agua y su movimiento en atmósfera, cuencas, ríos y acuíferos, pero también es importante ver la variación de este ciclo en su relación con los seres humanos en el tiempo y apreciar como cambios antropogénicos regionales derivados de la forma en que administramos el agua tienen efectos en su disponibilidad y calidad en el ámbito local.

Así, la atención a los conflictos hídricos presentes y futuros en todo el mundo deberá contener un compromiso moral e intelectual, que reconozca no solo el valor de los números generados desde las disciplinas más áridas como la ingeniería, sino que sea capaz también de reconocer la importancia de los valores intangibles asociados al agua, bajo principios de justicia y emancipación de aquellos que se han quedado atrás. Solo así podremos avanzar hacia la posibilidad de hacer del agua el elemento que habilite el desarrollo social y económico de todos, sin sesgo hacia el poder o el dinero. Esa sería la transformación del agua en México. Estamos convencidos de que es posible, pero para ello necesitamos cambiar nuestra forma de pensar y atender los temas hídricos, con base en el mejor conocimiento disponible y la ética de nuestro quehacer en la sociedad.

Referencias:

Ashour, M. A., Aly, T. E., y Abueleyon, H. M. (2019). Transboundary water resources “A comparative study”: The lessons learnt to help solve the Nile basin water conflict, Limnological Review, 19(1), 3-14. doi: https://doi.org/10.2478/limre-2019-0001.

Bernauer, T. y Böhmelt, T., 2020. International conflict and cooperation over freshwater resources. Nature Sustainability, 3(5), pp.350-356.

Kittikhoun, A. y D. M. Staubli, 2018. Water diplomacy and conflict management in the Mekong: From rivalries to cooperation, Journal of Hydrology, Volume 567, Páginas 654-667, https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.09.059.

L Ohlsson, 2000. Water conflicts and social resource scarcity,

Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, Volume 25, Issue 3, Páginas 213-220, https://doi.org/10.1016/S1464-1909(00)00006-X.

Petersen-Perlman, J.D., Veilleux, J.C. y Wolf, A.T., 2017. International water conflict and cooperation: challenges and opportunities. Water International, 42(2), pp.105-120.

Agua y ciencia ciudadana: vía para la construcción conjunta de soluciones locales

Adrián Pedrozo Acuña

En todo el mundo se aprecia una clara proliferación del uso de la ciencia ciudadana en temas relativos al agua, lo que ha permitido el involucramiento de la sociedad en el monitoreo de variables hidrológicas, climáticas y de calidad, y en ejercicios de mapeo y modelado de cuencas hidrológicas.

La ciencia ciudadana representa un nuevo paradigma para el quehacer científico, en el que las personas que viven en un territorio que es objeto de estudio se involucran en las actividades de recolección y análisis de datos, y diseminación de los resultados. Los orígenes de la ciencia ciudadana son también los orígenes de la ciencia moderna; es decir, antes de la profesionalización de la ciencia, los grandes experimentos y aventuras científicas eran realizadas por personas curiosas, cuyo intelecto los llevó a descubrir a partir de la experiencia. Ejemplos de este tipo de personajes son Benjamín Franklin y Charles Darwin (Miller-Rushing et al., 2012). El florecimiento de la ciencia ciudadana en estudios ambientales se debe a diversos factores, pero quizá el que valga la pena resaltar es el de las crecientes y justas preocupaciones de la sociedad sobre la salud de su ambiente local y los impactos sobre su propia salud personal y familiar (Carlson y Cohen, 2018; Haklay, 2013).

La aplicación de la ciencia ciudadana en temas relacionados con el al agua es relativamente reciente y está en crecimiento (Njue et al., 2019; Zheng et al., 2018). Existe un gran número de publicaciones que reportan que además de los beneficios científicos, la incorporación de la sociedad en actividades de monitoreo y seguimiento científico tiene el potencial de traer consigo muchos beneficios locales a las comunidades que se involucran en estas actividades (p.ej., Buytaert et al., 2014; McKinley et al., 2015; Thornhill et al., 2019). Entre estos beneficios se encuentran la educación y la cultura ambiental de las personas, su empoderamiento y la construcción de confianza entre las comunidades y las instituciones encargadas de las actividades científicas. Esto resulta en un nuevo paradigma de construcción conjunta de soluciones con base en evidencia científica, pero acompañadas del conocimiento empírico y de la preocupación legítima de las personas que viven en una comunidad, cuyo entorno es objeto de estudio. Los esfuerzos que incorporan la ciencia ciudadana varían en un amplio rango de escalas geográficas y de número de voluntarios, desde estudios a escala local, que involucran un solo voluntario (Walker et al., 2019), hasta estudios globales que incorporan la participación de decenas de miles de voluntarios con datos de estaciones meteorológicas instaladas en hogares y que contribuyen a los conjuntos de datos globales de variables meteorológicas (WOW, 2019).

La mayor parte de las tipologías de ciencia ciudadana relacionadas con el agua incorporan proyectos relacionados con

Fecha de publicación:
15 de noviembre de 2020

La ciencia ciudadana representa un nuevo paradigma para el quehacer científico

Núm. 30, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-30



la salud de ecosistemas acuáticos iniciados por residentes locales (Bonney et al., 2009) que se dan a través de la cocreación de proyectos colaborativos que incorporan niveles decrecientes de control ciudadano sobre lo que se monitorea, dónde y cómo se mide, quién conduce el análisis y quién usa los datos. Esto redunda en una forma relevante, pero pasiva, de incorporación de la sociedad a estudios científicos.

Por esta razón, cuando consideramos los beneficios de incorporar la ciencia ciudadana, lo mejor es preguntarse cómo pueden los beneficios de una intervención científica contribuir a mejorar las condiciones de vida de las comunidades. Es decir, cómo el conocimiento adicional que se aporta desde la ciencia y la técnica del agua sirve y se aplica para resolver las preocupaciones locales de las personas, de tal suerte que su bienestar y la salud de sus ecosistemas es mejorado por la intervención de la ciencia.

La mayoría de los estudios que incorporan el uso de ciencia ciudadana en temas relacionados con el agua indican beneficios potenciales de su utilización, pero señalan una falta de seguimiento de esos beneficios en el tiempo. Entre los más claramente identificados se encuentran los siguientes:

Compromiso público., Este representa la necesidad de incrementar la conciencia de las personas sobre los problemas ambientales, la democratización de la ciencia y la reconstrucción de confianza entre ciencia y sociedad. (Groffman et al., 2010).

Una mayor conciencia: En estos casos, la participación de las personas en la ciencia y en un proyecto científico incrementa la conciencia sobre el tema en estudio, lo que produce un aprendizaje adicional que resulta de ese involucramiento (Brossard et al., 2005). Este tipo de beneficio está relacionado con actividades de custodia por parte de las personas en sus territorios, lo que resulta en la generación de guardianes del ambiente mejor capacitados y con mayor conocimiento.

Democratización de la ciencia: Este beneficio indica la oportunidad de participación de las personas en la generación de conocimiento científico. Se refiere particularmente a la eliminación de barreras entre los llamados técnicos o expertos y el público en general (Freitag y Pfeffer, 2013).

Generación de confianza entre personas, científicos y autoridades. La construcción de estrategias de atención a problemas hídricos con base en evidencia es crucial. Esto indica la necesidad de involucrar a científicos y técnicos para avanzar en las soluciones definitivas a los problemas hídricos locales. Sin embargo, para que las soluciones sean implementadas de forma exitosa, debe primero generarse un puente de confianza entre las personas que habitan y viven la problemática y los científicos que la atienden. De esta forma se podrá tender un puente de confianza ciudadana hacia las autoridades encargadas de hacer de la solución una realidad (Groffman et al., 2010)

Empoderamiento. El aprendizaje habilita a los ciudadanos involucrados a ganar espacios de participación cívica en los debates de política pública relevantes y en los procesos de toma de decisiones (Turrini et al. 2018).

Cambio en el comportamiento. Resultado de un mayor conocimiento y conciencia sobre una problemática hídrica, se genera un cambio en el comportamiento hacia la conservación y cuidado del agua, en particular hacia un uso sustentable del vital líquido (Jordan et al., 2011).

De esta manera, la ciencia ciudadana tiene un gran potencial para fomentar la mejora del medio ambiente de la mano de las comunidades. Esto, a su vez, redunda en un mejoramiento de las condiciones de salud de las personas que habitan los territorios en los que se identifican problemas y se activan intervenciones técnicas y gubernamentales. Por esta razón, la construcción de una ciencia ciudadana sobre los problemas hídricos nacionales tiene el potencial—como lo ha dicho la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, María Luisa Albores González— de abrir una gran avenida hacia el bienestar de todas y todos los mexicanos. La ciencia ciudadana en temas de agua nos permitirá cuidar la salud ambiental y la salud de las personas.

Por otro lado, es necesario reconocer que exiten también posibles impactos negativos de la ciencia ciudadana, sobre todo si su implementación no se lleva a cabo con cuidado. Algunos aspectos en los que debemos poner atención cuando se implementan acciones de ciencia ciudadana son los siguientes:

Sobrecarga de las personas. La participación ciudadana en la ciencia, especialmente de comunidades con condiciones económicas difíciles en actividades de monitoreo que se les delegan, tiene el potencial de añadir una carga adicional a las personas, cuyas vidas están ya de por sí estresadas por sus desfavorables condiciones económicas.

Decremento de la confianza. Si la actividad de involucramiento de la sociedad está atada a un financiamiento temporal, es probable que la intervención científica de técnicos, soportada por el proyecto, resulte en un sentimiento de abandono al término del mismo, ya que, por lo general, terminado el proyecto terminan las visitas, y con ello se puede generar decepción y una pérdida de confianza de las comunidades que luego resulte complicado restaurar.

Exclusión. Los procesos participativos requieren una amplia diversidad de ciudadanos y opiniones que permitan construir la necesaria legitimidad de las intervenciones de un proyecto científico. La marginalización de ciertos grupos puede añadir mayor presión y sentimientos de exclusión entre las personas, lo que complica la generación e implementación de soluciones técnicas

Creación de conflictos. Los conflictos pueden resultar por la falta de confianza de ciertos grupos sociales en datos científicos que no representan sus intereses u opiniones (Baalbaki et al., 2019). Por esta razón, es muy importante el proceso de construcción conjunta y representativo a nivel comunidad. Que nadie se sienta excluido y que nadie que quiera participar se quede atrás.

El tener identificados los posibles impactos negativos nos permite diseñar la participación ciudadana en la ciencia con mayor cuidado. En todo el mundo, en lo que se refiere a temas relacionados con el agua, la ciencia ciudadana avanza a pasos agigantados. Hacer del agua el elemento que habilite desarrollo económico equitativo pasa necesariamente por el involucramiento de las personas que habitan las cuencas y que viven de ríos y acuíferos.

Actualmente, el Gobierno de México en su conjunto avanza en la creación de soluciones conjuntamente con las personas. El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua acompaña a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en la atención de problemas hídricos locales en todo el territorio nacional, donde las comunidades expresan sus preocupaciones legítimas sobre la calidad y cantidad del agua de cuencas y acuíferos. Lo hacemos por que es lo correcto, y por esta razón no es gratuito que nuestros principios

rectores sean la ética hídrica, la generación de evidencia científica para las decisiones y la transparencia de los datos y la información que proporcionamos a la sociedad.

Contribución de Adrián Pedrozo Acuña.
Perspectivas IMTA Núm. 30, 2020.

Referencias:

Baalbaki, R., Ahmad, S. H., Kays, W., Talhouk, S. N., Saliba, N. A., & Al-Hindi, M. (2019). Citizen science in Lebanon – A case study for groundwater quality monitoring. Royal Society Open Science, 6(2), 181871. https://doi.org/10.1098/rsos.181871

Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wilderman, C. C. (2009). Public participation in scientific research: Defining the field and assessing its potential for informal science education. A CAISE Inquiry Group Report. Online submission.

Buytaert, W., Zulkafli, Z., Grainger, S., Acosta, L., Bastiaensen, J., De Bièvre, B., ... Zhumanova, M. (2014). Citizen science in hydrology and water resources: Opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. Frontiers in Earth Science, 2(26), 1– 21. https://doi.org/10.3389/feart.2014.00026

Brossard, D., Lewenstein, B., & Bonney, R. (2005). Scientific knowledge and attitude change: The impact of a citizen science project. International Journal of Science Education, 27(9), 1099– 1121.

Carlson, T., & Cohen, A. (2018). Linking community-based monitoring to water policy: Perceptions of citizen scientists. Journal of Environmental Management, 219, 168– 177. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.077

Freitag, A., & Pfeffer, M. J. (2013). Process, not product: Investigating recommendations for improving citizen science "success". PLoS One, 8(5), e64079.

Groffman, P. M., Stylinski, C., Nisbet, M. C., Duarte, C. M., Jordan, R., Burgin, A., ... Coloso, J. (2010). Restarting the conversation: Challenges at the interface between ecology and society. Frontiers in Ecology and the Environment, 8(6), 284– 291.

Haklay, M. (2013). Citizen science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation. In Crowdsourcing geographic knowledge (pp. 105– 122). Dordrecht: Springer.

Jordan, R., Gray, S., Howe, D., Brooks, W., & Ehrenfeld, J. (2011). Knowledge gain and behavioral change in citizen-science programs. Conservation Biology, 25(6), 1148– 1154. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01745.x

McKinley, D. C., Miller-Rushing, A. J., Ballard, H., Bonney, R., Brown, H., Evans, D. M., ... Ryan, S. F. (2015). Investing in citizen science can improve natural resource management and environmental protection. Issues in Ecology, 2015(19), 1– 27.

Miller-Rushing, A., Primack, R., & Bonney, R. (2012). The history of public participation in ecological research. Frontiers in Ecology and the Environment, 10(6), 285– 290.

Njue, N., Stenfert Kroese, J., Gräf, J., Jacobs, S. R., Weeser, B., Breuer, L., & Rufino, M. C. (2019). Citizen science in hydrological monitoring and ecosystem services management: State of the art and future prospects. Science of the Total Environment, 693, 133531. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.337

Turrini, T., Dörler, D., Richter, A., Heigl, F., & Bonn, A. (2018). The threefold potential of environmental citizen science – Generating knowledge, creating learning opportunities and enabling civic participation. Biological Conservation, 225, 176– 186. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.024

Walker, D., Smigaj, M., & Jovanovic, N. (2019). Ephemeral sand river flow detection using satellite optical remote sensing. Journal of Arid Environments, 168, 17– 25. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.05.006

WOW. (2019). Weather observations website, Exeter: The Met Office. Retrieved from https://wow.metoffice.gov.uk/

Zheng, F., Tao, R., Maier, H. R., See, L., Savic, D., Zhang, T., ... Popescu, I. (2018). Crowdsourcing methods for data collection in geophysics: State of the art, issues, and future directions. Reviews of Geophysics, 56(4), 698– 740. https://doi.org/10.1029/2018rg000616

Apropiación ilegal del agua: un problema global

Agustín Breña Naranjo

Recientemente, México ha sido testigo de conflictos regionales por el tema del agua. Ejemplos como el de la planta cervecera de Constellation Brands, en Mexicali, o el de la presa La Boquilla, en Chihuahua, muestran que dichas regiones, además de vivir en una situación permanente de estrés hídrico desde hace décadas, atraviesan por una severa crisis de gobernabilidad hídrica, la cual han sido exacerbada por prácticas relacionadas con la extracción y el uso de agua fuera de la legalidad.

Fecha de publicación:
8 de noviembre de 2020

Conflictos regionales por el tema del agua

En lo que se refiere a nuestro país, el término "aguachicoleo" ha ido cobrando mayor relevancia en los últimos años. Solo basta buscar esta palabra en Google para encontrar casos relacionados con la apropiación ilegal de este recurso en diferentes partes del territorio nacional. Autoridades federales, estatales y municipales han reconocido la existencia de estas prácticas ilegales, mientras que usuarios y activistas ambientales han denunciado el creciente número de pozos de bombeo y tomas clandestinas en ríos o arroyos. Aunado a esto, la poca o nula verificación de los volúmenes concesionados dentro del Registro Público de Derechos de Agua, así como la falta de cumplimiento de pago por parte de ciertos usuarios (desde pequeños hasta grandes), fomentan una cultura de la ilegalidad dentro del sector hídrico.

Es importante aclarar que esta problemática no ocurre exclusivamente en México, sino que también está presente en la mayoría de los países del mundo. Si bien es imposible tener una estimación certera de la cantidad de agua extraída de manera ilegal, se cree que aproximadamente del 30 al 50 % del uso consuntivo de agua a nivel mundial no se contabiliza dentro de los balances o estudios de disponibilidad hídrica (Loch et al., 2020). Estas cifras no solo reflejan la magnitud de esta apropiación ilegítima, sino que muestran también el fracaso de los arreglos institucionales, políticos y legales.

El apoderamiento ilegitimo, en este caso de un recurso natural, se puede manifestar por diferentes razones, tales como la desviación de las normas sociales por parte de una persona o un grupo de personas debido a una predisposición al rompimiento de las reglas o bien por diferencias en el desarrollo moral y ético de estas personas; una toma de decisiones condicionadas por la interacción entre estos actores y su entorno sociocultural; una percepción divergente con respecto a la legitimidad y justicia en las reglas vigentes, y la inconformidad con acatar las reglas cuando los beneficios sobrepasan los costos económicos. Adicionalmente a estos patrones socioculturales, las condiciones hidroclimáticas de una región, como son la incertidumbre sobre la disponibilidad presente y futura de agua, los choques súbitos que dificultan el acceso al recurso y las reglas de operación de un sistema

Núm. 29, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-29



que regula el precio y la demanda hídrica, también pueden incentivar esta apropiación ilegitima.

La agricultura, por ser el principal usuario de agua en el mundo, también representa el sector donde ocurren las mayores extracciones de agua, aunque este fenómeno suele ocurrir también en zonas urbanas y rurales. En ambos casos, el no contar con un sistema de abastecimiento de agua eficiente y confiable propicia tanto la aparición de mercados de agua (altamente rentables y sin ningún tipo de regulación) a través de intermediarios como la extracción de agua realizada por los usuarios directamente de tuberías, canales de riego, ríos y acuíferos.

Para fines de uso doméstico, es muy importante poder separar la implementación del derecho humano al agua con respecto al acceso a este recurso de manera ilegal. Para el sector agrícola, una verificación del uso y cumplimiento de los volúmenes asignados en los títulos de concesión de cada usuario, así como la detección de obras de toma clandestina combinado con una penalización más estricta por este tipo de actividades ilegitimas, muy probablemente ayudaría a reducir el estrés hídrico tanto para los usuarios como para los ecosistemas, y propiciaría una verdadera cultura del agua.

Finalmente, la transparencia de datos (asignaciones vs consumo real) ayudaría a crear confianza entre los usuarios y autoridades. Si bien la instalación y operación de medidores y sensores en zonas carentes de telemetría serían costosas, los beneficios para la comunidad en términos de conectividad serían mayores. Otra opción consiste en usar información de satélites para detectar y monitorear extracciones ilegales. La incorporación de evidencia adicional, como rendimientos agrícolas e hidrometría, podría mejorar la calidad de estas actividades de vigilancia.

Este tipo de delitos ambientales no solo socavan el estado de derecho y comprometen la sostenibilidad de las cuencas y acuíferos, sino que también ocasionan un daño al patrimonio natural de la nación, por lo que es necesario ir comprendiendo

las causas que han provocado este tipo de fenómenos y así poder brindar soluciones estructurales (tecnologías disruptivas para el monitoreo, inspección y verificación) y no estructurales (sanciones administrativas, económicas y penales más estrictas) que realmente sean eficientes e implementables bajo nuestro marco jurídico y regulatorio.

Referencias

Baird, A., Walters, R. Water Theft Through the Ages: Insights for Green Criminology. Critical Criminology 28, 371–388 (2020).

De Stefano, L. & Lopez-Gunn, E. Unauthorized groundwater use: institutional, social and ethical considerations. Water Policy 14, 147–160 (2012).

Loch, A., Pérez-Blanco, C. D., Carmody, E., Felbab-Brown, V., Adamson, D., & Seidl, C. Grand theft water and the calculus of compliance. Nature Sustainability. doi:10.1038/s41893-020-0589-3 (2020).

Meehan, K. Disciplining de facto development: water theft and hydrosocial order in Tijuana. Environ. Plan. D 31, 319–336 (2013).

O'Donnell, E. & Talbot-Jones, J. Creating legal rights for rivers: lessons from Australia, New Zealand, and India. Ecol. Soc. 23, 7 (2018).

Steinfeld, A. Cannabis and water regulation: sorting through the weeds. Water Rep. 181, 1–11 (2019)

Transparencia y agua: elementos para repensar su enfoque

Amalia Salgado López

La cuestión de la transparencia como un tema central tiene su propia historia. Desde la teoría liberal no había "secretos insondables de la política", por lo que la antítesis de este secretismo era la publicidad, entendida como la libertad de prensa y de discusión, que era el principio que, para Stuart Mill, bastaba para que la opinión pública se formara y se pronunciara sobre los intereses nacionales.

De esa teoría a la actualidad, donde los liberales de finales del siglo XIX consideraban que la publicidad era un requisito para formar la opinión pública para la discusión de intereses nacionales y la transparencia, entendida en nuestros días como una práctica o un instrumento que utilizan las organizaciones para publicar o volver público algunos procesos de tomas de decisiones (Aguilera, 2005), encontramos sus antecedentes, en tanto práctica y en tanto libertad de informarse de lo que hacen sus gobiernos.

Sin embargo, a partir de hace unos años, la transparencia ha sido fomentada como objetivo de los organismos internacionales y se ha convertido en objeto de los estados nacionales, a través de una política impulsada desde un diagnóstico de la corrupción que se afirma como un mal endémico de las instituciones gubernamentales (Ruiz, 2017). Con este enfoque, al naturalizar la corrupción como parte indivisible de la vida política, se corre el riesgo de no analizar las causas que fomentan y reproducen esas prácticas de producción.

No se plantea negar los datos sobre corrupción, los cuales ya son de por sí alarmantes. Por ejemplo, de acuerdo con el Informe Barómetro Global de la Corrupción. América Latina y el Caribe 2019, una de cada cinco personas que accedieron a los servicios públicos, como el agua, había pagado sobornos el año anterior. En México, la Auditoria Superior de la Federación (ASF) ha alertado sobre el tema, particularmente sobre el otorgamiento de las concesiones de agua, lo que ha originado una sobreexplotación de acuíferos y ha afectado la sustentabilidad. Un dato en este sentido es que de 2015 a 2018 se otorgaron 77 títulos de concesión en acuíferos sin disponibilidad (ASF, 2019).

Más bien, se propone repensar el concepto de transparencia desde una visión amplia, crítica y propositiva. En este sentido, la transparencia, en su vínculo con la rendición de cuentas, se inscribe no sólo en el marco de la lucha contra la corrupción, sino también en la búsqueda de una democracia más participativa, más efectiva y funcional (Emmerich, 2004).

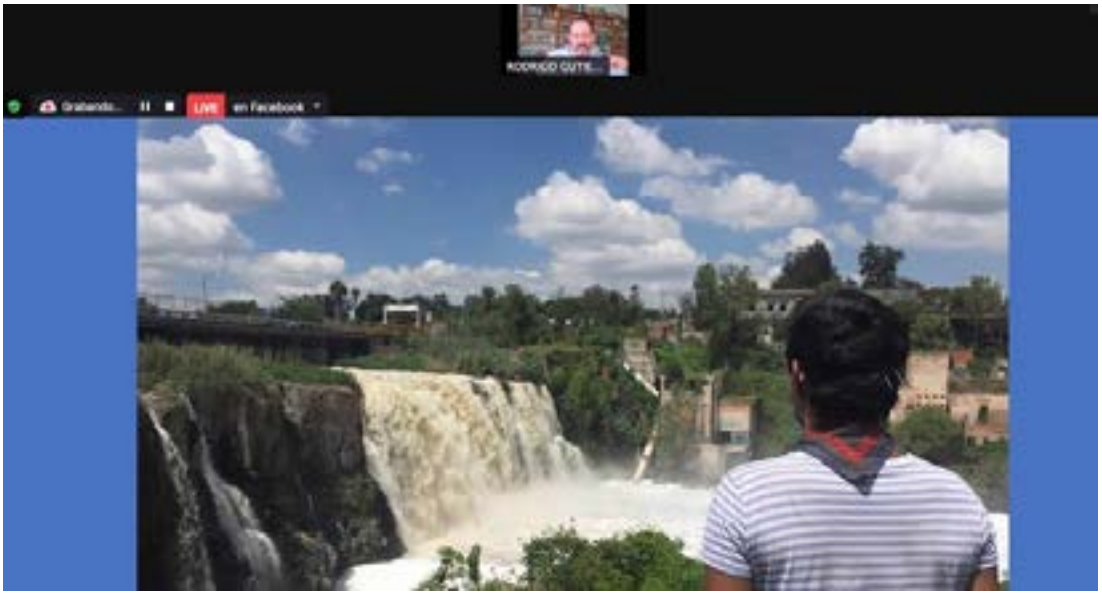
Desde esta visión, transparencia significa buscar mecanismos que sirvan para gobernar para la ciudadanía, en donde la transparencia sea entendida a partir de la pluralidad y del disenso de opiniones como una característica inherente y positiva de la política democrática y desechar argumentos que

Fecha de publicación:
01 de noviembre de 2020

Semana de la Transparencia Hídrica

Núm. 28, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-28



consideran que los ciudadanos son incapaces de comprender la complejidad de las decisiones públicas (Aguilera, 2006).

Aunada a esta visión amplia, crítica y propositiva, destacamos que la transparencia desempeña un papel fundamental en los gobiernos democráticos, a partir de los siguientes aspectos:

Como control de poder público. “Cuanto más expuesto está el ejercicio del poder político a un sinnúmero de tentaciones, tanto más poderosos motivos conviene dar a los que están revestidos con él para desecharlas” (Bentham en Aguilar, 2006). Este control se efectúa a través de la vigilancia ciudadana y la fiscalización de las acciones tanto de los políticos como de los servidores públicos.

Para fortalecer a la autoridad política. Proporcionar información sobre la conducta de los representantes tiene el efecto de asegurar la confianza de la ciudadanía. Y la confianza puede facilitar la coordinación entre los ciudadanos y el gobierno.

Para la detección y corrección de errores. La transparencia mejora la capacidad cognoscitiva de los gobiernos, facilitando que la toma de decisiones sea más concienzuda y que sea más sencillo aprender de los errores y corregirlos. En tal sentido, es un mecanismo para corregir políticas públicas fallidas o ineficaces. A partir de las anteriores argumentaciones, la transparencia hídrica debería comprender al menos tres mecanismos necesarios:

La divulgación y publicación de información a los distintos grupos de interés de una política.El diálogo en las decisiones políticas, a través del diseño, funcionamiento y monitoreo de mecanismos que respondan tanto a las expectativas como a las necesidades de los involucrados. Tales mecanismos comprenden procedimientos claros y seguimiento de quejas, peticiones y reclamos, así como también espacios formales para el diálogo y la toma colectiva de decisiones.

La aplicación de controles que gobiernen la integridad a través de la existencia y aplicación de un código de ética. Desde esta perspectiva, el IMTA llevó a cabo la Semana de la Transparencia Hídrica con el propósito de habilitar un espacio de intercambio de saberes y experiencias sobre el tema para la

investigación y la incidencia en la política pública y con ello abonar a la construcción de una democracia hídrica, reconociendo las dimensiones de equidad, participación y justicia tan necesarias para lograr la transición hídrica por la vida.

Referencias:

Aguilera, A. (2006). Transparencia y democracia, claves para un concierto. Instituto Federal de acceso a la Información Pública.

ASF (2019). Evaluación número 1585-DE "Política pública de agua potable". México: Auditoría Superior de la Federación. Obtenido de: http://informe.asf.gob.mx/Entrega3/Documentos/Auditorias/2017_1585_a.pd

Emmerich, G. E. (2004). Transparencia, rendición de cuentas, responsabilidad gubernamental y participación ciudadana. México.

Ruiz del Ferrier, C. (2017). (Comp.) Control de Políticas Públicas. La Cuestión de la transparencia y la transparencia en cuestión. Flacso Argentina.

Videos de las sesiones

Semana de la Transparencia Hídrica - 5a. Sesión (segunda parte) 30 de octubre 2020

Semana de la Transparencia Hídrica - 5a. Sesión (primera parte) 30 de octubre 2020

Semana de la Transparencia Hídrica - 4a. Sesión (segunda parte) 29 de octubre 2020

Semana de la Transparencia Hídrica - 4a. Sesión (primera parte) 29 de octubre 2020

Semana de la Transparencia Hídrica - 3a. Sesión (segunda parte) 28 de octubre 2020

Semana de la Transparencia Hídrica - 3a. Sesión (primera parte) 28 de octubre 2020

Semana de la Transparencia Hídrica - 2a. Sesión (segunda parte) 27 de octubre 2020

Semana de la Transparencia Hídrica - 2a. Sesión (primera parte) 27 de octubre 2020

Semana de la Transparencia Hídrica - 1a. Sesión (segunda parte) 26 de octubre 2020

Semana de la Transparencia Hídrica - 1a. Sesión (primera parte) 26 de octubre 2020

Repaso histórico del agua en México – Parte III (1970 a la fecha)

Adrián Pedrozo Acuña

Llegamos a la última parte de nuestra breve revisión del manejo del agua en la historia de México. Retomamos el relato a partir del parteaguas que significó la modificación del artículo 27 en 1970.

El optimismo tecnológico, común a las ideologías opuestas de los presidentes Cárdenas y Alemán, era el reflejo de la atracción por la infraestructura hidráulica de gran escala que se registró en todo el mundo, particularmente en los Estados Unidos de América y la en la Unión Soviética. Este fue el sello de la gestión del agua hasta finales del siglo XX, cuando los costos sociales y ambientales de estas obras comenzaron a hacerse evidentes en todo el planeta.

Aboites (2009) sitúa cronológicamente el cambio de modelo de gestión del agua en dos momentos del México moderno: la desaparición de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, en 1976, y la expedición de la Ley de Aguas Nacionales, en 1992. La desaparición de la SRH para dar paso a la creación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos mantuvo como objetivo principal la ampliación de la frontera agrícola con la novedad de considerar apoyos a la agricultura de temporal. Sin embargo, los ajustes legales y económicos de 1985 obligaron a esta dependencia a gastar menos y recaudar más. Durante estos años se produjo a nivel internacional el debilitamiento del estado de bienestar para dar lugar a las fuerzas del mercado y al papel preponderante de la inversión privada en la economía y la política económica nacionales, dejando al Estado como un regulador y promotor de las actividades privadas. La decisión de avanzar en el cobro de derechos de agua a todos los usuarios formó la motivación principal de las reformas implementadas dentro del sector hídrico nacional de la época.

El nacimiento de la Comisión Nacional del Agua (entonces CNA) se dio desde la Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica de la SARH, por un grupo de ingenieros que provenían de la Subsecretaría de Planeación de la SRH y más tarde del Plan Nacional Hidráulico. La CNA comenzó su vida siendo dependiente de la SARH, aunque en 1994 pasó del dominio agrícola al ambientalista. La reorientación del sector hídrico se establecía de acuerdo con la creciente inequidad en el acceso al agua, la cultura del despilfarro, la contaminación y sobreexplotación, la necesidad de consolidar la valorización económica del agua y la necesidad de involucrar a la sociedad en su manejo. Un rasgo llamativo de esta evolución fue el cambio de una función de construcción de infraestructura hacia una vocación más regulatoria de la Comisión. Adicionalmente, diversos estudiosos vinculan esta transición con el cambio del México rural al urbano, dando prioridad a los servicios públicos de agua y al uso industrial.

Justamente, una de las primeras medidas de esta naciente institución fue la transferencia de distritos de riego a los

Fecha de publicación:
24 de octubre de 2020

Manejo del agua en la historia de México

Núm. 27, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-27


Autor: Lucía Vergara García - Mina Peñasquito

agricultores, de igual manera como en los años ochenta, el gobierno federal se había deshecho de las juntas de agua y alcantarillado. Así, la antigua joya de la corona, los distritos de riego, pasaba a manos de los productores. El nacimiento de la CNA coincide con el adelgazamiento del sector hídrico nacional, nunca más se vería destinado el 15.7 % del presupuesto federal, tal como sucedió en el México de 1946 (Orive Alba, 1960). Por ejemplo, en 2004 se estimaba tan solo una sexta parte del presupuesto destinado en 1982.

En febrero de 1992, Carlos Salinas felicita al Congreso por aprobar la revisión del artículo 27 Constitucional, con la que se dio fin a 75 años de una reforma agraria por la que Zapata había luchado en la Revolución. En su discurso, manifestó que la reforma agraria hasta ese momento había logrado muchas de las metas de la "Ley Agraria" zapatista y había sobrevivido a su utilidad como un ejemplo mundial de justicia en un país predominantemente urbano y que no poseía más tierra para repartir. Esta transformación resultaba de la pérdida de capacidad de producción nacional de alimentos experimentada durante la década de los setenta. El resultado fue un rezago agrario en la emisión de títulos de propiedad para nuevos ejidos. Adicionalmente, los recursos dedicados para el subsidio de precios y la capacitación técnica no pudieron evitar la caída de la agricultura nacional, que para los años noventa albergaba a 30 % de la población, pero generaba tan solo el 7 % del Producto Interno Bruto (PIB). La iniciativa en materia de agua era coherente con la iniciativa que daba fin al reparto de tierras, el propósito era otorgar plenas garantías a la propiedad privada y a la inversión empresarial (Tellez Kuenzler, 1994).

Para esta modificación, Salinas conformó una alianza con organizaciones rurales y sindicatos, la mayoría agrupados en el Partido Revolucionario Institucional (PRI), el Partido Acción Nacional y académicos renombrados de la reforma agraria, como Arturo Warman, quienes apoyaron la revisión. Desde luego, ignoró los puntos de vista de la oposición, entonces conformada por el Partido de la Revolución Democrática (PRD). Su análisis también omitió un número importante de factores que explicaban el declive agrícola de México, especialmente en el ejido. Primero, las estimaciones del PIB no consideraban la producción para la subsistencia rural o el trabajo doméstico femenino; segundo, la revisión alemanista, hecha entre los años cuarenta y cincuenta, ya había logrado mucho de lo que Salinas quería, mutilando la reforma agraria Cardenista de los años treinta, y tercero, la modernización agrícola de México, que impulsó la Revolución Verde, resultó en inequidades sociales y económicas graves, en perjuicio de los ejidatarios y la autosuficiencia alimentaria de México.

Los cambios más trascendentales impulsados por la Ley de Aguas Nacionales de 1992 se

ubicaban en la atención a la calidad del agua y la posibilidad de que los empresarios privados se convirtieran en actores importantes para la construcción de grandes obras de infraestructura y la prestación de servicios. La creación de los consejos de cuenca y el Registro Público de Derechos de Agua (Repda) fueron los instrumentos clave para estimular la mercantilización del agua, utilizando los derechos amparados por las concesiones emitidas por la propia CNA.

Al igual que el general Cárdenas con la reforma agraria de los años treinta, Salinas también utilizó a la región de La Laguna como su modelo de prueba para la terminación de la misma en 1992. Una encuesta realizada por Raúl Salinas en la zona para demostrar el apoyo popular de la contrarreforma indicó que la disponibilidad de agua era el tema central que los ejidatarios querían resolver antes de que el gobierno implementara cualquier cambio. Los autores del estudio indicaban que 71 % productores encuestados señalaban la falta de agua como la causa de la no utilización de las zonas cultivables, mientras que 25 % y 21 % se lo atribuían a la falta de lluvia y a la falta de crédito, respectivamente (Salinas y Solís 1993). De forma irónica, la encuesta concluyó que los campesinos no tenían ninguna preocupación por la preservación del ambiente y el uso racional de los recursos naturales. Naturalmente, no se mencionaba cómo la falta de preocupación campesina se relacionaba con el boom gubernamental por la construcción de grandes presas a lo largo y ancho del territorio, cuyo propósito, en teoría, era también conservar el agua.

En 1994 se crea la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap, predecesora de la actual Semarnat), esfuerzo que representó en nuestro país la influencia más grande del ambientalismo mundial moderno iniciado en los años setenta. Sin embargo, tal y como se reconocía en 2002 por altos funcionarios, la protección ambiental estaba siempre acotada por la expansión del mercado, y se veía a los subsidios de agua potable y saneamiento como motivadores del descuido al medio ambiente, argumentando que la única posibilidad de inducir conciencia social era a través del aumento de las tarifas (La Jornada, 6 de diciembre de 2002, p.19).

De esta forma se planteaba el problema del agua no desde una perspectiva ambiental (escasez y contaminación), sino a través de criterios económicos, de eficiencia económica bajo consideraciones ambientalistas, argumentando que el involucramiento del Estado había dado lugar a la corrupción, la oscuridad y la ineficiencia vista hasta ahora. Así, se utilizaba al discurso del desarrollo sustentable como un mecanismo a través del cual se excluía a los grupos menos favorecidos y, en un argumento adicional, para que una élite local se beneficiara vorazmente del agua (Moreno Vázquez, 2006).

En los inicios del sexenio de Fox existía optimismo sobre la recaudación de recursos que se lograría por la cancelación de las exenciones de pago por derechos de agua a las actividades mineras y agropecuarias; situación que nunca mejoró. Adicionalmente, era evidente y sintomático que en todo el mundo la contaminación y sobreexplotación de acuíferos continuaba de forma desenfrenada. Así, el discurso ambientalista se quedó en meros deseos y, por el contrario, se favoreció

desde entonces la tendencia de concentración de agua en pocas manos y el debilitamiento de la autoridad federal. Por ejemplo, se calcula que entre 1990 y 2000 el 60 % de los derechos de agua de los ejidos de La Laguna pasaron a manos de empresas privadas, especialmente aquellas dedicadas a la industria lechera.

Incluso en esos años, organismos internacionales calificaban el manejo del agua en México como "insustentable", por no atender la sobreexplotación de acuíferos, por invertir poco en infraestructura y por no respetar las normas relativas a los usos del agua (OCDE, 2004). Cabe señalar que el marco jurídico impuesto por la LAN 1992 incorporaba elementos que dotaban al Estado de la capacidad de vigilancia y fiscalización de los diferentes usos de agua (p. ej., industrial, agrícola y público), pero su debilitamiento y el adelgazamiento dejó esas funciones solo en el papel y sin posibilidad real de implementarla o de darle seguimiento en el territorio.

Cabe mencionar que dentro del contexto mundial del año 2000 existía un auge por la privatización de los organismos encargados de otorgar el servicio de agua potable a las ciudades y municipios. Como resultado de este impulso global, en 2004 se generó una modificación a la Ley de Aguas Nacionales de 1992 (derogando el reglamento de 1994). Esta reforma modificó más de cien artículos y agregó otros que hicieron que la ley fuera poco operable en la realidad, por ejemplo, nunca se concluyó un reglamento sustituto que permita regular la fiscalización, las sanciones y las transferencias de concesiones de agua entre diferentes usos y usuarios, lo que abrió la posibilidad de crear un mercado negro del agua. Esta modificación reglamentó el título 6 y modificó el artículo 115 constitucional, para dar lugar a la responsabilidad municipal sobre los organismos operadores de agua, con miras claras a la privatización de estos servicios de agua y saneamiento. En el México moderno hay dos procesos fundamentales en la gestión del agua: el impulso a la asignación de agua en favor de las grandes empresas industriales y agrícolas (en virtud de la generación de inversiones) y el mantenimiento de niveles razonables de cobertura respecto a los servicios de abastecimiento y alcantarillado enfocado en ciudades. Con la debilidad manifiesta del Estado, no se cumplieron ninguno de los dos y, por el contrario, se generaron problemas con altos costos para el país, como son el acaparamiento del agua, organismos operadores quebrados financieramente y el descuido ambiental de nuestro entorno.

Existen quienes atribuyen parte del problema actual del sector a la corrupción endémica de autoridades encargadas de la toma de decisiones, pero cabe señalar que estas malas conductas y vicios se produjeron también desde el sector privado. Por esta razón, necesitamos todos, en conjunto, definir los principios de lo que debe ser la transición hídrica por la vida. Si hemos de poner a las personas y al medio ambiente en el centro de las decisiones, requerimos caminar juntos. El punto inicial de acuerdo es justamente la ética por la vida y el bienestar de todos. Para ello, la evidencia científica como soporte a las decisiones y la digitalización de la información del agua nos pueden ayudar a agilizar los procesos de transparencia y rendición de cuentas para reconstruir el tejido de

confianza entre gobierno y sociedad que, después de treinta años, está muy debilitado. Estamos aquí para transformar a México a través del uso sostenible del agua, con énfasis en el cierre de brechas de desigualdad, el desarrollo económico de todos y la conservación y recuperación del ambiente. Tarea de todos es escribir el resto de esta historia.

Referencias:

Aboites, L. 2009. La decadencia del agua de la nación. Estudio sobre la desigualdad social y cambio político en México – Segunda mitad del siglo XX. El Colegio de México.

Moreno Vázquez, JL. 2006. Por abajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945–2005. Hermosillo, El Colegio de Sonora, 507 pp.

OCDE, 2004. Evaluación del desempeño ambiental en México.

Orive Alba, A.,1960. La irrigación en México. Fondo de Cultura Económica. 293p.

Salinas de Gortari, R., Solís Gonzalez, J.L., 1994, Rural Reform in Mexico: The View from the Comarca Lagunera in 1993. Ejido Reform Research Project, Center for U.S.-Mexican Studies, UCSD, 53 páginas

Téllez Kuenzler, L. 1994. La modernización del sector agropecuario y forestal. Fondo de Cultura Económica. 307 p.

Repaso histórico del agua en México – Parte II (1917- 1970)

Adrián Pedrozo Acuña

La semana pasada hicimos un recorrido a través del periodo definido entre los años 1888 y 1917. Dando continuidad a la evolución del manejo del agua en la historia de México, en esta segunda parte retomamos nuestra historia a partir del parteaguas que significó la redacción del artículo 27 de la Constitución de 1917 que, como vimos, tuvo el mandato de llevar a cabo el reparto de agua y su conservación, además del reparto de tierra.

Fecha de publicación:
18 de octubre de 2020

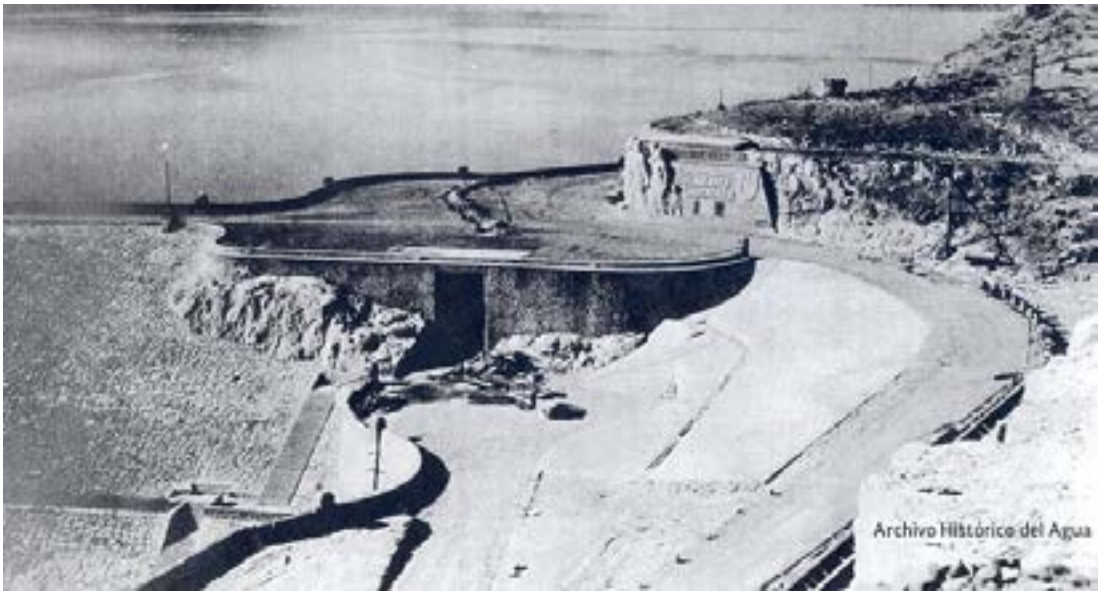
La evolución del manejo del agua en la historia de México

La cúspide de la implementación del artículo 27 en territorio mexicano quedó simbólicamente sellada por el evento del 6 de octubre de 1946, en el que el presidente Ávila Camacho, acompañado por el expresidente Lázaro Cárdenas y el secretario de Agricultura y Fomento, Marte R. Gómez, inauguró la presa que finalmente domaría las aguas del río Nazas en El Palmito, cumpliendo el sueño que los técnicos habían vislumbrado cincuenta años antes. La presa fue renombrada en honor al presidente Cárdenas por su papel en la implementación de la reforma agraria en el México posrevolucionario. En su discurso, Marte R. Gómez recordó la fecha del 6 de octubre de 1936 como el día agrario más importante en la historia del país, por la solución del problema de la distribución de tierra. Asistieron al evento cerca de veinte mil campesinos, muchos de los cuales eran beneficiarios de la reforma agraria, tras una larga década de espera por una fuente de abastecimiento segura y predecible, representada por la gran presa. Por diez años, el reparto de aguas había estado integrado al reparto de tierras; sin embargo, los retos ambientales y técnicos impuestos por el río Nazas forzaron a los técnicos de la época a diseñar e implementar ambas estrategias (reparto de agua y tierra) de manera separada en tiempo y espacio. De forma natural, en el periodo definido entre los años 1936 y1946, la Región Lagunera estuvo plagada de conflictos y tensiones sociales entre ejidos y pequeños productores por la forma en la que se iba a implementar ese reparto. En ese momento de nuestra historia, esta presa representaba una esperanza de impulso a la producción agrícola y un camino seguro al éxito de la implementación de la reforma agraria, ambos simbolizados por la enorme escultura del general Cárdenas y los campesinos, erigida a un costado de la presa por la Comisión Nacional de Irrigación (CNI).

Al iniciar el sexenio del presidente Miguel Alemán, el 1° de diciembre de 1946, surgió una transformación adicional del sector hídrico. Durante su mandato, el presidente Alemán ampliaría y fortalecería la función de la CNI, transformándola en la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH), el único ministerio en su tipo del continente, la cual tenía entre el 8 y el 11 % del presupuesto federal total. Si bien Alemán conservó el nombre de la presa como Lázaro Cárdenas, obra hidráulica diseñada para proveer de agua a los productores ejidales, optó por darle un giro al objetivo de la misma, dirigiendo la fuerza

Núm. 26, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-26



de la SRH y el agua de la presa hacia un propósito totalmente opuesto al del presidente Cárdenas.

A principios de ese mismo año dio inicio de forma intempestiva una sequía que persistiría por diez años sobre partes de Estados Unidos y la zona norte de nuestro país. Como resultado de los efectos de este evento, el presidente norteamericano, Franklin D. Roosevelt, estableció los distritos de conservación de suelo en su famoso New Deal. Lo que en México motivó la promulgación de una ley de conservación de suelo y agua durante el sexenio del presidente Ávila Camacho, cuyo propósito era la prevención de la erosión y las inundaciones. Curiosamente, esta ley definía la "conservación" del agua a través del represamiento de ríos y la construcción de bordos; es decir, no promovía la preservación del libre flujo de los ríos. La visión ingenieril de la época interpretaba como un defecto de la naturaleza los pulsos naturales en el caudal de los ríos, pues se le concebía como una fuerza destructiva y poco productiva.

La sequía trajo consigo niveles bajos en la presa, con registros que reportaban tan solo una fracción de su capacidad de almacenamiento. La agricultura de la región se volvió deficitaria desde el punto de vista hídrico, con lo que se incrementó considerablemente su dependencia sobre la extracción de agua subterránea. Esto a pesar de que el conocimiento hidrogeológico de la SRH había dictaminado por medio de decreto una serie de vedas para proteger al agua subterránea.

La falta de agua superficial por la sequía dio lugar a una tensión adicional entre los ejidatarios y el gobierno federal, el cual éste último aprovechó para presionar a los agricultores ejidales, acusándolos de presentar una resistencia a la tecnificación del riego y a la modernización de sus prácticas agrícolas. Este discurso fue el que conformó la reforma agrícola tecnocrática del presidente Alemán, diseñada para mutilar la progresividad social de la reforma agraria Cardenista. Sin lugar a dudas, las condiciones naturales complicadas desempeñaron un papel importante en esos años aciagos a mitad de la década de los cincuenta, pero la sequía fue tan solo uno más de los fenómenos perturbadores que colocaron a la región muy cerca del colapso socioeconómico. A esto debemos añadir la preferencia del Estado y del sector privado por el uso de tecnología ambientalmente invasiva en aras de un beneficio económico de corto plazo, políticas públicas que favorecieron la entrada y el establecimiento de la agroindustria altamente contaminante

y el correspondiente debilitamiento de los ejidatarios, así como la discriminación en su contra. El ejemplo ideal de la conjunción de estas condiciones está dado por la proliferación del negocio de las bombas para la extracción de agua subterránea, personificada nada más y nada menos que por el secretario de Agricultura y Fomento, Marte R. Gómez, quien a través de su posición de privilegio fomentó la proliferación de pozos de extracción y la sobreexplotación del acuífero, en detrimento de los pequeños productores que no podían acceder a este tipo de equipo.

En 1945, el gobierno revisó el Artículo 27 constitucional para situar al agua subterránea bajo dominio federal. Esta revisión, junto con la Ley de Conservación del Suelo y el Agua de 1946, tuvo poco efecto sobre la conservación del agua o cualquier otro recurso natural. México se encontraba en medio de un proceso de industrialización y expansión comercial, y la agricultura, siendo un sector clave, era preponderante sobre cualquier otra consideración ambiental. La política alemanista de importar en lugar de industrializar al país resultó en una época caracterizada por conflictos de interés y corrupción que dejó muchas leyes sin efecto (Gauss, 2013; Niblo, 1999). Marte R. Gómez fue el símbolo de esa época, al involucrarse en la promoción de bombas de extracción de agua subterránea, al mismo tiempo que ejercía funciones de secretario de estado. Este funcionario aprovechó para su beneficio personal la sequía de agua superficial, junto con la política de importación del gobierno federal, para abrir la puerta a la comercialización de equipos extranjeros que garantizaban el acceso al agua subterránea a los agroindustriales. Tan estrecho fue el lazo con la compañía encargada de manufacturar las bombas (Worthington), que una vez dejado el puesto de secretario de estado, Gómez se convirtió en prestanombres de la empresa en México y logró el establecimiento de una planta en el país (Cotter, 2003). Miguel Alemán inauguró dicha planta el 15 de mayo de 1951 en la Ciudad de México, evento que encarnó la operación del poder político a favor del poder económico, pues se utilizó todo el aparato del Estado para generar las condiciones más favorables para dicho establecimiento. Se otorgaron los permisos de importación y exención de impuestos a través de Hacienda y se utilizó la Ley de Fomento de Industrias de Transformación para facilitar el acuerdo. Se llegó incluso al grado de pagar, a través de la emisión de bonos serie B de Nacional Financiera, el 25 % del capital invertido en la instalación de esta empresa extranjera en nuestro país. Para el año 1954, las ganancias de Worthington de México se habían incrementado diez veces, de un millón a diez millones de pesos. Este "éxito empresarial" en tan corto tiempo fue resultado de las políticas favorables de importación del gobierno federal y del levantamiento de vedas de agua subterránea en virtud de la alta demanda del recurso en la región lagunera.

De forma paralela, después de la Segunda Guerra Mundial, se impulsó en México el uso de pesticidas y fertilizantes a gran escala, para lo que se implementó la llamada Revolución Verde. Inicialmente patrocinada por la fundación Rockefeller y bajo el auspicio del gobierno de México, esta iniciativa permitió la entrada de fertilizantes y semillas cuyo propósito, en teoría, era garantizar la seguridad alimentaria de la humanidad y reducir la pobreza rural y urbana. Evidentemente, el esfuerzo no solamente falló en este sentido, sino que ayudó a incrementar la desigualdad económica en México. Lo que es peor, después de ser un país autosuficiente en la producción de granos durante la década de los sesenta, en los setenta, México pasó a ser un país importador de alimentos, situación que continúa hasta nuestros días y que se ha agravado desde la ejecución del Tratado de Libre Comercio (Browning, 2013). Es importante señalar que el gobierno de México de esa época siempre fue un socio gustoso de los intereses extranjeros para la implementación de estas medidas; es decir, no fueron impuestas. En este sentido, como ya hemos visto, el papel de funcionarios faltos de ética, que después serían "exitosos empresarios", fue clave.

La modificación de 1945 al artículo 27 constitucional daba al Estado, en papel, la rectoría sobre el agua subterránea, pero desde entonces arrastramos una escasa capacidad de implementación y verificación en el territorio, ya sea para verificar las vedas de extracción o los volúmenes concesionados. Esto se debe a tres factores corrosivos: conflictos de interés entre los técnicos y sus inversiones en negocios de manufactura de equipos de bombeo, la insaciable demanda de agua de la agroindustria y la displicencia por los efectos de largo plazo de las actividades extractivas de corto plazo (Moreno Vázquez, 2006). Los efectos negativos de estas acciones afectaron gravemente y de forma desproporcionada a los más pobres, principalmente ejidatarios, a quienes siempre se les complicó el acceso al agua.

El periodo aquí descrito evidencia el gran daño que en la historia moderna del país ha

generado la corrupción rampante. Esta resulta de un comportamiento poco ético de técnicos y funcionarios públicos de alto nivel, encargados de administrar la nación, su tierra y su agua. Las similitudes con el estado actual de las cosas son muy grandes. Por esta razón, debemos aprovechar que esta administración busque el saneamiento de la vida pública nacional. Es obligación de todos participar y construir la transformación hídrica por la vida. La lección de este periodo de la historia nos indica algo que ya sabemos, pero que nos falta interiorizar: no es posible esperar resultados diferentes con las mismas políticas de antes. Parte del origen del problema relativo al agua y la tierra es su conveniente separación de las dimensiones sociales de equidad y justicia, lo que abrió la puerta a una visión económica en la que el que tiene más, posee mayor ventaja.

Es hora de corregir el rumbo y orientar la gestión del agua hacia la ética por la vida, poniendo en el centro de nuestras acciones el bienestar de las personas y el cuidado de nuestro entorno. Por ello, también es vital algo que desde el IMTA hemos impulsado: la incorporación de la ética en las decisiones en torno al agua por parte de los ciudadanos, los agricultores, los investigadores, los administradores y los inversionistas. Todos tenemos derecho al agua, y cumplimos una función en la sociedad para hacer que este elemento habilite el desarrollo económico equitativo y el cierre de brechas de desigualdad. Apoyemos las decisiones con evidencia científica y transparencia de datos para así avanzar junto con la ciudadanía en el diseño del México que todos queremos.

Referencias:

Cotter, J. 2003. Troubled Harvest: Agronomy and Revolution in Mexico, 1880-2002, Ed. Praeger, 424p.

Borwning, A. 2013. Corn, Tomatoes, and a Dead Dog: Mexican Agricultural Restructuring after NAFTA and Rural Responses to Declining Maize Production in Oaxaca, Mexico. Mexican Studies/Estudios Mexicanos 29(1):85-119, doi: 10.1525/msem.2013.29.1.85

Gauss, S.M., 2013. Made in Mexico: Regions, Nation, and the State in the Rise of Mexican Industrialism, 1920s-1940s, Penn State University.

Moreno Vázquez, JL. 2006. Por abajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945–2005. Hermosillo, El Colegio de Sonora, 507 pp.

Niblo, S.R., 1999. Mexico in the 1940s: Modernity, Politics, and Corruption, Rowman & Littlefield Publishers.

Repaso histórico del agua en México – Parte I (1888-1917)

Adrián Pedrozo Acuña

Actualmente existe en México un clamor social legítimo por transformar la manera en la que manejamos el agua. Diversos sectores sociales han manifestado su descontento con una perspectiva, cuyo origen se remonta a los años noventa y que, amparada en una visión tecnocrática, concibe al agua como un recurso a ser dominado técnicamente. Esto ha dado lugar a un debate intenso y abierto respecto a la dirección que debe tomar la evolución del marco de trabajo que se utiliza para tomar decisiones en torno al agua. Sin perder de vista que este es un elemento natural que provee vida, sustento a los ecosistemas y producción económica, necesitamos entablar una discusión constructiva que nos permita habilitar consensos y convergencias entre todas y todos los mexicanos.

Fecha de publicación:
11 de octubre de 2020

Decisiones en torno al agua

En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua pensamos que esta transformación, como la evolución de las instituciones y las personas, se debe dar a la luz de una revisión de la historia. Solamente entendiendo el origen del presente es que los procesos de transformación se pueden conducir de mejor manera. Por ello, dedicamos este blog a realizar una breve revisión histórica del sector hídrico nacional y su visión, desde la época previa a la Revolución Mexicana hasta nuestros días. En esta primera entrega abordamos el periodo entre 1888 y 1917.

Esta historia comienza con la importancia de los ingenieros federales durante los años de la Revolución Mexicana. Los técnicos, como se les conocía entonces, no actuaron solamente como diseñadores de la gran infraestructura hidráulica nacional (p. ej. presas), sino como mediadores del conocimiento entre el Estado y la sociedad.

El problema de la distribución inequitativa de tierra fue el gran motivo de la Revolución Mexicana y del mandato del artículo 27 en la Constitución de 1917. El Estado mexicano posrevolucionario distribuyó entre 1917 y1922 casi la mitad de la tierra cultivable y 60 % de la propiedad rural a cerca de treinta mil ejidos. El artículo 27 también mandataba el reparto de agua y su conservación, como acciones indispensables de la reforma agraria. Para lograrlo, el México posrevolucionario eligió la construcción de grandes presas que rápidamente expandieron el riego para la agricultura. Ya desde esta época, y al igual que en todo el mundo, el sector agrícola dominaba el consumo de agua, con el 77 % nacional, aunque este número sea incluso mayor en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país, que conforman dos terceras partes del territorio nacional.

Quizás un área en la que esta dependencia por el agua se ha visto más pronunciada es en la región de La Laguna, entre los

Núm. 25, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-25



Foto: Eduardo Francisco Vazquez Murillo

estados de Durango y Coahuila. La relación de esta zona con el río Nazas es muy similar a la relación de la civilización egipcia con el río Nilo. Históricamente, las aguas torrenciales de este río eran aprovechadas por los pobladores bajo un método de riego conocida como aniego, que consiste en inundar la tierra. Este método hizo de La Laguna el productor número uno de algodón en el país para el año 1900, y del río Nazas uno de los ríos más importantes. Esta es la razón por la que la zona se convirtió en un campo de batalla durante los años 1920 a 1930. Hasta el desarrollo tecnológico del bombeo motorizado a gran escala y la construcción de grandes presas, durante los años 1930-1940, el aniego era considerado ecológicamente sustentable, pero socialmente inequitativo. A partir de los años cincuenta llegó a la región la industria lechera, que es hídricamente más intensiva. Esto dio lugar al abandono del aniego como técnica predominante a través del impulso de proyectos de modernización de la infraestructura de riego, que consistía principalmente en el revestimiento de los canales con concreto. Con ello se dio paso a la transformación de la región del oro blanco del algodón al oro blanco de la leche (Cerutti y Rivas Sada, 2008).

Parte de esta transformación fue originada por el apóstol de la democracia, Francisco I. Madero, quien, en el año de 1906, fue el primero que públicamente abogó por la construcción de una presa en el río Nazas. Este sueño, culminado en 1936 por el General Lázaro Cárdenas, durante su implementación de la reforma agraria, representó la pieza tecnológica clave de esta transformación revolucionaria en La Laguna. El General Cárdenas asignó la tarea de ejecutar este proyecto a 300 técnicos, muchos de ellos estudiantes. Fueron ellos los responsables de la distribución de más de 200,000 hectáreas provenientes de 226 ranchos algodoneros y de trigo, en beneficio de 1,700 pequeños productores y cerca de 30,000 familias campesinas incluidos en los recién creados 300 ejidos. Todo esto en un tiempo récord de seis semanas, tres de las cuales fueron directamente supervisadas por el General Cárdenas.

Los medios de comunicación de la época, entre los que destacaba el periódico Washington Daily News, bautizaron a la reforma agraria cardenista como el experimento social más avanzado del hemisferio occidental (Washington Times, Nov. 21, 1936). El reparto de tierra fue rápido y relativamente sencillo, no así el reparto de agua, el cual resultó ser un reto mayúsculo e inacabado. Como resultado de esto, la mayor parte de los beneficiarios en el reparto de tierras sufrieron la contaminación del agua y un acceso desigual a las escasas y frágiles fuentes de abastecimiento. Algunos estudiosos de la región consideran que estas inequidades persisten hasta nuestros días, con algunas referencias locales que le denominan acuifundio, una versión hídrica del latifundio y que conforma una clara división social entre los que tienen acceso al agua y los que no.

Los que tienen acceso al agua son generalmente los terratenientes privados que pueden pagar la instalación y mantenimiento de sus pozos de bombeo, y que en consecuencia tienen la capacidad económica y técnica para perforar a mayores profundidades. Los que se han

quedado atrás en el acceso al agua, generando además una brecha social importante, son generalmente los pequeños productores agrupados en los ejidos, que no pueden pagar las bombas para acceder al agua. Estos productores dependían directamente de la llave tecnológica que representó la construcción de la presa en el río Nazas.

La visión surgida de los técnicos de los años treinta tuvo como punta de lanza la creación de la Comisión Nacional de Irrigación por Plutarco Elías Calles, institución en la que los ingenieros civiles se convirtieron en los promotores del progreso tecnológico para dominar la naturaleza en favor de los seres humanos, a veces con consecuencias no deseadas. El México posrevolucionario dio lugar a la relación intrínseca entre el desarrollo tecnológico y el desarrollo socioeconómico. Durante ese siglo, los expertos veían a la naturaleza y a la sociedad como elementos pasivos, a ser mejorados o dominados a través del conocimiento. Así, los técnicos se convirtieron en mediadores entre el Estado y la sociedad, cuya función, además de traducir el mensaje, consistió en introducir sus propias agendas para el desarrollo de infraestructura a través de su rol clave con los tomadores de decisión.

Este privilegio de los técnicos dotó a algunos de ellos con una reflexión que les obligó a cuestionar sus conocimientos y a volverse impulsores de la conservación del medio ambiente. Fue el caso de Miguel Ángel de Quevedo, apóstol del árbol, que persiguió constantemente el fomento del paternalismo ecológico con diversos presidentes. Este esfuerzo primigenio indicaba la obligación del Estado para conservar los bosques frente a la expansión irracional de técnicas agrícolas no sustentables. De hecho, uno de sus grandes éxitos fue incluir una visión conservacionista en el artículo 27 de la Constitución de 1917, lo que a su vez dio lugar a la aprobación del código forestal en 1926 (Quevedo, 1943). Esta innovación puso a la Constitución de 1917 a la vanguardia mundial, combinando los derechos sociales y ambientales en el articulado de una carta magna.

Si bien este logro señalaba que la Nación estaba obligada a conservar y prevenir la destrucción de los recursos naturales de interés público, no especificaba cómo el Gobierno podría regular la eterna batalla entre la demanda popular por el desarrollo agrícola y la conservación de la naturaleza. Tampoco especificaba la relación de la Nación con sus recursos naturales. En ese entonces, el mismo artículo reconocía la posibilidad de la nacionalización de los recursos naturales y al mismo tiempo su privatización, salvo en aquellos casos en los que el Estado los determinaba de interés público. Esto necesariamente dio espacio para que continuara la tensión entre fuerzas reformistas y conservadoras, cuyo origen se remonta a 1821 (Núñez-Luna, 2011).

La aproximación al agua que resultó de la Revolución Mexicana no dejó de ser confusa, pues, en su artículo 27, los autores incluyeron el agua superficial y no el agua subterránea, que fue definida como "agua extraída de las minas". Aboites (1998) define la condición inicial de su análisis en 1888, cuando Porfirio Díaz promueve una ley para poner bajo dominio federal los ríos navegables, garantizando así el control sobre el río Nazas y facilitando su uso a la compañía algodonera de Tlahualilo. Aboites termina su análisis en el año 1946, definido por el reemplazo de la Comisión Nacional de Irrigación con la creación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos que, en ese entonces, era el único ministerio del agua en su tipo en todo el continente. Este reemplazo simbolizó la importancia que el México posrevolucionario dio al agua como un recurso estratégico. Estudios como el de Aboites nos demuestran la compleja relación entre la política hídrica y agraria, con los cambios tecnológicos en la ingeniería del agua. La federalización del agua comenzó con Porfirio Díaz, quien en 1910 impulsó la ley sobre los aprovechamientos de aguas de jurisdicción federal, extendiendo el alcance de la ley de 1888.

De hecho, tanto la ley de 1910 como el artículo 27 de la Constitución de 1917 daban la rectoría sobre el agua al Estado mexicano para distribuirla como un bien público a su discreción. El artículo 27 fue incluso más allá al definir al agua como inequívocamente perteneciente al pueblo de México y no simplemente como un dominio público manejado por el Estado, como aparecía en la ley de 1910. Clave para esta nueva definición del artículo 27 fue definir el acceso popular al agua como un derecho social. En México, siendo el agua un recurso más escaso que la tierra, esta ha sido siempre igualmente valiosa, lo que explica la gran cantidad de intereses invertidos en ella y las decisiones relativas. Al estipular que todos los ciudadanos tienen acceso a la tierra y el agua, el artículo 27 dio en términos prácticos el mandato para la redistribución de la riqueza hacia la mayoría más pobre del país mientras que la ley de 1910, a pesar de ser una ley progresista para su tiempo, no mandataba esta redistribución.

Después de todo, fue la Revolución Mexicana la que hizo posible definir al agua como propiedad de la nación. En 1917, la Constitución sintetizó la lucha del zapatismo y el villismo a través de su artículo 27, que incluía la causa de la justicia social por la que habían luchado en la Revolución.

La revisión histórica del agua en México no nos deja lugar a dudas, el agua siempre ha sido más que un recurso abstracto sobre el que el Estado reclama su jurisdicción con miras a promover el desarrollo y crecimiento económico; es también una necesidad tangible que el Estado debe manejar y supervisar bajo principios que promuevan su acceso y distribución equitativa, así como la justicia social. Conocer la historia nos permite saber de dónde venimos como nación, para saber con mayor claridad a dónde nos queremos dirigir en conjunto y en beneficio de todas y todos, sin distinción de raza o condición social. Ese es el reto.

Referencias:

Aboites, L. 1998. El Agua de la Nación, El Colegio de México.

Cerutti, M y Rivas-Sada, E. 2008. La construcción de la cuenca lechera en La Laguna (1948-1975), Estudios sociales (Hermosillo, Son.) 16 (31), 165-204

Nuñez-Luna, Water Law and the Making of the Mexican State, 1857-1917, PhD. Thesis, Harvard University, USA.

Quevedo de, MA, 1943, Relato de mi vida. 92p.

El acaparamiento del agua: un problema global

Adrián Pedrozo Acuña

El siglo XXI inició en una situación definida por sociedades que deben adaptarse a un mundo en constante cambio, con recursos naturales limitados, con un acelerado incremento poblacional y con la expansión de sistemas de producción que requieren un uso muy intensivo de materiales, energía y agua, y que generan residuos y contaminación (Rockström et al., 2009; Ravera et al., 2014). En este contexto, que incrementa la necesidad de alimentos, combustibles y fibras, las grandes corporaciones agroindustriales han aumentado, a su vez, la presión que ejercen sobre la Tierra y sus recursos, particularmente en países en vías de desarrollo, donde las amplias áreas agrícolas se consideran de bajo desempeño.

Fecha de publicación:
04 de octubre de 2020

La expansión de sistemas de producción que requieren un uso muy intensivo de materiales, energía y agua, y que generan residuos y contaminación

Existe un movimiento documentado de empresas transnacionales que se han concentrado en adquirir tierra en países en vías de desarrollo (p. ej., Cotula, 2009, Byerlee y Deininger, 2013). Este fenómeno, bautizado como "acaparamiento de tierra" o "fiebre global por la tierra", ha llamado la atención de los medios de comunicación, organizaciones de la sociedad civil e instituciones académicas. Esto ha dado lugar a un cuerpo emergente de conocimiento que estudia y analiza las transformaciones asociadas a las adquisiciones de tierra de gran escala (ATGE) y a la dinámica de poder que resulta del acceso/uso de la tierra y sus recursos (p. ej., Borras et al., 2011, De Schutter, 2011, Cotula, 2013). Los trabajos más recientes han presentado resultados relativos a los impactos de este fenómeno sobre el bienestar de las comunidades rurales (Davis et al., 2014, D'Odorico y Rulli, 2014, Oberlack et al., 2016), la seguridad alimentaria (D'Odorico y Rulli, 2013) y el desarrollo sustentable (Dell'Angelo et al., 2018). Adicionalmente, se han identificado como factores determinantes en el impulso de este fenómeno a la especulación financiera (Fairhead et al., 2012) y a la producción de energía (Scheidel y Sorman, 2012).

Sin embargo, como resultado del trabajo inquisitivo de investigación sobre el ATGE, ha surgido de forma natural una hipótesis alternativa: ¿Es posible que esta fiebre mundial por la adquisición de tierra sea resultado de la necesidad de agua, más que de la necesidad de tierra en sí misma? (Skinner y Cotula, 2011, Allan et al., 2012, GRAIN, 2012, Mehta et al., 2012, Woodhouse, 2012, Franco et al., 2013).

El agua es un elemento natural que, como sabemos, es clave para el desarrollo económico de todas las sociedades. En el mundo globalizado, un mecanismo poco estudiado de apropiación de agua es el que está asociado justamente a las grandes inversiones de la agroindustria. Entender el problema de la adquisición de tierra a través de un lente hidrológico nos provee una manera alternativa de evaluar los impactos que resultan de la compra de grandes extensiones de tierra y de los países que hacen y reciben la inversión económica. Para

Núm. 24, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-24



ello, se usan conceptos como el de huella hídrica, abordado en este blog, que nos permite entender la dinámica de la globalización y su impacto sobre el agua (Rulli et al., 2013, Rulli and D'Odorico, 2013, Breu et al., 2016).

Rulli et al. (2013) presentaron una primera evaluación de la apropiación global del agua a través de la ATGE, estimando la cantidad de agua apropiada a través de la producción de cultivos en tierras adquiridas, así como sus efectos potenciales en la seguridad alimentaria de los países que reciben la inversión económica. En otras instancias, el término de acaparamiento de agua se utiliza para identificar la apropiación directa de agua en los territorios, por ejemplo, por actividades relativas a la generación de energía eléctrica (Islar, 2012) o a la minería (Sosa y Zwarteveen, 2012). De hecho, existe cierta ambigüedad en la manera en la que se define al acaparamiento del agua en la literatura. En parte, esta confusión se debe a que el término se ha utilizado para referirse a diferentes formas de apropiación de agua y para describir distintas dinámicas.

¿Qué es el acaparamiento de agua?

Como se ha dicho, el concepto de acaparamiento de agua se ha utilizado para describir diferentes fenómenos. El común denominador entre las definiciones incluye aspectos relativos a la injusticia y a un desequilibrio de poder entre los diferentes actores dentro de un territorio. Así, el acaparamiento de agua determina algo diferente de la apropiación, explotación, extracción, consumo y uso de agua. Involucra la noción de un "acaparador" y un "despojado"; es decir, una dinámica de usurpación que tiene su base en un desequilibrio de poderes entre los sujetos que pierden y los que ganan de forma injusta. La definición de acaparamiento de agua se ocupa de la cuestión ética de cuándo es apropiado definir un caso particular de tipología de extracción de agua como "acaparamiento". También se enfoca en la pregunta biofísica de cómo cuantificamos o identificamos la apropiación de un elemento que por su naturaleza es fluido, renovable y difícil de cuantificar (Rodríguez-Labajos y Martínez-Alier, 2015).

El esfuerzo más completo de sistematización de las definiciones de este concepto está registrado en el número especial de Water Alternatives (Mehta et al., 2012), con 14 artículos que lo abordan desde diferentes perspectivas. El común denominador, una vez más, son las situaciones de desequilibrio de poder en la apropiación de agua, generalmente en perjuicio de los usuarios locales y sus derechos consuetudinarios. Mehta et al. (2012) definen al acaparamiento de agua como una situación en la que actores poderosos son capaces de tomar control del agua y reasignar para su propio beneficio los derechos utilizados por comunidades locales y ecosistemas acuáticos que sustentan su vida.

El concepto de huella hídrica (cantidad de agua utilizada para crear un bien o servicio) se define de forma típica para los usos consuntivos del agua. Es por ello que este concepto puede ser utilizado para referirse a las apropiaciones y acaparamiento de agua que implican un uso consuntivo (p. ej., agricultura, minería, etc.). Más aún, en algunos casos, los usos no consuntivos pueden ser también incluidos en virtud de que el agua es regresada al ambiente con una calidad deteriorada, a una elevación diferente o en otra ubicación.

¿Qué tipo de agua es acaparada?

El agua dulce del planeta se encuentra almacenada en los casquetes polares, bajo tierra (p. ej. en los acuíferos), en el suelo somero (p. ej. humedad del suelo de la zona de raíces de la mayoría de las plantas) y en los cuerpos de agua superficiales (p. ej., ríos, lagos, lagunas y embalses).

Los casquetes polares no contribuyen a la mayoría de los usos productivos del agua hasta que el hielo es derretido y se transforma en agua superficial y subsuperficial. La humedad del suelo en la zona de raíces, conocida también como agua verde (Falkenmark et al., 1989), es solamente aprovechada por las plantas y los organismos que habitan en el suelo, y contribuye, por tanto, a la productividad de los ecosistemas terrestres. El agua almacenada en los acuíferos y cuerpos de agua superficiales es definida como agua azul, y puede ser extraída en grandes cantidades por medio de pozos, canales y tuberías para ser conducida a fábricas, campos agrícolas, comunidades y ciudades. Así, mientras que el agua verde está atada a la tierra, el agua azul puede ser transportada. La agricultura puede depender exclusivamente del agua verde (p. ej. temporal) o de ambas: verde y azul (p. ej. riego). De esta forma, la adquisición de tierra para cultivo está directamente asociada con la apropiación de agua verde, aunque si los inversionistas construyen infraestructura de riego, también es probable que se apropien de agua azul. En otras palabras, el acaparamiento de tierra es también acaparamiento de agua verde, con potencial de convertirse en acaparamiento de agua azul, si los inversionistas riegan la tierra.

El vínculo entre la escasez hídrica y la seguridad alimentaria es evidente: la agricultura de riego representa el mayor consumidor de agua azul, con cerca del 69 % de las extracciones anuales globales y el 92 % del consumo (Richter, 2014).

Entender las implicaciones hidrológicas del vínculo entre agua y producción de alimentos, que además se da como resultado de las ATGE y la exportación/importación de bienes y productos, es una de las actividades más importantes para los investigadores del sector hídrico nacional. A pesar de la dificultad que pueda implicar evaluar la dimensión hídrica de problemas asociados con la tenencia de la tierra y su apropiación, esto deberá ser materia de estudio, dada la realidad que apreciamos en el mundo (Breu et al., 2016). Una vía necesaria, ya identificada por este gobierno, es andar hacia decisiones más transparentes, con base ética, incluyentes y participativas.

Nuestra responsabilidad, como Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, es proveer las herramientas y métodos con base en conocimiento científico de punta, que permitan la construcción de un marco de trabajo que identifique la probabilidad de acaparamiento de agua (verde y azul), sea como resultado de la presencia de ATGE o por el uso de conocimiento anticuado.

La importancia de atender este tema estriba en que el despojo de agua de las comunidades rurales o periurbanas en favor de grandes usuarios agrícolas o industriales tiene el potencial de convertirse en un límite a la producción económica. Para evitarlo es necesario garantizar el acceso al agua de las comunidades y el uso sustentable por parte de los grandes usuarios que comparten el mismo territorio. Esta es una razón más para incluir la ética en las decisiones en torno al agua.

De hecho, el acaparamiento de agua azul puede ser definido como una apropiación

no ética de agua, considerándola poco ética cuando ésta se realiza en regiones con escasez hídrica y erosiona los derechos humanos. La literatura global sobre ATGE intenta responder a la pregunta clave de si este tipo de sistemas de gran escala tiene un impacto positivo o negativo sobre la seguridad alimentaria de los países con altos índices de desnutrición y escasez de agua (Schiffman, 2013). La misma pregunta es relevante para el estudio del acaparamiento de agua. En general, es poco claro si la transformación agraria de pequeños productores con sistemas tradicionales hacia sistemas industrializados ha tenido un impacto positivo en la seguridad alimentaria de países o regiones con escasez hídrica.

El fenómeno emergente de acaparamiento de agua nos impone la necesidad de dedicar mayores esfuerzos de investigación a la generación de conocimiento de punta y su utilización en la toma de decisiones. Es vital que recorramos este camino con un paso más acelerado para hacer del agua el motor de desarrollo económico equitativo que México requiere.

Referencias:

Allan T., M. Kerlertz, S. Sojamo, J. Warner, Handbook of Land and Water Grabs in Africa: Foreign Direct Investment and Water and Food Security, Routledge, London (2012)

Borras Jr. S.M., et al. Towards a better understanding of global land grabbing: an editorial introduction, J. Peasant Stud., 38 (2) (2011), pp. 209-216

Breu T., C. Bader, P. Messerli, A. Heinimann, S. Rist, S. Eckert, Large-scale land acquisition and its effects on the water balance in investor and host countries, PLoS One, 11 (3) (2016)

Byerlee, D., K. Deininger Growing resource scarcity and global farmland investment, Ann. Rev. Resour. Econ., 5 (1) (2013), pp. 13-34

De Schutter O., Green Rush: The Global Race for Farmland and the Rights of Land Users, 52, The. Harv Int'l LJ (2011), p. 503

Cotula, L. (2009) Land Grab or Development Opportunity? Agricultural Investment and International Land Deals in Africa

Cotula, L. (2013), The new enclosures? Polanyi, international investment law and the global land rush, Third World Q., 34 (9) pp. 1605-1629

Davis K.F., P. D'Odorico, M.C. Rulli Land grabbing: a preliminary quantification of economic impacts on rural livelihoods, Popul. Environ., 36 (2) (2014), pp. 180-192

Dell'Angelo, J., M.C. Rulli, P. D'Odorico, Threats to sustainable development posed by land and water grabbing, Curr. Opin. Environ. Sustain. (2018)

D'Odorico, P., M. Rulli, The land and its people, Nature Geoscience, 7 (5) (2014), pp. 324-325, 10.1038/ngeo2153

D'Odorico, P., M. Rulli, The fourth food revolution, Nat. Geosci., 6 (6) (2013), pp. 417-418

Fairhead J., M. Leach, I. Scoones, Green grabbing: a new appropriation of nature? J. Peasant Stud., 39 (2) (2012), pp. 237-261

Falkenmark M., J. Lundquist, C. Widstrand, Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: Aspects of vulnerability in semi-arid development, Nat. Res. Forum, 13 (4) (1989), pp. 258-267

Franco J., L. Mehta, G.J. Veldwisch, The global politics of water grabbing, Third World Q., 34 (9) (2013), pp. 1651-1675

GRAIN Squeezing Africa dry: Behind Every Land Grab is a Water Grab, Barcelona. Available online at

https://www.grain.org/article/entries/4516-squeezing-africa-dry-behind-every-land-grab-is-a-water-grab (2012)

Islar M., Privatised hydropower development in Turkey: a case of water grabbing? Water Altern., 5 (2) (2012), p. 376

Mehta, L., G.J. Veldwisch, J. Franco Introduction to the Special Issue: water grabbing? Focus on the (re)appropriation of finite water resources, Water Altern., 5 (2) (2012), p. 193

Oberlack, C., L. Tejada, P. Messerli, S. Rist, M. Giger, Sustainable livelihoods in the global land rush? Archetypes of livelihood vulnerability and sustainability potentials, Glob. Environ. Chang., 41 (2016), pp. 153-171

Ravera, F. , A. Scheidel, J. Dell'Angelo, G. Gamboa, T. Serrano, S. Mingorría, V. Cabello, N. Arizpe, P. Ariza, Pathways of rural change: an integrated assessment of metabolic patterns in emerging ruralities, Environ. Dev. Sustain., 16 (4) (2014), pp. 811-820

Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F.S. Chapin, E.F. Lambin, T.M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H.J. Schellnhuber, B. Nykvist. A safe operating space for humanity, Nature, 461 (7263) (2009), pp. 472-475

Rodríguez-Labajos B., J. Martínez-Alier, Political ecology of water conflicts Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 2(5) (2015), pp. 537-558

Richter B., Chasing Water, Island Press, Washington, DC (2014)

Rulli, M.C., A. Saviori, P. D'Odorico, Global land and water grabbing, Proc. Natl. Acad. Sci., 110 (3) (2013), pp. 892-897

Rulli, M.C., P. D'Odorico, The water footprint of land grabbing, Geophys. Res. Lett., 40 (23) (2013), pp. 6130-6135

Scheidel, A., A.H. Sorman, Energy transitions and the global land rush: ultimate drivers and persistent consequence, Glob. Environ. Chang., 22 (3) (2012), pp. 588-595

Schiffman R., Hunger, food security, and the African land grab, Ethics Int. Aff., 27 (3) (2013), pp. 239-249

Skinner, J., L. Cotula, Are land deals driving 'water grabs' Briefing: The Global Land Rush, IIED, London (2011) http://pubs.iied.org/1702IIED.html

Sosa M., M. Zwarteveen, Exploring the politics of water grabbing: the case of large mining operations in the Peruvian Andes, Water Altern., 5 (2) (2012), p. 360

Woodhouse P., Foreign agricultural land acquisition and the visibility of water resource impacts in Sub-Saharan Africa Water Altern., 5 (2) (2012), p. 208

Equidad hídrica: distribución justa del agua por comunidad

Adrián Pedrozo Acuña

Existe en el mundo una urgente necesidad por trascender el marco de trabajo generado durante los últimos cuarenta años, denominado Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), que tiene su base en una visión tecnocrática, la cual deja las decisiones relativas al agua exclusivamente en las manos de expertos. Este marco de trabajo, a pesar de haber sido útil, carece de dimensiones sociales que permitan evaluar y anticipar los impactos de las decisiones en una comunidad determinada.

Fecha de publicación:
30 de agosto de 2020

Distribución justa del agua por comunidad

El número y nivel de conflictos hídricos que se aprecian en el mundo nos indican que es importante agregar a los conceptos de eficiencia y sustentabilidad ambiental en el uso del agua consideraciones relativas a la justicia en la distribución del vital líquido. Cuando hablamos de sustentabilidad ambiental, utilizamos principalmente la perspectiva geográfica sobre el uso del agua, mientras que cuando nos referimos a la eficiencia hídrica, nos enfocamos más bien en las características de la producción. Ahora bien, en el momento en que introducimos el concepto de equidad, tomamos principalmente la perspectiva desde el consumo. La pregunta clave es: ¿Qué comunidades son las que se benefician del agua utilizada en una región? Por ejemplo: el agua que se utiliza en México para la producción de maíz de exportación a los Estados Unidos de América, donde ese maíz se utiliza para la producción de bioetanol, que servirá para proveer de energía a vehículos todo terreno de alto consumo. En este punto conviene cuestionarnos si es justo utilizar la escasa agua de una comunidad de bajos recursos para proveer de bienes y servicios a otra con mayor capacidad económica. Por lo general, los agricultores más ricos de un país son los que usan los mayores volúmenes de agua para producir cultivos de exportación a una escala industrial, lo que genera el abatimiento de niveles freáticos y dificulta el acceso al agua a pequeños agricultores locales, cuyos productos son para consumo doméstico. La lógica económica es clara: los grandes productores usan el agua con mayor eficiencia (dada su capacidad económica para acceder a la tecnología), producen más, de mejor calidad y con mejor valor que los pequeños agricultores. Además, por exportar sus productos, acceden a ganancias en dólares.

El otro lado de la moneda consiste en que la escasa agua que se utiliza de forma eficiente sirve a consumidores en cualquier lugar del mundo que son capaces de pagar, en lugar de ser utilizada para producir alimentos para consumidores locales más pobres. Por lo tanto, la equidad en el uso del agua es un criterio adicional muy necesario, que debe ser considerado en la distribución del agua dentro del territorio. En este punto, cabe señalar que la producción para exportación no es necesariamente injusta o inmoral, pero es importante poner sobre la mesa quién es el beneficiario final de los patrones de distribución del agua en un territorio, de tal manera que eso pueda ser considerado en las decisiones sobre su distribución.

Núm. 19, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-19



Diferencias de huella hídrica por comunidad

A inicios del siglo XXI, el promedio individual de huella hídrica en el mundo era de 1,385 m^3/año (Hoekstra y Mekonnen, 2012). A pesar de este valor, existen todavía diferencias muy grandes entre la huella hídrica que encontramos entre los países y al interior de estos en las comunidades. La huella hídrica a nivel personal en los Estados Unidos de América es de 2,842 m^3/año, que representa más del doble de la media global, mientras que los ciudadanos de India y China tienen un consumo anual promedio de 1,071 y 1,089 m^3/año, respectivamente. El valor de huella hídrica individual agregado globalmente nos ha llevado al punto donde nos encontramos: sobreexplotación del agua en la mitad de las cuencas del mundo y con niveles de contaminación que exceden la capacidad de asimilación de los cuerpos de agua en al menos dos tercios de las cuencas del mundo.

Podemos intentar cambiar el peso de la producción de cuencas y acuíferos sobreexplotados a los que no lo están, de tal suerte que sea posible encontrar un mejor balance entre el consumo de agua y su disponibilidad real, además de balancear las necesidades humanas respecto a la conservación ambiental. De esta forma se abre una posibilidad que permite distribuir de una manera más sabia la huella hídrica global. Sin embargo, es difícil imaginar que con el nivel de consumo actual podamos acceder a la sustentabilidad. Por esta razón, aunada a la reducción del crecimiento poblacional, la reducción de la huella hídrica per cápita aparece en la agenda ambiental.

Contracción y convergencia: una necesidad

De acuerdo con el escenario medio de población de la Organización de las Naciones Unidas, se espera que la población mundial crezca de 6,100 millones de personas en el año 2000 a 9,800 millones en el año 2050 y 11,200 millones para el fin de este siglo (ONU, 2017). Esto indica que, si queremos que la huella hídrica per cápita global no aumente, tenemos que reducirla de 1,385 m^3 en el año 2000, a 870 m^3 en el año 2050 y 760 m^3 en el año 2100. Esto también es cierto en un escenario de baja fertilidad, en el que la población aumenta a 8,800. millones en el 2050, lo que determina una huella hídrica per cápita de 970 m^3 para que esta no aumente respecto a los niveles del año 2000. En un escenario de mayor fertilidad, la población mundial alcanza los 16,200 millones de personas en 2100, lo que deja disponible tan solo una huella hídrica de 515 m^3/año por persona. En la actualidad no existe en el mundo ningún país con una huella hídrica per cápita tan pequeña.

Por esta razón, es necesario emprender la ruta hacia la contracción y convergencia de las huellas hídricas nacionales, pues de otra forma seguiremos el camino hacia las desigualdades y el empeoramiento de los conflictos hídricos en todo el mundo. Si asumimos una huella hídrica equitativa entre todos los ciudadanos del mundo, el reto para países como China e India consiste en reducir en este siglo su huella hídrica per cápita en un 30 % respecto a la línea base del año 2000. En el caso de países como EUA, la reducción es aún mayor: del orden de 73 %. Evidentemente, la tecnología por sí sola no será suficiente para alcanzar estas metas.

Tres rutas hacia una distribución del agua más equitativa

Podemos identificar tres posibles rutas complementarias para acceder a una distribución más equitativa del agua en el planeta: 1) asignar agua para las necesidades básicas de las personas y crear incentivos para los consumidores que tienen huellas hídricas grandes para ajustar sus patrones de consumo; 2) producir y consumir bienes de forma más eficiente, de tal manera que dado un cierto volumen de agua tengamos más comida y otros bienes intensivos desde el punto de vista hídrico, y 3) establecer cadenas de comercio para bienes que requieren mucha agua, de países con abundancia de agua hacia países con escasez hídrica, en solidaridad con las personas en las regiones del mundo más estresadas hídricamente.

A pesar de que existen grandes oportunidades para ahorrar agua por medio de una producción más eficiente y un comercio inteligente entre naciones ricas y pobres desde el punto de vista hídrico, debemos reconocer que existen límites al crecimiento. Además, existen límites al mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua por parte de los agricultores, en virtud de la trampa que representa la tentación de utilizar el agua ahorrada para producir más (beneficio económico). Esto por lo general resulta en un mayor estrés hídrico para las fuentes de abastecimiento. La importación de productos generados en zonas del mundo con escasez de agua tiene un efecto similar: si las personas tienen capacidad económica para adquirir esos productos, esta no provee ningún incentivo para atemperar el consumo. Por ejemplo, en un país con un altísimo estrés hídrico, como Arabia Saudita, los ciudadanos consumen dos terceras partes de la huella hídrica de otros países y poco han hecho para reducirla, con un valor que representa 1.34 veces el promedio global (Hoekstra y Mekonnen, 2012). Por lo tanto, sí es necesario promover un uso eficiente del agua y un comercio más inteligente desde el punto de vista hídrico, pero definitivamente también debemos examinar nuestros patrones de consumo.

Para la mayor parte de países en vías de desarrollo, el reto es tripartita: mejorar la productividad hídrica en la agricultura, asegurar que la industria utilice las mejores prácticas y tecnología para el uso del agua y mover a su población hacia dietas con bajo consumo de carne. Para los países más desarrollados, el reto quizá sea más grande, porque se relaciona más con cambios en los patrones de consumo. Tomando como base el escenario medio de crecimiento poblacional de las Naciones Unidas, y asumiendo que todos los países se mueven hacia una repartición justa de la huella hídrica global, naciones como EUA, Canadá, Australia, España, Portugal e Italia tienen que reducir su huella hídrica per cápita por un factor igual a 2.5 en el periodo del año 2000 al 2050. Y sólo serán capaces de lo anterior por medio de la combinación de medidas relacionadas con la producción de alimentos y el consumo de productos sustentables. Por un lado, podrían incrementar la productividad hídrica en la agricultura y, por otro, deben reducir su consumo de carne y la generación de desperdicios y detener la promoción de biocombustibles.

Al final de cuentas, lo que tenemos que entender es que todos compartimos el mismo planeta, con agua insuficiente para continuar con este modelo económico, que fomenta prácticas de consumo y producción no sustentables. Por eso, requerimos de rol de la ciencia y la tecnología del agua para la creación de marcos de trabajo que hagan un uso más sustentable del agua, para garantizar la salud ambiental del planeta y el futuro de las nuevas generaciones.

Referencias:

Hoekstra y Mekonnen (2012) The water footprint of humanity. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(9): 3232-3237

Organización de las Naciones Unidas, (2017) World Population prospects: The 2017 revision. Population division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations, New York, USA.

Hacia una ecología política del agua

Amalia Salgado López

En la actualidad, la creciente acumulación de capital demanda una explotación y transformación mayor del entorno natural y social con implicaciones desiguales y, a veces, irreversibles (Delgado, 2013).

En 2015, el Informe Riqueza Global reportaba que el 0.7 % de la población mundial poseía el 45.3 % de la riqueza global; mientras que el 71% solo contaba con el 3 % de esta[1].

El resultado de ello es un mundo más inequitativo, con un acelerado proceso de transformación de la naturaleza que busca acumular más capital, que altera los ecosistemas a escala mundial y que se vincula a crisis económicas, a la especulación en el mercado de la tierra y a mecanismos de despojo de recursos naturales en todo el mundo. Todo ello dibuja un panorama de afectaciones y conflictos socioambientales. Así, en 2015, el proyecto EJOLT (Environmental Justice Organizations, Liabilities and Trade [Organizaciones de Justicia Ambiental, Responsabilidades y Comercio], 2011-2015) tenía registrados 1,500 casos de conflictos. En el caso de México, la Semarnat publicó recientemente que tiene detectados 560 conflictos ambientales, de los cuales 86 son hídricos.

Desde las ciencias sociales, se reconoce que las transformaciones en la naturaleza tienen raíces políticas y que están estrechamente relacionadas con condiciones económicas desiguales y procesos de dominación que genera el sistema económico (Ávila-García, 2016; Escobar, 2014; Leff, 2003; Martínez Alier, 2015). Una de las aproximaciones teóricas que devela las causas y no solo los síntomas es la ecología política, marco analítico que juega un papel preponderantemente reordenador del mundo.

La ecología política: Un marco analítico para entender la complejidad del agua

Diversas fuentes de conocimiento nutren a la ecología política, desde la ecología profunda (Naess), el ecosocialismo (O'Connor) y el ecoanarquismo (Bookchin) (Leff, 2003). La ecología política parte de la idea de que los cambios ambientales no son procesos neutrales y que las problemáticas socioambientales mantienen una serie de proposiciones que, aunque inmersos en una infinidad de temas, se pueden identificar claramente. En este sentido, Bryant y Bailey (1997) explican que los problemas ambientales son una manifestación de fuerzas políticas y económicas más amplias asociadas con la propagación mundial del capitalismo y sugieren tres premisas básicas:

Aceptar que los costos y beneficios asociados con el cambio climático ambiental están distribuidos entre distintos actores de manera desigual; que lo anterior refuerza o reduce las desigualdades económicas y sociales existentes;

Fecha de publicación:
16 de agosto de 2020

Núm. 17, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-17



y que ello altera el poder de unos actores en relación con otros.
Para Leff (2003), la ecología política explora con nueva luz las relaciones de poder que se entretejen entre los mundos de vida de las personas y el mundo globalizado, donde confluyen "las ramificaciones ambientales y ecológicas de nuevas disciplinas: la economía ecológica, el derecho ambiental, la sociología política, la antropología de las relaciones cultura-naturaleza y la ética política" (Leff, 2003: 2).

A la ecología política le interesa dar cuenta de cómo el poder político incide en los conflictos socioambientales, por lo que una corriente de pensamiento centra su estudio en el metabolismo social y los conflictos ecológicos distributivos, lo que "permite develar los términos de intercambio, el déficit físico existente en el comercio internacional de los países pobres y los pasivos ambientales asociados" (Martínez Alier, 2015).

Explica Toledo (2013) que el metabolismo social emana de una concepción marxista que parte de una metáfora biológica para ilustrar la circulación de las mercancías o bien para comprender el intercambio entre sociedad y naturaleza. Este metabolismo contiene dos dimensiones: una dimensión material, visible o tangible y otra inmaterial, invisible o intangible, las cuales pueden ser representadas en cinco etapas: la apropiación, la transformación, la circulación, el consumo y la excreción. Este marco analítico tiene potenciales alcances para comprender los problemas sociohídricos, a partir de un ensamblaje de valores, sentidos y lenguajes, que permiten superar la dicotomía naturaleza/cultura y observar el problema del agua como una interconexión de intereses, intenciones, disputas y expectativas, que reflejan la desigualdad económica.

Otro enfoque de la ecología política que puede ser útil analíticamente para entender los problemas sociohídricos es la acumulación por desposesión (Ávila-García, 2016; Harvey, 2004; Swyngedouw, 2005), que nos ayuda a analizar la mercantilización de la naturaleza en todas sus formas, la cual atenta contra entornos naturales y poblaciones que habitan en esos territorios.

Al tomar en cuenta lo antes expuesto, podemos observar que la ecología política no solo examina el campo del poder que se establece dentro del conflicto de intereses por la apropiación de la naturaleza, sino que a su vez nos invita a repensar la política desde una nueva visión de las relaciones de la naturaleza, la cultura y la tecnología. En este sentido, "la ecología política

se funda en un nuevo pensamiento y en una nueva ética: una ética política para renovar el sentido de la vida" (Leff, 2003).

El reto está en utilizar a la ecología política como un marco analítico que facilite la reducción de brechas de desigualdad económica y social que sufrimos en México. El gran riesgo está en la polarización de las posiciones, que cierren el diálogo e impidan construir acuerdos en beneficio de todas y todos, para mantener el statu quo de desigualdad.

La ecología política permite reconocer las diferentes posiciones de una gran diversidad de actores (empresarios, indígenas, académicos) desde una mirada crítica para transitar hacia nuevas formas de comprensión y relaciones de poder que mejoren la toma de decisiones en la política; aventura que es muy complicada, pero que sin duda representa una misión que merece la pena emprender, al menos desde el terreno de la academia y el quehacer del IMTA.

Referencias

Ávila-García, P. (2016). Hacia una ecología política del agua en Latinoamérica. Revista de Estudios Sociales, 55, 18–31.

Bryant, R. L., & Bailey, S. (1997). Third world political ecology. Psychology Press.

Delgado Ramos, G. C. (2013). ¿Por qué es importante la ecología política? Nueva Sociedad, 244, 47–60.

Escobar, A. (2014). Territorios de diferencia: lugar, movimientos, vida, redes. Editorial Universidad del Cauca.

Harvey, D. (2004). El" nuevo" imperialismo: acumulación por desposesión. Socialist Register.

Leff, E. (2003). La ecología política en América Latina. Un campo en construcción. Polis. Revista Latinoamericana, 5.

Martínez Alier, J. (2015). Ecología política del extractivismo y justicia socio-ambiental. Interdisciplina, 3(7).

Swyngedouw, E. (2005). Dispossessing H2O: the contested terrain of water privatization. Capitalism Nature Socialism, 16(1), 81–98.

Toledo, V. M. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad, 34(136), 41–71.

[1] https://www.credit-suisse.com/about-us-news/en/articles/news-and-expertise/global-wealth-in-2015-underlying-trends-remain-positive-201510.html

¿Por qué necesitamos de la ética en las decisiones relativas al agua?

Adrián Pedrozo Acuña

El concepto de ética en asuntos ambientales surge en 1949 de la pluma del conservacionista Aldo Leopold en su ensayo La ética de la Tierra, en el que hizo un llamado a la responsabilidad moral que, como especie, tenemos con el mundo natural.

El corazón de esta idea es muy simple: se trata del cuidado de nuestros semejantes y del territorio que habitamos y del fortalecimiento de nuestra relación con la naturaleza.

La ética, entonces, está cimentada en nuestros valores, y es una brújula moral que indica lo correcto y lo incorrecto. Esta se demuestra por la manera en que vivimos. Por ejemplo, cuando una persona cuida de otra, sus acciones transmiten esa atención y cuidado y, a través de ese ejemplo, motivan la reciprocidad en beneficio de toda la comunidad.

Aldo Leopold pensaba que la ética refleja nuestra capacidad para adoptar diferentes valores, y que esta surge en función de la relación que tenemos con algo cuando lo vemos, lo entendemos, lo sentimos y lo apreciamos. A partir de este razonamiento, observó la necesidad de crear una relación ética con la naturaleza, argumentando que tenemos la capacidad de establecer una relación sostenible con el mundo natural. Esta alternativa es hoy apreciada en el mundo como una posible ruta para el desarrollo de un discurso ético sobre nuestra responsabilidad con la naturaleza, las personas y generaciones futuras.

Al dar énfasis a la ética (el arte y ciencia de decidir qué acción tomar a la luz de nuestros valores) podemos utilizar una aproximación sistematizada para administrar el agua en formas que maximicen los beneficios para todos: sociedad, industria, agricultores, grupos vulnerables, comunidades indígenas y naturaleza. Una aproximación a las decisiones del agua orientada por la ética nos ayuda a aclarar qué es lo que está verdaderamente en juego en los proyectos que se proponen en un territorio dado; por ejemplo, la autorización de pozos para el fracturamiento hidráulico o de la construcción de bordos o canales y la definición de las medidas que se deben tomar para aliviar sus impactos.

Los expertos en agua dieron un paso significativo hacia la integración de las normas sociales en las políticas hídricas globales al formular el Acuerdo de Dublín sobre Agua y Desarrollo Sostenible en preparación para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil, en 1992. Entre los cuatro principios fundamentales que se plantearon estaban las recomendaciones sobre la inclusión de la participación de la sociedad en las decisiones. Los principios de Dublín incluían también un compromiso

Fecha de publicación:
05 de julio de 2020

Decisiones relativas al agua

Núm. 12, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-12



de género para el empoderamiento de la mujer, que se debía de atender a través de la promoción de la participación de mujeres en todos los niveles de los programas de recursos hídricos. En 2010, esta evolución siguió su camino cuando, durante la Asamblea General de las Naciones Unidas, se reconocieron como fundamentales los derechos humanos al agua y al saneamiento.

Otro principio importante que emergió del discurso de la sostenibilidad fue el concepto de flujo ambiental o caudal ecológico, necesario para mantener la salud ambiental de los ríos. Diversos países adoptaron políticas públicas para promover estos flujos, pero su implementación ha resultado ser complicada y la salud de los ríos en todo el mundo continúa en declive.

Tanto en el Acuerdo de Dublín como en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible se dio entrada al concepto de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), que surgió de las conferencias técnicas en los setentas y ochentas. Este concepto integra la planeación y la toma de decisiones considerando todos los usos en competencia desde una perspectiva hidrológica. Por ejemplo, la decisión sobre cuánta agua se debe otorgar a un proyecto nuevo de irrigación debería considerar los otros usos en competencia por este volumen de agua, como son los de la industria, las personas y la naturaleza. Esta aproximación resultó ser muy atractiva en virtud de su lógica intuitiva y su capacidad para añadir detalles relacionados con los contextos locales.

Los creadores de la GIRH reconocieron la competencia que existe territorialmente entre los diferentes usuarios por un volumen de agua limitado. Lo anterior les permitió encontrar sinergias y soluciones por medio de la integración de demandas en competencia. Los administradores del agua podían ahorrar volúmenes a través del reciclado o la reutilización del agua. Por ejemplo, podían tratar las aguas residuales de las ciudades y utilizarlas para usos no consuntivos, como el enfriamiento de plantas de energía, antes de regresarla a los ríos para dar soporte al medio ambiente y utilizarla aguas abajo para la agricultura de riego u otras industrias.

Sin lugar a dudas, este marco de trabajo permitió avanzar en el crecimiento económico global. Sin embargo, es necesario reflexionar sobre su agotamiento y revisarlo para dar paso a su transformación. Pensar dentro de este marco fija e inflexible, diseñado bajo una óptica exclusivamente técnica (GIRH),

es lo que nos tiene atrapados en un gran número de conflictos hídricos en todo el mundo, muy relacionados con la sobreexplotación y el deterioro de la calidad del agua.

Hasta hace unos meses vivíamos en una economía global que utiliza el agua como un elemento esencial, pero visto como un recurso más que podía ser extraído a velocidades mucho mayores a las que se renueva de forma natural. La pandemia que vivimos hoy pone de manifiesto la necesidad de transformar este paradigma. Como el planeta, nuestro pensamiento requiere evolucionar de una visión extractivista hacia una que considere nuestro vínculo con el agua y la naturaleza. Justamente, el uso de la ética en la gestación de esta nueva forma de pensamiento nos ofrece un ancla moral sobre la cual es posible esbozar una nueva forma de crear bienestar para todos: sociedad, industria y gobierno.

El beneficio más importante de incorporar la ética en las decisiones relacionadas con el agua es que detona nuestra imaginación moral. Quizá parezca poco realista querer incorporar la imaginación en la gestión de los recursos hídricos, pero tal vez sea eso lo que se requiera de todas las disciplinas relacionadas con el agua. El uso de de la imaginación y el ingenio, motivado por la ética, es lo que nos puede abrir la puerta a las soluciones creativas de los retos globales que hoy enfrentamos.

La ética nos permite revisar lo construido conceptual e institucionalmente en el pasado para reconocer lo correcto, donde exista, y aprovecharlo, e identificar lo que no funcionó y corregirlo en beneficio de todos. Podemos tener las mejores disciplinas y herramientas para nuestro quehacer, pero requerimos de la ética para guiar nuestras decisiones hacia el beneficio de todos, con particular atención en los más vulnerables. La ética es una llave para construir acuerdos a pesar de las diferencias; para conducir la evolución que, de cualquier manera, se está dando. Es el momento de percatarnos de que todos vamos en el mismo barco y, para bien del planeta y del agua, más nos vale construir acuerdos que nos lleven a buen puerto.

La génesis de los conflictos hídricos

Adrián Pedrozo Acuña

En todo el mundo, el acceso al agua superficial y subterránea se ha convertido en una posible fuente de conflictos sociales. Esto se debe al incremento en la escasez del fluido, que se da por cambios en la disponibilidad, o por un deterioro de su calidad, resultado de actividades humanas que la vuelven inutilizable. De igual manera, existen ejemplos que evidencian una visión parcial o incompleta en la forma en la que se diseñan soluciones de infraestructura bajo una óptica técnica y unidisciplinaria. Tal es el caso de los cientos de presas construidas en la cuenca del mar de Aral, en la frontera entre Uzbekistán y Kazajstán, a fin de regar zonas agrícolas para la producción de algodón y que han redundado en el desecamiento de uno de los mares interiores más grandes del mundo, afectando la calidad y disponibilidad del agua en el ámbito local. Por otro lado, las inundaciones causadas por los grandes embalses construidos en el siglo pasado han generado en todo el planeta conflictos sociales documentados por el desplazamiento de las comunidades fuera de sus hogares o de las tierras que utilizaban para su sustento (Jongerden et al., 2010). Es evidente que estos conflictos afectan de manera negativa a las personas en lo local, en sus propósitos culturales y también en los objetivos económicos que acompañan la aparente justificación de la construcción de este tipo de infraestructuras (Hommes et al., 2016).

La utilización, movimiento y contaminación del agua resultan en disputas severas que a menudo involucran el uso del poder (de manera asimétrica) e involucran varios procesos de resolución de conflictos que emplean la ley, la regulación, los acuerdos colaborativos voluntarios o los litigios legales entre las partes, y que tienen como objetivo el deseo de los protagonistas por acceder a soluciones que resuelvan los intereses divergentes entre ellos. Las disputas por el agua tienen diversas causas; sin embargo, existen documentadas tres actividades distintas que generan los mayores conflictos:

1. Trasvases- transferencias de agua de una cuenca a otra.

2. Sobreexplotación- utilización de un volumen de agua mayor al que se recarga de manera natural.

3. Degradación- disminución de la calidad del agua por medio de la contaminación, canalización de los ríos, su represamiento y otras alteraciones, reduciendo su salud ambiental.

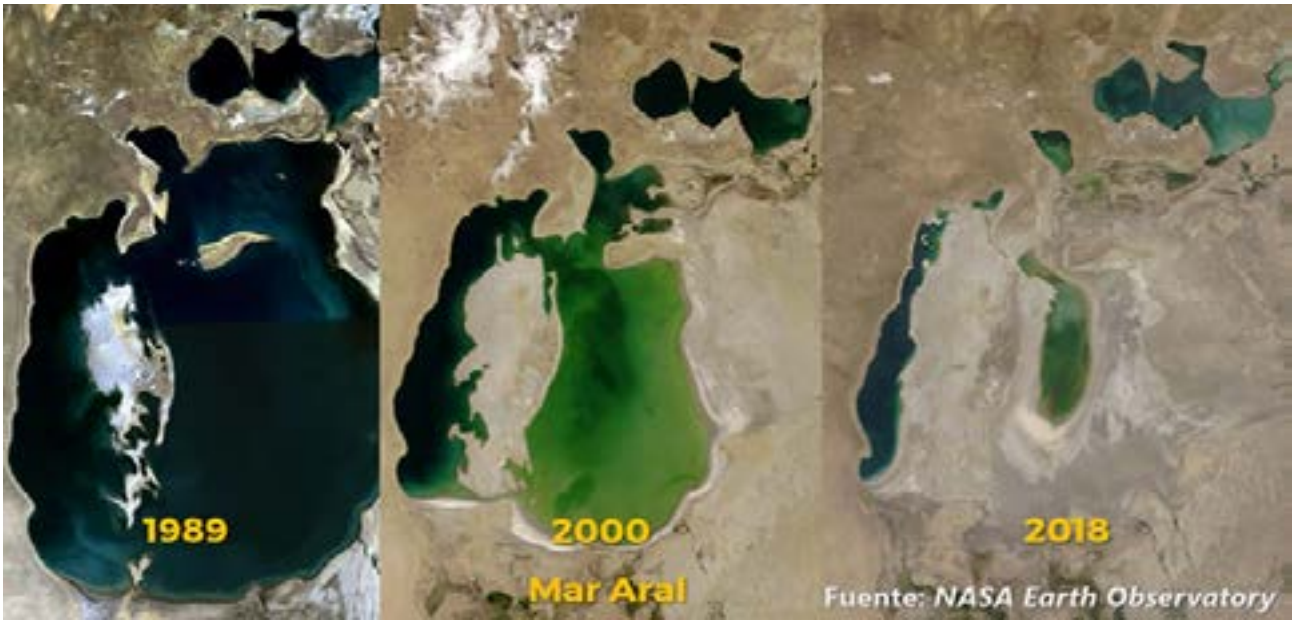
Paradójicamente, estas prácticas se han presentado en todo el mundo, porque los marcos jurídicos que definen la manera en que se toman las decisiones relativas al agua promueven su sobreexplotación y degradación. Tal y como sucedió hace cien años en el río Colorado, EUA, donde a través del ejercicio de una decisión política se ignoró la evidencia científica que indicaba un menor volumen de agua al que se había repartido en papel entre los involucrados. Esto abrió de forma inmediata la puerta del sobreconcesionamiento de las aguas

Fecha de publicación:
21 de junio de 2020

Los seres humanos somos los responsables de cambiar de un conjunto estable de parámetros a condiciones altamente variables y en constante cambio..

Núm. 10, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-10



superficiales del río. Hoy, con los impactos del cambio climático y el incremento en la demanda de agua en la zona por el crecimiento poblacional, está en riesgo la seguridad hídrica de la zona, al mismo tiempo que se recrudece la competencia por el agua en la región (Summit, 2012). De esta manera, decisiones incompletas o sin tomar en cuenta el mejor conocimiento disponible al momento, trascienden temporalmente y su legado persiste en la forma de impactos irreversibles al medio ambiente y al bienestar social y económico de regiones enteras.

Lo mismo ocurre con los almacenamientos de agua subterráneos o acuíferos, los cuales una vez agotados no es fácil recuperar. Tal y como ocurre con los sistemas acuíferos del Medio Oriente, de los que la industria agrícola intensiva ha extraído grandes volúmenes de agua a un ritmo mucho mayor del que naturalmente se regenera, dejando sin posibilidad de recuperarse a estos sistemas (Joodaki et al. 2014). Por si esto fuera poco, hemos recurrido a las tres prácticas antes señaladas, que por lo general imponen otro tipo de daños para compensar los efectos de estas actividades poco sostenibles ambientalmente.

Trasvases

Mover agua a lo largo de grandes distancias para complementar un suministro insuficiente es una medida que se utiliza en diversas regiones del planeta, incluso entre países. Dentro de los proyectos más grandes y recientes que existen se encuentra el del acueducto Sur-Norte de China, el cual se produjo como resultado del agotamiento de los acuíferos en el norte del país. El progreso y crecimiento de Beijing dio lugar a un incremento acelerado en la demanda de agua para diversos usos, lo que dio lugar a una tasa de abatimiento de 5 m por año en el nivel freático. Estimaciones del Banco Mundial indican que para el año 2045, los acuíferos habrán sido totalmente agotados. En virtud de que estos sistemas proveen el 60 % del abasto de agua para 200 millones de personas en la región —en las provincias de Hebei, Henan y Shandong, y las ciudades de Tianjin y Beijing— su importancia estratégica para el futuro de China es evidente (Wong, 2007). Bajo esta lógica se impulsó desde la época de Mao el proyecto Sur-Norte, con un costo de 62 mil millones de dólares, diseñado para transferir agua (50,000 millones de m^3) por medio de tres canales del río Yangtzé en el sur, hacia a la cuenca del río Amarillo en el norte, usando para ello infraestructura hidráulica como canales y acueductos

en beneficio de las ciudades y la industria. Los promotores del proyecto argumentaron como ventajas claras del mismo la mitigación de los conflictos de competencia por el agua entre usuarios, la reducción de la sobreexplotación de acuíferos y la posibilidad de cumplir con las demandas agrícolas, minimizando sus riesgos.

Conforme se han completado diversas etapas del proyecto, el gobierno ha tenido que reconocer que la calidad del agua en la zona este del proyecto está empeorando debido a la contaminación del escurrimiento por actividades industriales y agrícolas intensivas. Además, se han registrado también conflictos sociales, pues se estima que 180,000 personas fueron desplazadas dentro de la provincia de Hubei y 150,000 en la de Henan, lo que ha dado como resultado un cuestionamiento claro sobre los beneficios diferenciados que produjo este proyecto entre los diversos actores (Chen, 2015). Este caso demuestra claramente tres lecciones que merecen ser rescatadas. Primero, las presiones de desarrollo económico ejercen una gran influencia sobre la generación de propuestas para transferir agua entre cuencas, aprovechando un sentimiento de crisis y urgencia que facilitan su ejecución. Estos intereses económicos, junto con la visión ingenieril de grandes obras de infraestructura que todo lo pueden, fomentaron el uso —y quizá abuso— de estas aproximaciones. Segundo, los procesos que definen la forma en que se conciben estos proyectos son jerárquicos, y no incorporan la participación ciudadana. Lo anterior es evidente, ya que por lo general fallan en incluir una visión sobre los problemas de equidad social y justicia ambiental relacionados con estos proyectos. Tercero, cuando las consecuencias potencialmente adversas son aparentes, surgen demandas para incluir alternativas en la toma de decisiones.

Sobreexplotación

En este caso, una vez más, bajo el amparo del desarrollo económico, se registra globalmente un exceso en la extracción de agua a una tasa mucho más rápida de la que esta se repone de forma natural en los acuíferos. En parte, esto se debe a la incertidumbre del cálculo de los volúmenes disponibles bajo tierra y a la insuficiente información por falta de redes de monitoreo adecuadas. Así, la falta de rigor técnico en el cálculo de los balances hídricos y la poca vigilancia de las extracciones fomentan un uso no sostenible y poco transparente del agua, generando conflictos en todo el mundo. Esto deja a las economías dependientes del agua subterránea ampliamente expuestas a la generación de conflictos, tal y como se vivió en la India durante el año 2003, cuando en el estado de Kerala y en las comunidades rurales de Pudussery y Perumatty se revocaron las concesiones de agua de empresas refresqueras trasnacionales, como resultado de las quejas ciudadanas respecto al agotamiento de sus acuíferos (Rai, 2003). En estos casos, las lecciones aprendidas indican que la preocupación organizada de los ciudadanos no es tomada en cuenta por la falta de capacidad de los estados para estimar volúmenes disponibles, medir y restringir las extracciones de agua que resultan de las actividades económicas. Existe además una documentada falta de consenso entre los diferentes niveles de gobierno que obstaculiza los esfuerzos para evitar la sobreexplotación. Finalmente, es necesario reconocer que las grandes empresas trasnacionales pueden tener efectos positivos o negativos en estos conflictos, por lo que es vital establecer una ética común sobre el agua entre ciudadanos, la industria y el gobierno que se apoye en la evidencia científica y en la transparencia de la información. Esto permitirá construir lazos de confianza para fomentar la economía, sin descuidar a los ciudadanos en el ámbito local.

Degradación

Este fenómeno se presenta cuando se reduce la capacidad de los cuerpos de agua (lagos, embalses, ríos, corrientes o acuíferos) para mantener las funciones proveedoras de vida dentro de ellos mismos. Esta condición puede darse por la introducción de sustancias químicas, calor, o radiación. También se puede generar por la infestación de plantas invasoras que afectan a la biodiversidad, o como resultado de la construcción de presas o bordos que impiden, alteran u obstruyen el flujo natural de los ríos. En muchos países en vías de desarrollo, la construcción de presas ha sido apreciada como un detonador de desarrollo económico, lo que limitó en el pasado su valoración como posibles fuentes de degradación de la calidad del agua. Tal y como ocurrió en el caso citado del mar de Aral durante los años sesenta, cuando una decisión política para alcanzar la autosuficiencia alimentaria ignoró el posiblemente irreversible daño ecológico de desecamiento del cuerpo de agua.

Los conflictos por el agua comparten muchas características en común. Por lo general surgen de un ejercicio centralizado del poder,

que de una u otra forma dan lugar a resultados ambientales y sociales que afectan a los ciudadanos de alguna región, imponiendo compromisos irreversibles de tiempo, dinero y otros recursos, lo cual da lugar a disputas severas.

La irreversibilidad puede tomar la forma de comunidades desplazadas, agotamiento de los acuíferos o degradación de los cuerpos de agua que afectan de forma directa a la salud de los habitantes. Lo paradójico es que estas consecuencias surgen de un razonamiento que utiliza como argumento teórico la mejora de la economía de comunidades y naciones enteras. Irónicamente, solo quedan los impactos adversos para la sociedad y el medio ambiente, que son muy difíciles de corregir.

Actualmente existen en el mundo innovaciones tecnológicas que permiten atacar estos problemas, como la reutilización de aguas residuales, los tratamientos con membranas o el riego por goteo acompañado de un uso inteligente y ambientalmente responsable de fertilizantes y nutrientes. Sin embargo, es importante mencionar que el éxito de su implementación será posible únicamente si se utiliza el mejor conocimiento disponible en el mundo acompañado de un ejercicio ético y honesto de las autoridades, la sociedad y la industria. A esto nos comprometemos en el IMTA.

Referencias

Chen, T. P. (2015) Cities in China's North Resist Tapping Water Piped From South – Huge project transferring water from Yangtze River to drier regions runs into budgetary constraints. Wall Street Journal, April 23. Available at: https://www.wsj.com/articles/cities-in-chinas-north-resist-tapping-water-piped-from-south-1429781402

Summit, AR. 2012. Contested waters: An environmental history of the Colorado River. University Press Colorado

Jongerden, J., 2010. Dams and politics in Turkey: utilizing water, developing conflict. Middle East Policy 17 (1), 137–143.

Joodaki, G., J. Wahr, and S. Swenson, 2014, Estimating the human contribution to groundwater depletion in the Middle East, from GRACE data, land surface models, and well observations, Water Resour. Res., 50, 2679–2692, doi:10.1002/2013WR014633

Hommes, L. Boelens, R., Maat, H. 2016. Contested hydrosocial territories and disputed water governance: Struggles and competing claims over the Ilisu Dam development in southeastern Turkey. Geoforum Volume 71, Pages 9-20. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2016.02.015

Rai, S. (2003) Protests in India Deplore Soda Makers' Water Use. New York Times, May 21. Available at: http://www.nytimes.com/2003/05/21/business/protests-in-india-deplore-soda-makers-water-use.html

El privilegio de ser titular de derechos humanos

Carolina Escobar Neira

Cuando leemos o escuchamos sobre derechos humanos, por lo general pensamos que no es un tema tan relacionado con nosotros; que tiene que ver más con países en guerra, con hambruna, con poblaciones tradicionalmente discriminadas o con desplazamientos forzados internos que, si bien nos conmueven, poco afectan nuestra cotidianidad. Sin embargo, esa idea surge justamente del entorno privilegiado en el que nos encontramos. Desde que nacemos tenemos garantizados ciertos derechos que damos por descontados y, por tanto, es muy extraña la circunstancia en la que nos tomamos un momento para reflexionar acerca de su verdadero ejercicio y de lo que significa ser titular de todos y cada uno de ellos.

Fecha de publicación:
25 de mayo de 2020

Derechos humanos

En la actualidad, y en nuestro contexto, si nacemos hombres o mujeres tenemos los mismos derechos a la vida, la educación y el trabajo sin que tengamos que tomar las calles o dar nuestra vida para exigirlo; si somos trabajadores, no debemos luchar porque nuestras jornadas sean de un máximo de ocho horas; si en nuestras casas no se puede pagar un colegio privado, está la posibilidad de estudiar en uno público y, en México, incluso se puede ser profesional de una de las mejores universidades de Latinoamérica si acaso es el estudio nuestro interés; si queremos bañarnos, cocinar, lavar ropa o tomar agua, basta con abrir la llave o, en su defecto, pedir un garrafón de agua y se resuelve todo.

Sin embargo, esta realidad, para muchos de nosotros tan cercana, está muy lejana aún en muchos países del mundo, en donde la falta de acceso al agua o a su saneamiento sigue siendo una de las principales causas de muerte (puede transmitir enfermedades como diarrea, cólera, disentería, fiebre tifoidea y poliomielitis); se calcula que la contaminación del agua potable provoca más de 502,000 muertes por diarrea al año (1). En 2016, la segunda causa de muerte en países de bajos ingresos fue la enfermedad diarreica (2), mientras que, en el mismo año, en los países de ingresos medios fue la sexta causa, y en los países de ingresos altos no aparece en los diez primeros lugares; además, sigue siendo una de las principales causas de muerte entre los menores de cinco años en el mundo (3).

Frente a esta situación, en 2002, mediante la Observación General Núm. 15 de la ONU, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales reconoce el derecho al agua, y en 2010, la ONU define los derechos humanos al agua y al saneamiento (DHAS) como fundamentales para la realización de todos los derechos humanos. En México, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos reconoce los DHAS a partir de la reforma de 2012 (Art. 4), lo cual ha servido a muchos colectivos, comunidades y organizaciones como argumento que sustente la lucha que por décadas han liderado para que haya agua en sus comunidades.

Núm. 06, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-06



Sin embargo, este reconocimiento internacional y constitucional no es suficiente para hacer de los DHAS una realidad para todos. Según cifras oficiales del Inegi, derivadas de la Encuesta Nacional de los Hogares, 2016, más de dos millones de hogares carecen de agua en sus casas y más de ocho millones de hogares la reciben de forma intermitente (entre una y tres veces por semana); si consideramos un promedio de cuatro personas por hogar, tenemos que más de cuarenta millones de personas en México no cuentan con agua en sus casas o no la tienen de manera continua, lo cual, además de reflejar una profunda crisis de cumplimiento de los derechos humanos en el país, refleja también una profunda desigualdad invisibilizada por cifras que nos hablan de obras de infraestructura que se ejecutaron sin considerar un enfoque de derechos humanos en su planeación.

Entonces, ¿de qué hablamos cuando decimos que la planeación del sector hídrico debe tener un enfoque de derechos? Hablamos del imperativo ético de pensar en cada una de las personas que se invisibilizan tras la cifra de cuarenta millones o del 33 por ciento y de considerar que con la falta de acceso al agua se están limitando sus derechos a la salud, a un medio ambiente sano, a una vivienda digna, a la igualdad, a la seguridad, a la alimentación, a servicios sociales básicos, en fin, a la vida y a la dignidad. Este es el enfoque del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, trascender el enfoque de costo–beneficio y priorizar sus acciones desde una perspectiva ética, de derechos humanos y del bien común.

1. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water
2. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death
3. https://www.who.int/elena/titles/wsh_diarrhoea/es/

Ley Modelo de Sistemas Comunitarios de Agua y Saneamiento para América Latina y el Caribe

Alberto Roja Rueda, Amalia Salgado López y Carolina Escobar Neira

Fecha de publicación:
11 de mayo de 2020

Parlamento Latinoamericano y Caribeño

El Parlamento Latinoamericano y Caribeño o Parlatino (1) es un organismo internacional, multilateral, regional y permanente con sede en la Ciudad de Panamá, Panamá. Está conformado por una sola cámara, integrada por grupos de legisladores de 23 países de América Latina y el Caribe. Tiene sus orígenes en 1964, pero se instituye hasta 1987 en Lima, Perú (2). México ha sido parte de este Parlamento desde su fundación.

Una de las actividades más importantes de este organismo es desarrollar legislaciones que puedan ser aplicadas en los países miembros. Para ello, se identifican temas prioritarios que algún país miembro o un grupo de ellos presenta como iniciativa en forma de ley modelo para la región. Esta se envía a comisiones (el Parlatino cuenta con 13 comisiones ordinarias) para su revisión y dictaminación. De ser favorable, se somete a votación en el pleno de la asamblea. Una vez probada, la ley modelo se publica en el portal del Parlatino (3) y queda a disposición de todos los congresos de la región para adecuarla a su propia legislación.

En noviembre de 2012, año en el que México modificó su constitución para incorporar los derechos humanos al agua y saneamiento (4), el Parlatino aprobó una ley modelo denominada Ley Marco sobre el Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento (5). En su artículo 8, dicha ley establece la obligación que tienen los Estados de respetar los "sistemas consuetudinarios o tradicionales" de distribución de agua potable. Así, en el marco del Parlatino, por primera vez se hace referencia a los sistemas comunitarios que ofrecen el servicio de agua potable en comunidades rurales (principalmente). Esta mención es el antecedente de una iniciativa que México promoverá a través de sus representantes en el Parlatino.

Conocidas como organizaciones comunitarias de servicios de agua y saneamiento (Ocsas) o sistemas comunitarios de agua y saneamiento (SCAS), estas organizaciones abastecen de agua a zonas rurales, periurbanas y, en algunos casos, urbanas. Para el año 2017 se estimaba que existían más de 80,000 Ocsas en la región (6). En países como México, dónde los organismos operadores de agua potable y saneamiento municipales no logran cubrir la totalidad del territorio de sus demarcaciones, en particular zonas rurales, los SCAS son responsables de suplir este servicio público.

Desafortunadamente, en toda la región, estos sistemas son poco reconocidos por los marcos legales nacionales. Esto impide que accedan a recursos fiscales y a oportunidades

Núm. 04, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-04



de fortalecimiento de capacidades por parte del Estado, lo que las mantiene al margen del desarrollo equitativo e integral.

De esta manera, el potencial de los SCAS para proveer efectivamente agua potable y servicios de saneamiento para millones de personas en la región no es aprovechado por falta de reconocimiento institucional.

Esta falta de reconocimiento legal limita indirectamente los derechos humanos asociados con el agua, así como el cumplimiento efectivo del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 (Agua Limpia y Saneamiento) (7) acordado por los países en el marco de la Agenda 2030.

Dado que es el Estado quien debe garantizar los derechos humanos asociados con el agua, pero también quien debe promover la participación de la sociedad en la toma de decisiones (ODS 16.7) (8), fortalecer los SCAS es una medida directa para promover, fomentar, respetar y garantizar estos derechos, cumpliendo así con metas específicas de la Agenda 2030.

Los SCAS tienen la cualidad de ser resultado de acuerdos comunitarios, por lo que promueven la asociatividad comunitaria (9) y la cogestión del agua. Sirven como la primera línea de defensa ante embates sanitarios y climáticos, e impulsan la resiliencia local al promover la organización comunitaria. Los SCAS tienen la virtud de potenciar espacios de gobernanza, además de desarrollar capacidades administrativas y de negociación entre múltiples actores. Podemos afirmar que los SCAS son escuelas de ciudadanía.

Por último, los SCAS tienen particular relevancia cuando hablamos de pueblos indígenas y comunidades equiparables, ya que reconocen su derecho consuetudinario, prácticas tradicionales de gobierno y formas comunitarias de control sobre sus territorios.

Las parlamentarias mexicanas, la diputada Dolores Padierna y la senadora Ana Lilia Rivera, integrantes del Frente Parlamentario contra el Hambre de México (10), la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, en colaboración con la oficina de FAO-Mesoamérica, estamos preparando de manera conjunta una iniciativa de Ley Modelo de Sistemas Comunitarios de Agua y Saneamiento para América Latina y el Caribe, que dé certeza jurídica a estos sistemas, fortalezca sus capacidades organizacionales y operativas, y reconozca su papel estratégico para garantizar el cumplimiento de los derechos humanos asociados con el agua y su relevancia para alcanzar las metas previstas en la Agenda 2030.

1. https://parlatino.org

2. https://parlatino.org/pdf/documentos/tratado-institucionalizacion-parlatino.pdf

3. https://parlatino.org/leyes-modelo-aprobadas-por-el-parlatino

4. http://www3.diputados.gob.mx/camara/001_diputados/012_comisioneslxii/01_ordinarias/002_agua_potable_y_saneamiento/13_marco_juridico/01_constitucion_politica_de_los_estados_unidos_mexicanos



5. En ese entonces, los que hoy en día se reconocen como dos derechos humanos independientes seguían considerándose como uno solo.

6. CLOCSAS, Confederación Latinoamericana de Organizaciones Comunitarias de Servicios de Agua y Saneamiento. Antecedentes, evolución y potencialidades. CLOCSAS-AECID. Panamá. 2017. p. 12. Consultar en: https://drive.google.com/file/d/1ToSU-58KkW3PxGiXnmrTkbiJp-MaHgy0/view

7. https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html

8. 16.7 Garantizar la adopción en todos los niveles de decisiones inclusivas, participativas y representativas que respondan a las necesidades. Consultar en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/peace-justice/

9. La asociatividad como estrategia en la gestión comunitaria del agua en Latinoamérica. CLOCSAS. S/N. 2012. Consultar en: https://drive.google.com/file/d/1QBjDzfq5eaLMErEkPErOnGO8OC8C6VK3/view

10. http://parlamentarioscontraelhambre.org/frentes/nacionales/mexico/

COVID-19: Un llamado urgente por la justicia ambiental y social

Adrián Pedrozo Acuña

Jiutepec, Morelos

Fecha de publicación: 20 de abril de 2020

COVID-19

Hoy estamos como sociedad ante una disyuntiva crítica y es necesario repensar cómo accedemos al progreso.

Hoy estamos como sociedad ante una disyuntiva crítica y es necesario repensar cómo accedemos al progreso. El rápido desarrollo económico global ha puesto una gran cantidad de presión sobre nuestro planeta, a un grado tal, que este ha desencadenado cambios repentinos y de no retorno en el ambiente global, y que hoy se manifiestan a través de incendios en losgrandes pulmones del planeta, sequías extremas, inundaciones y la propagación espacial de un virus que pone en riesgo el aseguramiento de la salud y prosperidad de todas las naciones.

Diversos investigadores han alertado durante décadas sobre el punto de saturación, en el que se documenta una falta de capacidad del planeta para soportar las presiones humanas. Es evidente el estrés bajo el cual se encuentra nuestro planeta, y que resulta de los efectos del cambio climático, la contaminación química, los aerosoles, la degradación de suelo y agua, la sobredosis de nutrientes y la rápida pérdida de especies y hábitats; todo ello resultado de la injerencia de nuestra especie.

Hoy, la pandemia de COVID-19 llega como una llamada de atención planetaria para señalarnos que cuando parecía estar todo bien por el desarrollo económico del mundo, en realidad no lo estaba. El virus es una manifestación natural que, además de someter a prueba la capacidad de organización y fraternidad de todas las familias, sociedades, instituciones y gobiernos del planeta, pone en pausa el crecimiento económico de todas las naciones. El planeta nos dice, a través de un virus con propagación global, que nuestra salud personal sí se relaciona y afecta con la salud del planeta, y que con la degradación ecológica se entrelazan la salud humana y el crecimiento económico global. Esta última tesis no es nueva, desde hace años ya eramos testigos del sufrimiento de las economías en lo local (p. ej. por medio de la pérdida de biodiversidad), lo regional (p. ej. por la contaminación del aire y los cambios en los patrones de lluvia por la deforestación) y de forma global (p. ej. impacto del cambio climático y los eventos extremos), pero hoy vemos su manifestación clara sobre nuestra propia salud.

Esta pandemia es una condición de forzamiento tan poderosa, que pensadores de todo el planeta coinciden en que el mundo que resultará de ella será, con mucha certeza, muy diferente al mundo que le dio origen.

Conviene entonces hacer una reflexión sobre el mundo del que venimos, para resolver de una mejor manera el mundo

Núm. 01, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-01

hacia el que nos dirigimos. Es necesario y posible producir desarrollo y movernos hacia un mundo sin pobreza e injusticia y, a la vez, proteger y respetar la belleza y riqueza de la naturaleza. Como especie dominante en el planeta Tierra, tenemos la oportunidad y responsabilidad de poner en acción todas nuestras capacidades para desencadenar una transición hacia la sostenibilidad global; una sostenibilidad que se motive en una profunda reflexión sobre nuestra salud y la de generaciones futuras. Replantearnos una nueva forma de relacionarnos con la naturaleza, basada en la ética por la vida, es la única manera de asegurar la prosperidad de largo plazo para todos, considerando siempre en esta revisión prospectiva los límites planetarios.

La misión de nuestra especie consiste en mantener la habilidad de todos los ecosistemas para dar soporte al mundo moderno y su desarrollo. Esto requiere una transformación total en economías, sociedades, culturas, patrones de consumo y producción. En otras palabras, una revolución obligada en la relación entre nosotros y el Planeta. Ya eramos la primera generación que a través de la evidencia científica sabíamos de la capacidad de la humanidad para desencadenar cambios en los sistemas naturales. Hoy, esta capacidad se manifiesta en el riesgo deperder nuestra propia salud, base global de todas las economías y del bienestar social.

Es obligado andar el camino hacia un nuevo paradigma de desarrollo futuro, uno que considere la íntima relación entre salud ambiental, desarrollo económico y bienestar de todos. El futuro deberá estar cimentado en principios de equidad, responsabilidad, distribución sostenible del espacio y recursos, y respeto de unos por otros de los que vivimos hoy y vivirán mañana. Debemos garantizar la evolución hacia sociedades e instituciones que atiendan los dos imperativos morales de la agenda ambiental: la necesidad de equidad y la responsabilidad intergeneracional.

En el caso del agua, ya desde hace mucho tiempo, vivir en la pobreza rural o urbana es sinónimo de un limitado acceso a ella y de una precaria seguridad hídrica, que a su vez se relacionan con la limitada garantía de los derechos asociados al agua de toda la población que se encuentra en esta situación. Hoy, la pandemia de COVID-19 hace evidente la visión incompleta con la que miramos al agua. En todos los países, su administración ha estado fundada en una perspectiva técnica de eficiencia económica y productividad, soslayando equidad, justicia y participación ciudadana.

El mundo que nacerá nos obliga a voltear a lo local, al cuidado de nuestra salud, nuestro campo y agua, con una visión de cuidado comunitario solidario y empático, capaz de reconocer que el bienestar de todos es una obligación ética y moral. Este mundo que nace deberá reconocer que la mejor decisión ya no es necesariamente la más eficiente desde una perspectiva exclusivamente económica. Las decisiones deberán ser resultado de un análisis con base en evidenca científica, considerando siempre una lente de ética en lo local. Hacia allá vamos.

Seguridad Hídrica



Agua y desarrollo económico

Autor: Adrián Pedrozo Acuña

En todo el planeta, las tendencias demográficas, económicas y tecnológicas han acelerado nuestra habilidad para modificar el medio ambiente que nos sostiene, sea de una forma consciente o inconsciente.

Fecha de publicación:
15 de Julio de 2022

El agua es uno de estos elementos naturales clave, por lo que necesitamos visibilizar que un hecho innegable es que personas y empresas necesitamos y demandamos agua para existir.

Los seres humanos nos hemos convertido en el principal forzamiento de los cambios que vemos hoy en la Tierra. Nuestras acciones tienen un impacto innegable sobre el clima, que a su vez modifica la distribución espacial y temporal de la lluvia sobre las cuencas y sus tiempos de respuesta. Debido a las alteraciones de los paisajes por la producción de energía y alimentos, así como a la documentada migración de personas a las ciudades, estamos alterando la cantidad y calidad del agua de la que todos dependemos para sobrevivir. El agua es el elemento clave para la vida en el planeta, así como también lo es para el bienestar económico de las sociedades modernas. El agua desempeña un papel protagónico en la creación de todos los bienes que se producen, y no existe un elemento que lo substituya.

En el pasado hemos tomado decisiones con respecto al manejo del agua que no siempre se han dirigido hacia su cuidado y sustentabilidad. Como sociedad, hemos perturbado ríos, sobreconcesionando sus flujos, a veces hasta el punto de secarlos; hemos sobreexplotado acuíferos; y contaminado la mayor parte de los cuerpos de agua superficiales, como lagunas y embalses, contaminación que se percibe incluso en zonas costeras y océanos, degradando ecosistemas (p. ej. sargazo en las costas de Quintana Roo). Esta situación resulta del interés de satisfacer necesidades y metas económicas de corto plazo, que no incluyen la sustentabilidad ambiental de cuencas y acuíferos, no digamos ya la salud ambiental y mucho menos la salud de las personas.

Los problemas que aquejan al planeta, y que son evidentes por el traslape de la crisis sanitaria con las crisis económica e hídrica, nos indican que no podemos seguir por el camino andado durante el siglo pasado. La realidad está dominada por la escasez, la inestabilidad financiera, los conflictos religiosos y territoriales y las desigualdades entre países y dentro de estos, así como la degradación ambiental. Dadas la inercia y magnitud de los cambios que se aprecian y avecinan, a esta era se le ha denominado Antropoceno (Williams et al., 2015), y el agua es el elemento central en este nuevo periodo evolutivo. Esto aplica no solamente al agua dulce almacenada en acuíferos, glaciares, lagos y ríos, sino también a los océanos, al nivel del mar y a los seres que lo habitan. La interdependencia entre las ambiciones de nuestra especie y la disponibilidad y calidad del agua es evidente, y representa una condición de frontera clara entre el tipo de desarrollo que es realista y deseable.

Es indudable que la expansión en la producción de bienes

25, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 25



y servicios en el pasado reciente significó el desarrollo económico que hasta antes de la pandemia resultó de una obsesión de los economistas con el crecimiento macroeconómico y con indicadores como el producto interno bruto de los países. Hoy, en todo el mundo, a la luz de las crisis económica, sanitaria e hídrica que sufrimos, es evidente que este crecimiento se dio a un costo sobre elementos vitales de nuestro planeta (p. ej. contaminación del agua o sobreexplotación de ríos y acuíferos), un costo que, además, pagan y sufren de manera desproporcionada quienes menos tienen. Así lo reconocen diversos economistas que ya plantean la necesidad de abandonar la tesis neoliberal para avanzar hacia un nuevo modelo para la economía mundial, que considere, entre otras cosas, los límites naturales del planeta (Raworth, 2018; Mazzucato, 2020).

El agua es uno de estos elementos naturales clave, por lo que necesitamos visibilizar que un hecho innegable es que personas y empresas necesitamos y demandamos agua para existir. Por tanto, podemos anticipar que habrá en el futuro una gran competencia por este elemento, detonada por nuestra sed, pero también por su escasez física producida por el hombre, ya sea por una deficiente administración o por la contaminación y sobreexplotación de las fuentes. A esta escasez producida por el hombre hay que agregarle los efectos de un ciclo hidrológico intensificado por los cambios en el uso de suelo y en el clima del planeta, que en diversas cuencas del mundo anticipa un futuro no muy alentador. Por esta razón, necesitamos más y mejor investigación que nos permita reconocer y entender las complejas interacciones que se dan entre la sociedad, las decisiones políticas y los impactos sobre el medio ambiente. Claramente, a lo largo del siglo, los temas hídricos cobrarán mayor importancia, así lo reconoce el Foro Económico Mundial al incluir desde hace años a la crisis del agua dentro de los riesgos futuros más importantes (WEF, 2015; WEF, 2022). En años recientes, el porcentaje de incremento en el uso del agua a nivel global ha duplicado el del crecimiento poblacional, lo que aumenta el estrés hídrico de regiones enteras. Las demandas de agua y las fuentes de abastecimiento están cambiando. Ya desde 2009, en su reporte anual sobre el agua, Naciones Unidas nos anticipaba serias consecuencias que pueden resultar del inadecuado uso no sustentable que hacemos de este elemento. Una inadecuada gestión del agua es un riesgo para la economía y la seguridad de naciones enteras (UN WWAP, 2009). Por esta razón, la política comercial y sus prácticas (tanto de empresas como de países) deben estar alineadas con el propósito de habilitar un aprovechamiento sustentable del agua y el ambiente. Por ejemplo, permitir la producción de bienes y servicios de alto consumo de agua en regiones con escasez solamente agravará su degradación y acrecentará la conflictividad social.

La investigación en temas del agua nos ha permitido saber que este es un elemento vital para preservar los ecosistemas y que cambios en nuestra dieta pueden tener un impacto sustancial en nuestro consumo de agua. Sabemos que es posible reducir el consumo de agua para la producción de alimentos a lo largo de toda la cadena de suministro, desde el campo hasta la mesa. Tenemos opciones, pero necesitamos tomar decisiones. Contrario a lo que ocurre con otros campos de investigación, como son la medicina o la física, que dedican cierta parte de su presupuesto a investigación básica que no genera beneficios directos en el futuro, se espera que la investigación en temas ambientales e hídricos produzca resultados que sean comerciales en periodos de cinco a diez años, lo que inhibe la generación de soluciones o metodologías que nos permitan planificar a largo plazo (Grayman et al., 2012).

Transformar nuestro pensamiento y la trayectoria de desarrollo en temas hídricos requiere voluntad política y una nueva manera de pensar al agua para cambiar la inercia y mover al elefante para evolucionar de "más de lo mismo" hacia un futuro deseable y sustentable. Estamos en tiempos de gestación de una nueva avenida que involucra conocimientos técnicos, pero también sociales, para generar nuevas formas de administración de este bien común que significa el bienestar de todos: personas y empresas, naciones y el planeta. A lo largo de la historia reciente, cada país que ha avanzado en sacar a su población de la pobreza lo ha hecho a través de la construcción de su capacidad de producción básica, invirtiendo especialmente en energía, agua, transporte y agricultura. No existe en el planeta ningún país rico que no haya invertido en estos sectores, los cuales están ligados a través del elemento clave: el agua. Solo para dar un ejemplo, cada uno de estos países ricos ha desarrollado más del 70 % de su potencial hidroeléctrico, mientras que el continente africano solo usa el 3 % de ese potencial (Briscoe, 2011).

El conocimiento científico nos permite anticipar las regiones que en el futuro sufrirán estrés y escasez de agua, con lo que se pueden definir y priorizar inversiones en territorio, lo que permite prevenir conflictos. Los acuerdos la y distribución de un elemento tan crucial requieren atención a la planeación apoyada en la evidencia, con la equidad y la justicia como brújula.

El camino a seguir para México estará íntimamente ligado a la formulación de la política pública en el futuro próximo, acción que desde luego requiere cooperación de todos los sectores. Sin embargo, es importante reconocer que esta cooperación se debe dar bajo principios éticos de acción, cuya definición compete al Estado mexicano, y actualmente se encuentran claramente definidos por el presidente de la República. Las transformaciones no ocurren exclusivamente por la buena voluntad de cooperación, requieren de un liderazgo y de principios de acción que determinen con claridad y transparencia el propósito de los cambios que se proponen. En esta administración, en temas del agua, el Gobierno de México ha manifestado que el centro de gravedad innegociable es poner al centro a las personas y al uso sustentable del agua, valiéndose de la ética y la ciencia para tomar mejores decisiones.

Referencias

Briscoe, J. 2011. Two decades at the center of world water policy. Water Policy, 147-160-

Grayman, W. M., D. P. Loucks, and L. Saito (Eds.) 2012, Toward a Sustainable Water Future: Visions for 2050, ASCE Press, Reston, Va.

Mazzucato, M. 2020. The Value of Everything: Making and Taking in the Global Economy. Public Affairs, 384pp., ISBN-10: 1541758242.

Raworth, K. 2018. Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist Chelsea Green Publishing Company, 320pp. ISBN-10:1603587969.

United Nations World Water Assessment Programme (UN WWAP) (2009), The United Nations World Water Development, in Water in a Changing World, Rep. 3, 380 pp., Earthscan, London, U. K.

WEF, 2015. Global Risks 2015, Insight Report. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_2015_Report15.pdf

WEF, 2022. Global Risks 2022, Insight Report. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_2015_Report15.pdf

Williams, M., Zalasiewicz, J., Haff, PK, Schwägerl, C., Barnovsky, A., Ellis E. 2015. The Anthropocene Biosphere, The Anthropocene Review, 1-24. DOI: 10.1177/2053019615591020.

Escasez de agua y presas

Autor: Adrián Pedrozo Acuña

En las últimas décadas se ha registrado en todo el mundo un incremento en las extracciones de agua que se puede atribuir al crecimiento de la población, al mejoramiento de los niveles de vida, a los cambios en los patrones de consumo, al crecimiento económico y a la expansión de superficies agrícolas bajo irrigación (Liu et al., 2017; Mekonnen y Hoekstra, 2016).

Es por ello que se anticipa que la crisis hídrica que resulta de las interacciones entre cambios sociales y económicos con el cambio climático se agrave en el futuro cercano. Sin embargo, es necesario reflexionar que esta crisis es también producto de fallas graves en la gobernanza del agua (Kahil et al., 2019; Gupta et al., 2013).

Por esta razón, no es casualidad que, en todo el mundo, el mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua represente una de las medidas más importantes para aliviar la escasez de agua (Liu et al., 2019). Entre las medidas de adaptación más solicitadas para llevar a cabo este objetivo está justamente la construcción de presas para almacenar agua captada durante las lluvias y que potencialmente puede cubrir o reducir los déficits hídricos durante las épocas de estiaje y alta demanda de agua (Wanders y Wada, 2015).

Esta estrategia basada en la construcción de presas dominó la agenda hídrica global en los últimos años, e incluso en algunos países en vías de desarrollo todavía se asume como una medida de adaptación importante ante la escasez. En los países con mayores ingresos, al haber cubierto su capacidad de almacenamiento, comenzó una transición hacia una era de protección ambiental y medidas "suaves" que resultan de la oposición social y política a este tipo de obras (Gleick, 2003). A pesar de ello, ante la escasez de agua registrada en todo el mundo por los efectos del cambio climático, el incremento en la capacidad de almacenamiento comienza de nuevo a ser apreciada como una medida relevante para hacer frente a este fenómeno (Kellner, 2019). Sin embargo, es necesario incorporar al análisis de su factibilidad interacciones que no se consideraban y que a la luz de los hechos existen entre las obras de ingeniería (p. ej. presas), la sociedad (p. ej. comunidades, instituciones y procesos de gobernanza) y el medio ambiente (p. ej. alteraciones en ciclo hidrológico).

De hecho, dentro de las ciencias del agua existe una nueva disciplina, conocida como sociohidrología, cuyo propósito es entender la interacción y coevolución de sistemas naturales (p. ej. cuencas y acuíferos) y sociales (p. ej. ciudades, comunidades), cuyo acoplamiento es innegable (Bousquet et al., 2015). Las aproximaciones son diversas, desde la gobernanza del agua (Gupta et al., 2013) hasta la visión de aprovechamiento de bienes comunes (Ostrom, 1990) o la ecología política (Blaikie,

Fecha de publicación:
03 de Julio de 2022

Las presas son obras de infraestructura pública que resultan de procesos de coevolución y decisión que se dan en las instituciones y que requieren de procesos de gobernanza.

Núm. 23, 2022

DOI: doiorg/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 23



1999). Este tipo de trabajos, que en su origen iniciaron con el uso de modelos separados para cada dominio, social y natural, han permitido avanzar en la comprensión de mecanismos de retroalimentación entre aquello que pasa en la sociedad (p. ej. economía) con, por ejemplo, la demanda y competencia por el agua (Sivapalan et al., 2012). No obstante, todavía son raros los estudios interdisciplinarios donde se contempla la interacción sistémica del mundo natural (p. ej. variacion en la disponiblidad del agua) y la sociedad (p. ej. actividad económica).

Lo que se aprecia en el debate sobre la construcción de presas a nivel global es que existen efectos contraintuitivos que parecieran indicar que la construcción de este tipo de infraestructura incrementa la demanda, lo que a su vez intensifica la escasez, lo cual a su vez incrementa la vulnerabilidad social y económica (Di Baladassarre et al., 2018; Gohari et al., 2013). Este efecto, bautizado como el "efecto presa" (Di Baladassarre et al., 2018), es similar a la paradoja de Jevons en la agricultura, y que se registra en todo el mundo en las zonas de riego que han sido tecnificadas exitosamente y que, en algunos casos, en lugar de permitir ahorros importantes de agua, ha motivado la sobreexplotación de acuíferos.

Por esta razón, es importante iniciar una reflexión abierta sobre el rol de las presas y la escasez del agua, pero esta necesita iniciarse desde el reconocimiento de que estas obras forman parte importante del sistema acoplado entre sociedad y naturaleza. De esta manera, se reconoce que las obras interaccionan y modifican las relaciones entre los seres humanos, las instituciones, el clima y la dinámica social en el territorio. Las presas son obras de infraestructura pública que resultan de procesos de coevolución y decisión que se dan en las instituciones y que requieren de procesos de gobernanza, donde los actores trabajan de forma conjunta por un objetivo común, por ejemplo, la distribución equitativa del agua entre usuarios. Para entender cómo y por qué una presa tiene el potencial de generar escasez, primero tenemos

que tener claridad sobre qué entendemos por escasez, es decir, quienes la sufren, debido a qué uso, a qué escala espacial o temporal y en qué contexto.

La mayor parte de los indicadores de escasez hídrica han centrado su análisis en temas relativos a su disponibilidad física dependendiente del clima (Liu et al., 2017; Kummu et al., 2016). Menos atención se ha puesto a la naturaleza política de la escasez del agua que explica, por ejemplo, la relación entre la escasez de agua y los factores socio-ecológicos o cómo se le construye socialmente dentro de un mismo ambiente urbano e incluso cómo influye en la construcción de narrativas que favorecen a ciertos usos para su distribución (Scoones, 2010). Otro tema importantísimo es la inequidad histórica que resulta de la explotación del agua por una élite que domina y distorsiona las normas y regulaciones para tener el control y acceso al agua (Mehta, 2005). El reconocimiento de la naturaleza política de la escasez hídrica no implica que esta no sea real; sin embargo, cada vez es más evidente que estos aspectos deben estar integrados en el análisis, simplemente porque tienen efectos directos sobre cómo se perciben los problemas, se conceptualizan las soluciones y se soportan con las inversiones económicas y las decisiones de política pública.

Por ello, es importante reconocer que la escasez del agua y su manejo a través de la construcción de presas debe de incluir un reconocimiento de las interacciones sociales y políticas en el territorio. Las presas forman parte de un sistema social y ecológico que es complejo, y que está constituido por interacciones entre los seres humanos, grupos sociales, instituciones y cambios naturales. Instituciones no efectivas dan lugar a una gestión no sustentable del agua, abriendo la puerta al conflicto social, a la sobreexplotación, al desplazamiento forzado de las comunidades aledañas a las presas, al desbalance de poder entre usuarios y a la transferencia virtual de agua y narrativas sesgadas por intereses económicos, es decir, a la inequidad y la injusticia en la distribución del agua.
Atender la problemática de la escasez de agua trasciende entonces a la decisión exclusiva de construir una presa, y se reformula hacia una nueva manera de crear y ejercer la política hídrica nacional, considerando un contexto social, territorial y económico. En México, bajo la administración del presidente López Obrador, se han dado los primeros pasos rumbo a la construcción de una nueva manera de orientar la política hídrica hacia el cuidado de la vida y las personas, a la par que se reconocen inherentemente la inequidad en el acceso al agua y la desigualdad social. Esto requiere el ejercicio del quehacer público y la toma de decisiones con base en los pilares de la ética y la evidencia científica, utilizados para generar bienestar para la población y un desarrollo económico equitativo. Esto y más es posible cuando las decisiones se toman considerando los intereses de la nación y no solo los de unos cuantos.

Referencias

Blaikie, P. (1999). A review of political ecology. Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie, 43(1), 131– 147. https://doi.org/10.1515/zfw.1999.0009

Bousquet, F., Robbins, P., Peloquin, C., & Bonato, O. (2015). The PISA grammar decodes diverse human–environment-approaches. Global Environmental Change,34,159– 171.

https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.06.013

Di Baldassarre, G., Wanders, N., AghaKouchak, A., Kuil, L., Rangecroft, S., Veldkamp, T. I. E., ... van Loon,

A. F. (2018). Water shortages worsened by reservoir effects. Nature Sustainability, 1(11), 617–622. https://doi.org/10.1038/s41893-018-0159-0

Gleick, P. H. (2003). Global freshwater resources: Soft-path solutions for the 21st century. Science (New York, N.Y.), 302(5650), 1524– 1528. https://doi.org/10.1126/science.1089967

Gohari, A., Eslamian, S., Mirchi, A., Abedi-Koupaei, J., Massah Bavani, A., & Madani, K. (2013). Water transfer as a solution to water shortage: A fix that can backfire. Journal of Hydrology, 491, 23– 39. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.03.021

Gupta, J., Pahl-Wostl, C., & Zondervan, R. (2013). 'Glocal' water governance: A multi-level challenge in the anthropocene. Current Opinion in Environmental Sustainability, 5(6), 573– 580.

https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.09.003

Kahil, T., Albiac, J., Fischer, G., Strokal, M., Tramberend, S., Greve, P., ... Wada, Y. (2019). A nexus modeling framework for assessing water scarcity solutions. Current Opinion in Environmental Sustainability, 40, 72– 80. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.009

Kellner, E. (2019). Social acceptance of a multi-purpose reservoir in a recently deglaciated landscape in the Swiss Alps. Sustainability, 11(14), 3819. https://doi.org/10.3390/su11143819

Kummu, M., Guillaume, J. H. A., Moel, H. d., Eisner, S., Flörke, M., Porkka, M., ... Ward, P. J. (2016). The world's road to water scarcity: Shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. Scientific Reports, 6, 38495. https://doi.org/10.1038/srep38495

Liu, J., Yang, H., Gosling, S. N., Kummu, M., Flörke, M., Pfister, S., ... Oki, T. (2017). Water scarcity assessments in the past, present and future. Earth's Future, 5(6), 545– 559. https://doi.org/10.1002/2016EF000518

Liu, W., Antonelli, M., Kummu, M., Zhao, X., Wu, P., Liu, J., ... Yang, H. (2019). Savings and losses of global water resources in food-related virtual water trade. WIREs Water, 6(1), e1320. https://doi.org/10.1002/wat2.1320

Mehta, L. (2005). The politics and poetics of water: Naturalising of scarcity in Western India (396 pp). New Delhi, India: Orient Longman.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. Science Advances, 2(2), e1500323. https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323

Ostrom, E. (1990). Governing the commons: The evolution of institutions for collective action. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Scoones, I. (2010). Seeing scarcity: Understanding soil fertility in Africa. In L. Mehta (Ed.), The limits to scarcity: Contesting the politics of allocation (pp. 165– 178). London, UK: Routledge.

Sivapalan, M., Savenije, H. H. G., & Blöschl, G. (2012). Socio-hydrology: A new science of people and water. Hydrological Processes, 26(8), 1270– 1276. https://doi.org/10.1002/hyp.8426

Wanders, N., & Wada, Y. (2015). Human and climate impacts on the 21st century hydrological drought. Journal of Hydrology, 526, 208– 220. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.047

Escasez de agua, disponibilidad y agricultura

Adrián Pedrozo Acuña

La escasez del agua es reconocida como una de las amenazas más críticas para el correcto funcionamiento de la sociedad y la supervivencia de los ecosistemas acuáticos.

Por si esto fuera poco, bajo condiciones de un clima que está cambiando y que nos expone a eventos de sequías más severas y prolongadas, es de esperarse que en el futuro próximo la escasez se agrave (Hoekstra, 2014; Richter et al., 2020; Tang, 2020).

Por otro lado, sabemos que el usuario de agua más importante en todo el mundo es la agricultura, la cual está significativamente expuesta a los efectos del cambio climático, al desarrollo socioeconómico y al crecimiento poblacional (Gerten et al., 2020; Ward & Pulido-Velazquez, 2008). La intensificación de la escasez de agua en la agricultura afecta la producción de alimentos, lo que a su vez amenaza la seguridad alimentaria de todos los países, pero en particular la de los más pobres dentro de cada país (Huang et al., 2017; Pastor et al., 2019; Tong et al., 2016; Yin et al., 2017).

Adicionalmente, el incremento en el uso de agua por parte de otros sectores económicos puede afectar negativamente la salud de los ecosistemas acuáticos, por ejemplo, a través de la privación de flujos ambientales que son necesarios para mantener la salud de los ríos (Richter et al., 2020). En cuencas donde coexisten usuarios industriales y agrícolas de agua, el incremento en la demanda puede dar lugar a la sobreexplotación de ríos y acuíferos, abriendo la puerta a la no sustentabilidad en el uso del agua para la producción de alimentos de regiones enteras (Jägermeyr et al., 2017). Es por esta razón que una de las claves para el desarrollo adecuado de la sociedad en este siglo consiste en entender mejor la escasez hídrica bajo el cambio climático, su relación con el incremento en la demanda de alimentos y la influencia que esta ejerce sobre su producción, en particular con la relación entre la expansión de la frontera agrícola y la tecnificación de los sistemas de riego (FAO, 2018).

La mayor parte de los estudios sobre la escasez del agua se han enfocado exclusivamente en las extracciones o la disponibilidad en ríos, acuíferos, lagos y embalses. Generalmente, estos estudios nos ilustran una imagen no muy alentadora para diversas partes del mundo (Liu et al., 2017; X. Liu et al., 2019; Schewe et al., 2014). Sin embargo, este tipo de evaluaciones que consideran la disponibilidad del agua azul, tal como la denominó Hoekstra (2014) pueden no ser suficientes para reflejar el estrés hídrico actual para los diferentes cultivos (Quinteiro et al., 2018). Esto se debe a que el agua almacenada en la humedad del suelo y en los cultivos mismos, conocida como agua verde, representa la única fuente de agua para los

Fecha de publicación:
26 de Junio de 2022

Sabemos que el incremento en la escasez del agua en la agricultura seguramente reducirá la producción de cosechas en el futuro.

Núm. 22, 2022

DOI: doiorg/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 22

cultivos de temporal y una parte importante para los cultivos bajo riego. Por esta razón, los cambios en la disponibilidad del agua se deben evaluar en sus dimensiones azul y verde, pues ambas influyen de forma directa en la escasez de agua agrícola (Liu et al., 2017; Veettil y Mishra, 2016). La evaluación de la escasez del agua agrícola representa una herramienta para la prevención de conflictos por el incremento en la demanda futura de los usuarios de este líquido vital (Rosa et al., 2020) y puede ser instrumental para entender la dependencia que existe entre el uso del agua para consumo humano, las demandas hídricas de la agricultura y los flujos ambientales. Entre los esfuerzos más recientes para mejorar la representación de la escasez del agua con diferentes definiciones que se refieren al uso y disponibilidad del agua, Hoekstra et al. (2012) examinaron la escasez hídrica utilizando el concepto de huella hídrica, del que ya hemos hablado en esta columna.
Dentro de los avances más recientes en este sentido, Veettil y Mishra (2020) utilizaron dos índices que relacionan el uso del agua con su disponibilidad en ambas dimensiones, la azul (definida como el uso consuntivo de acuíferos y ríos) y la verde (definida como el agua almacenada en cultivos y humedad del suelo). En un estudio posterior, Rosa et al. (2020) introdujeron un índice económico de escasez hídrica en la agricultura que evalúa para los cultivos la falta de infraestructura de riego que resulta de una limitada capacidad institucional y económica, en contraste con las limitantes hidrológicas naturales. Este estudio comprendió un análisis con resolución temporal mensual que identificó que 25 % de los cultivos en todo el planeta están en regiones que son afectadas por una escasez hídrica de origen económico. Lo que queda claro en este y otros estudios es que, en todo el mundo, para tener una mejor prospectiva de los impactos de la escasez hídrica en la agricultura y bajo efectos del cambio climático se requiere una mejor representación de la relación entre la escasez hídrica y la agricultura.

Sabemos que el incremento en la escasez del agua en la agricultura seguramente reducirá la producción de cosechas en el futuro. El calentamiento global acelerará la evaporación del agua de los suelos y los cultivos, lo que, en combinación con la reducción de la precipitación en algunas zonas, resultará en una escasez hídrica severa, e incluso en una significativa desecación del suelo en algunas regiones áridas del planeta, como el Medio Oriente, Asia central o el noroeste de México. En particular, para el caso de México y América Central, la cuantificación del uso del agua verde para la producción de alimentos en la agricultura será de vital importancia,



sobre todo para aquellos cultivos que son muy demandantes desde el punto de vista hídrico (por ejemplo, la producción de nuez y algodón en el norte del país). Algunas proyecciones nos señalan que la disponibilidad del agua verde se verá reducida drásticamente en la región de América Central, con lo que se anticipa que las condiciones de escasez que hoy sufrimos se agravarán en un futuro próximo. Lo que representa una seria amenaza sobre la producción de alimentos.

De esta forma, el mejoramiento en la gestión del agua pasa necesariamente por la modernización en la cuantificación de la disponibilidad de este líquido en territorio. En particular, la incorporación y cuantificación del agua en las dimensiones referidas no solo al agua azul (ríos, embalses y acuíferos) sino también a la verde (humedad de suelo y cultivos), tal y como lo propuso en su marco de trabajo Hoekstra et al. (2014). Además, otro asunto que está pendiente es actualizar la normatividad y nuestra capacidad de monitoreo para poder considerar y cuantificar la variación interanual en la disponibilidad del agua azul y verde. Esto permitirá diseñar políticas de ajuste en función de una realidad local más inmediata y no en los tradicionales balances anuales, cuyo defecto más importante es que considera la disponibilidad anual calculada como inmediatamente aprovechable.

De manera global, sabemos que los mayores requerimientos de agua serán demandados por los cultivos con mayor huella hídrica: trigo, arroz, maíz, soya, cebada y algodón. Considerando el papel de estos cultivos en la seguridad alimentaria, es poco probable pensar en reducir la superficie global de estos cultivos para disminuir la escasez de agua. Algunos investigadores han propuesto como salida a la escasez hídrica la implementación de cultivos rotativos en tierras en las que se les permite descansar o no sembrar durante uno o varios ciclos vegetativos (p. ej. barbecho), anticipando que esta técnica tiene el potencial de mejorar la sustentabilidad del sistema agroecológico (Richter et al., 2020); sin embargo, es casi seguro que este tipo de medidas reduzcan la producción de los cultivos en esas tierras y, por tanto, que su implementación en lugares con escasez de alimentos sea sumamente complicada (FAO, 2018). Por esta razón, en un contexto global de incremento tanto en la demanda de alimentos como en la escasez de agua para la agricultura, este sector centra su atención en incrementar rendimientos y reducir el consumo de agua, dada la relativa baja eficiencia en países con grandes superficies agrícolas (p. ej. China e India). Por esta razón, mejorar la infraestructura y eficiencia en los sistemas de riego sigue siendo, como desde hace cuarenta años, una de las medidas clave para mejorar el uso del agua a través de la reducción del consumo hídrico de los cultivos. Para el presente y futuro, el tema central estriba en cómo manejar los ahorros de agua que se logren con las grandes inversiones en infraestructura.

Si seguimos por el camino inercial que expande la frontera agrícola con estos ahorros de agua, o que considera un volumen concesionado de agua como real y posible a lo largo del año y en cualquier instante, seguiremos por la ruta de la sobreexplotación y los conflictos sociales. De hecho, podemos anticipar que la conflictividad en territorio se incrementará a medida que la escasez aumente. Por esta razón, no es condición suficiente pensar exclusivamente en infraestructura o medidas de adaptación que nos permitan reducir los consumos o la evaporación en el suelo (Dlamini et al., 2017). Necesitamos generar un nuevo acuerdo social en torno al agua que nos permita priorizar la vida y las personas sobre la economía del mercado.

Referencias

Dlamini, P., Ukoh, I. B., van Rensburg, L. D., & du Preez, C. C. (2017). Reduction of evaporation from bare soil using plastic and gravel mulches and assessment of gravel mulch for partitioning evapotranspiration under irrigated canola. Soil Research, 55(3), 222– 233.https://doi.org/10.1071/SR16098

FAO. (2018). The future of food and agriculture—Alternative pathways to 2050 (p. 224). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gerten, D., Heck, V., Jägermeyr, J., Bodirsky, B. L., Fetzer, I., Jalava, M., et al. (2020). Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries. Nature Sustainability, 3(3), 200– 208. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0465-1

Hoekstra, A. Y. (2014). Water scarcity challenges to business. Nature Climate Change, 4(5), 318– 320. https://doi.org/10.1038/nclimate2214

Huang, J., Yu, H., Dai, A., Wei, Y., & Kang, L. (2017). Drylands face potential threat under 2°C global warming target. Nature Climate Change, 7(6), 417– 422. https://doi.org/10.1038/nclimate3275 Jägermeyr, J., Pastor, A., Biemans, H., & Gerten, D. (2017). Reconciling irrigated food production with environmental flows for Sustainable Development Goals implementation. Nature Communications, 8(1), 1– 9. https://doi.org/10.1038/ncomms15900

Liu, J., Yang, H., Gosling, S. N., Kummu, M., Flörke, M., Pfister, S., et al. (2017). Water scarcity assessments in the past, present, and future. Earth's Future, 5, 545– 559. https://doi.org/10.1002/2016EF000518

Liu, W., Antonelli, M., Kummu, M., Zhao, X., Wu, P., Liu, J., et al. (2019). Savings and losses of global water resources in food-related virtual water trade. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 6(1), e1320. https://doi.org/10.1002/wat2.1320

Pastor, A. V., Palazzo, A., Havlik, P., Biemans, H., Wada, Y., Obersteiner, M., et al. (2019). The global nexus of food–trade–water sustaining environmental flows by 2050. Nature Sustainability, 2(6), 499– 507. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0287-1

Quinteiro, P., Rafael, S., Villanueva-Rey, P., Ridoutt, B., Lopes, M., Arroja, L., & Dias, A. C. (2018). A characterisation model to address the environmental impact of green water flows for water scarcity footprints. The Science of the Total Environment, 626, 1210– 1218. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.201

Richter, B. D., Bartak, D., Caldwell, P., Davis, K. F., Debaere, P., Hoekstra, A. Y., et al. (2020). Water scarcity and fish imperilment driven by beef production. Nature Sustainability, 3(4), 319– 328. https://doi.org/10.1038/s41893-020-0483-z

Richter, B. D., Davis, M. M., Apse, C., & Konrad, C. (2012). A presumptive standard for environmental flow protection. River Research and Applications, 28(8), 1312– 1321. https://doi.org/10.1002/rra.1511 Rosa, L., Chiarelli, D. D., Rulli, M. C., Dell'Angelo, J., & D'Odorico, P. (2020). Global agricultural economic water scarcity. Science Advances, 6(18), eaaz6031. https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz6031

Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N. W., Clark, D. B., et al. (2014). Multimodel assessment of water scarcity under climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111(9), 3245– 3250. https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110

Tang, Q. (2020). Global change hydrology: Terrestrial water cycle and global change. Science China Earth Sciences, 63, 459– 462. https://doi.org/10.1007/s11430-019-9559-9

Tong, S., Berry, H. L., Ebi, K., Bambrick, H., Hu, W., Green, D., et al. (2016). Climate change, food, water and population health in China. Bulletin of the World Health Organization, 94(10), 759– 765.

https://doi.org/10.2471/blt.15.167031

Veettil, A. V., & Mishra, A. K. (2016). Water security assessment using blue and green water footprint concepts. Journal of Hydrology, 542, 589– 602. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.09.032

Veettil, A. V., & Mishra, A. (2020). Water security assessment for the Contiguous United States using water footprint concepts. Geophysical Research Letters, 47, e2020GL087061. https://doi.org/10.1029/2020GL087061

Ward, F. A., & Pulido-Velazquez, M. (2008). Water conservation in irrigation can increase water use. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105(47), 18215– 18220. https://doi.org/10.1073/pnas.0805554105

Yin, Y., Tang, Q., Liu, X., & Zhang, X. (2017). Water scarcity under various socio-economic pathways and its potential effects on food production in the Yellow River basin. Hydrology and Earth System Sciences, 21(2), 791– 804. https://doi.org/10.5194/hess-21-791

La carta de Plombières: mitigación de inundaciones en el siglo XIX

Laurent Courty

Después de las inundaciones de 1856 en Francia, Louis-Napoleón Bonaparte, conocido como Napoleón III, escribe desde la ciudad de Plombières una carta a su ministro de obras públicas mediante la cal definió su política de gestión de inundaciones.

Durante los meses de mayo y junio de ese año, los ríos Ródano y Loira se desbordaron y causaron fuertes inundaciones en varias ciudades francesas. Aprovechando las nuevas tecnologías de la época, como el ferrocarril y el telégrafo, Napoleón III inauguró un tratamiento mediático de la catástrofe que sigue vigente en la actualidad. Notablemente, el emperador realizó múltiples visitas a los damnificados, mismas que fueron ampliamente reportadas en la prensa [Picon y Allard, 2007].

Después de estas visitas de campo, el emperador dirigió una carta, el 19 de julio, a Eugène Rouher, ministro de agricultura, comercio y obras públicas, en la que describe las acciones que quiere ver realizadas para reducir el riesgo de inundaciones en el futuro.

El personaje podría ser controversial, especialmente ahora que México se prepara para conmemorar los 160 años de la victoria del ejército mexicano contra las fuerzas de Napoleón III en la batalla de Puebla; sin embargo, es de interés estudiar este documento emitido por Napoleón III desde el punto de vista de los conocimientos actuales de la hidrología y de la de prevención, gestión y mitigación de las inundaciones. La carta de Plombières fue escrita con un enfoque meramente técnico, coherente con la visión ingenieril del siglo XIX, y no toma en cuenta los aspectos ambientales o sociales de las obras hidráulicas. No obstante, hace referencia a algunos principios de prevención y mitigación de las inundaciones que siguen siendo válidos en la actualidad.

Primero, Napoleón III identifica las limitaciones de los diques y bordos, los cuales restringen las zonas de expansión natural de los ríos, pueden causar estragos más severos aguas arriba o abajo de la zona protegida, requieren una vigilancia y un mantenimiento constante y crean desastres más severos cuando llegan a fallar. También reconoce que es más eficiente retener el agua lo más cerca posible de su origen, para descargarla de manera gradual al cauce. De igual manera, el dirigente propone un sistema mediante el cual se inundaría de manera prioritaria las tierras agrícolas aguas arriba, para preservar las áreas urbana aguas abajo. Para esto, considera la indemnización de los agricultores por los potenciales daños a sus cultivos.

En fin, podemos ver que, a pesar de su antigüedad, la carta de Plombières describe métodos de gestión de inundaciones

Fecha de publicación:
30 de abril de 2022

Aprovechando las nuevas tecnologías de la época, como el ferrocarril y el telégrafo, Napoleón III inauguró un tratamiento mediático de la catástrofe que sigue vigente en la actualidad.

Núm. 15, 2022

DOI: doiorg/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 15



Napoleón III *visita a los damnificados de las inundaciones en Tarascón en junio de 1856. Pintura de William-Adolphe Bouguereau, 1856.*

que siguen vigentes hoy, y algunos que incluso se consideran todavía novedosos. Esa misiva sirvió de precursor a la Ley Relativa a la Ejecución de Obras Destinadas a Proteger las Ciudades de las Inundaciones del 28 de mayo de 1858 [Picon y Allard, 2007].

> Señor ministro,
> Después de haber examinado con usted los estragos causados por las inundaciones, mi primera preocupación ha sido buscar los medios para prevenir semejantes desastres. Según lo que he visto, existen en la mayoría de las localidades trabajos secundarios indicados por la naturaleza de los lugares, y que los hábiles ingenieros a cargo de estas obras ejecutaron fácilmente. De esta forma, nada más sencillo que ejecutar obras que protegen momentáneamente de inundaciones similares a las ciudades como Lyon, Valence, Aviñón, Tarascón, Orleans, Blois y Tours. Pero en cuanto al sistema general a adoptar para poner, en el porvenir, a salvo de tan terribles azotes nuestros ricos valles atravesados por grandes ríos, eso es lo que todavía hace falta y que se debe absoluta e inmediatamente encontrar.

Hoy en día, cada quien pide un dique, a costa de inundar a su vecino. No obstante, el sistema de diques no es nada más que un paliativo ruinoso para el Estado, imperfecto para los intereses a proteger, porque, en general, las arenas acarreadas levantando sin cesar el cauce de los ríos, y los diques tendiendo sin cesar a estrecharse, se tendría siempre que elevar el nivel de estos diques, prolongarlos sin interrupción en las dos orillas, y someterlos a una vigilancia en todo momento. Este sistema, que costaría solamente

para el Ródano más de cien millones, sería insuficiente, pues sería imposible obtener de todos los ribereños dicha vigilancia en todo momento, la única que podría prevenir una rotura, y un dique roturándose, la catástrofe sería aún más terrible si los diques hubieran sido edificados más alto. En medio de todos los sistemas propuestos, uno solo me pareció razonable, práctico, de una ejecución fácil y que tiene a su favor la experiencia.

Antes de buscar el remedio a un mal se debe estudiar bien la causa. Ahora bien, ¿de dónde vienen las crecidas súbitas de nuestros grandes ríos? Vienen del agua caída en las montañas, y muy poco del agua caída en las planicies. Eso es tan cierto que, para el Loira, la avenida se sintió en Roanne y Nevers veinte o treinta horas antes de llegar a Orleans o Blois. Lo mismo para los ríos Saona, Ródano y Gironda, y durante las últimas inundaciones, el telégrafo eléctrico ha servido para anunciar a las poblaciones con varias horas o incluso días de anticipación el momento bastante preciso de la crecida de aguas.

Este fenómeno es fácil de entender: cuando la lluvia cae en una planicie, la tierra sirve, por así decirlo, de esponja; el agua, antes de llegar al río, debe atravesar una vasta extensión de terrenos permeables, y su baja pendiente retrasa su escurrimiento. Pero, cuando, independientemente del deshielo, el mismo hecho se presenta en las montañas, donde el terreno, en la mayoría de los casos se compone de roca desnuda o de grava, nada retiene el agua, y la rapidez de las pendientes lleva todas las aguas caídas a los ríos, cuyo nivel se eleva súbitamente. Eso pasa todos los días frente a nuestros ojos cuando llueve: las aguas que caen en nuestros sembradíos forman pocos riachuelos, mientras las que caen sobre los techos de las casas y que son recogidas por las canaletas forman al instante pequeños cauces. Pues bien, los techos son las montañas, y las canaletas los valles. Si suponemos un valle de dos leguas de ancho por cuatro leguas de largo, donde han caído en las últimas veinticuatro horas 0.1 m de agua, tendremos en este mismo tiempo 12 millones 800 mil metros cúbicos de agua que se habrían escurrido hacia el río, y este fenómeno se repetiría por cada afluente del río. Así, supongamos que el Ródano o el Loira tenga diez afluentes, tendríamos el volumen inmenso de 128 millones de metros cúbicos de agua que se escurriría hacia el río en veinticuatro horas; pero si este volumen pudiera ser retenido de manera que el escurrimiento se hiciera en dos o tres veces más tiempo, entonces, entendemos, la inundación sería dos o tres veces menos peligrosa.

Todo consiste, entonces, en retrasar el escurrimiento de las aguas. El medio para lograrlo es edificar en todos los afluentes de los ríos, a las salidas de los valles y dondequiera que los cursos de agua sean encajonados, presas que dejen en su medio un estrecho pasaje para las aguas, las retengan cuando su volumen aumente, y formen así aguas arriba un depósito que se vaciaría lentamente. Se tiene que hacer en pequeño lo que la naturaleza hace en grande. Si el lago de Constanza y el lago de Ginebra no existieran, el valle del Rin y el valle del Ródano formarían dos vastas extensiones de agua, pues, todos los años, los lagos antes mencionados, sin lluvia extraordinaria, y solamente por el deshielo, aumentan sus niveles dos o tres metros, lo que significa un aumento de 2.5 mil millones de metros cúbicos para el lago de Constanza y de mil 770 millones para el lago de Ginebra. Entendemos que, si este inmenso volumen de agua no fuera retenido en las montañas, las cuáles, en la desembocadura de estos dos lagos, lo detienen y permiten solamente la salida del ancho y profundidad del río, una espantosa inundación tendría lugar todos los años. Pues bien, hemos seguido esta indicación natural, hace más de ciento cincuenta años, al edificar en el Loira una presa cuya utilidad está demostrada en el informe presentado a la Cámara, en 1847, por el Sr. Collignon, entonces diputado de Meurthe. Así es cómo lo describe:

> El dique de Pinay, construido en 1711, está a 12 kilómetros aproximadamente aguas arriba de Roanne. Esta obra, apoyándose en las rocas que estrechan

> el valle, y envolviendo los restos de un antiguo puente que la tradición hace remontarse a los romanos, reduce en este lugar el desemboque del río a un ancho de 20 metros; su altura arriba del estiaje es igualmente de 20 metros, y es por esta especie de orificio que el Loira está forzado a pasar durante los más grandes desbordamientos. La influencia del dique de Pinay es especialmente digna de atención, que fue creado, como demuestra el fallo del Consejo del 23 de junio de 1711, con el objetivo especial de moderar las avenidas y oponer a su brusca irrupción un obstáculo artificial, teniendo lugar obstáculos naturales, los cuales fueron imprudentemente destruidos en la parte superior del río.
>
> Pues bien, el dique de Pinay afortunadamente cumplio su oficio en el pasado mes de octubre: sostuvo las aguas hasta una altura de 21 metros y 47 centímetros arriba del estiaje; así detuvo y rechazó en la planicie del Forez una masa de agua que fue estimada en más de 100 millones de metros cúbicos, y la avenida había llegado a su altura máxima en Roanne cuatro o cinco horas antes de que este inmenso reservorio fuera completamente llenado.
>
> Si el dique no hubiera existido, no solamente hubiera llegado la avenida mucho más rápidamente a Roanne, sino que el volumen de agua movido por la inundación hubiera aumentado a alrededor de 2.5 metros cúbicos por segundo; la duración hubiera sido más corta, pero la imaginación se espanta de lo que toda esta circunstancia hubiera podido agregar al desastre ya tan grande, del cual el valle del Loira ha sido escenario. Además, la elevación de las aguas arriba del dique de Pinay no produjo ningún desorden, al contrario, la planicie del Forez se beneficiará durante muchos años de la acción fecundante de los limos que el agua, gradualmente acumulada por la resistencia del dique, le ha depositado.
> Tal fue el papel de esta obra, que una sabia previsión ha elevado para nuestra seguridad y para servirnos de ejemplo. Ahora bien, existe en las gargantas de donde salen los afluentes de nuestros ríos un gran número de puntos en donde la experiencia de Pinay podría reproducirse económicamente si los puntos son bien elegidos, y sería útil para moderar el escurrimiento de las aguas, y no tendría inconvenientes y, a menudo, produciría una gran ganancia para la agricultura. En lugar de estos diques abiertos en toda su altura, fue propuesto construir también presas llenas, equipadas de una válvula de fondo o de un vertedor superficial. Dichos reservorios así formados podrían retener a voluntad las aguas de inundaciones y permitirían designarlas, durante los periodos de sequía, a las necesidades de la agricultura y al mantenimiento de un útil nivel de estiaje para los ríos.

El edicto de 1711, de cuál habla el señor Collignon, indica perfectamente el papel que los diques tienen que jugar:

> Es indispensablemente necesario construir tres diques en el intervalo del cauce del río donde los barcos no pasan: el primero en las pilas de Pinay, el segundo en el lugar del castillo de La Roche y el tercero en los pilares de un antiguo puente que estaba construido sobre el Loira al extremo del pueblo de Saint-Maurice Con la ayuda de estos diques, los pasos, siendo restringidos, cuando llegaren grandes avenidas, las aguas que pasaban en dos días tendrían dificultad para pasar en cuatro o cinco. El volumen de las aguas, siendo disminuido a menos de la mitad, no causaría más estragos semejantes a los ocurridos en los últimos tres años."

En efecto, en 1856, como en 1846, los diques de Pinay y de La Roche salvaron a Roanne de un completo desastre.

Notamos asimismo que, según el Sr. Boulangé, exingeniero en jefe del departamento del Loira, el dique de Pinay costó solamente 170,000 francos, y el de La Roche 40,000 francos, y estima un gasto de solamente 3,400,000 francos para la creación de cinco nuevos grandes diques y veinticuatro presas, las cuales propone construir sobre los afluentes del Loira. Por cierto, el Sr. Polonceau, ex inspector de la división de puentes y caminos, quien acepta en parte el mismo sistema, piensa que podríamos realizar estos mismos diques con tierra, tablones y polines, lo que sería aún más económico.

Ahora, como es muy importante que las avenidas de cada pequeño tributario no lleguen al mismo tiempo al río principal, podríamos tal vez, multiplicando en unos o restringiendo en otros el número de presas, retrasar el flujo de algunos afluentes, de tal manera que las crecidas lleguen siempre una tras la otra. De acuerdo con el antecedente, y siguiendo el ejemplo de Pinay, dichas presas, lejos de dañar a la agricultura, serían favorables por el depósito de limos que se haríaen los lagos artificiales y que servirían para fertilizar las tierras.

Donde los ríos acarrean arenas, estas presas tendrían la ventaja de retener gran parte de ellas, y al aumentar la corriente en medio de los ríos, profundizarían la vaguada. Pero en el caso de que estas presas causaran perjuicios a los cultivos de los valles, se tendrían que atender indemnizando a los dueños, porque se tendría que resolver dando su parte al agua, como lo hacemos dando su parte al fuego en un incendio, es decir, sacrificar a los valles estrechos pocos fértiles por salvar los ricos terrenos de las llanuras.

Este sistema puede ser eficaz solamente si se generaliza, es decir, si se aplica a los más pequeños tributarios de los ríos. Será poco costoso si multiplicamos las pequeñas presas en lugar de construir algunas de gran tamaño. Pero está claro que eso no impide las obras secundarias que deben proteger a las ciudades y a algunas llanuras más expuestas. Es mi deseo, entonces, que haga estudiar este sistema lo más pronto posible en los lugares mismos por los hombres competentes en su ministerio.

Es mi deseo que, independientemente de los diques que deben ser construidos en los puntos más amenazados, se construya en Lyon un vertedor similar al que existe en Blois, el cual tendría la ventaja de preservar la ciudad y de aumentar mucho la defensa de esta plaza fuerte.

Es mi deseo que en el cauce del río Loira se construyan durante las aguas bajas, y paralelamente al curso del río, diques hechos de ramas, abiertos aguas arriba, formando vasos de entarquinamiento, así como lo propone el señor Fortin, ingeniero de puentes y caminos. Dichos diques tendrán la ventaja de parar las arenas sin parar las aguas y de profundizar el cauce del río.

Es mi deseo que el sistema propuesto para el Ródano por el Sr. Vallé, inspector general de puentes y caminos, fuera seriamente estudiado con el concurso del gobierno suizo. Ello consiste en bajar las aguas del río Ródano donde desemboca al lago de Ginebra, y construir allá una presa. Por este medio obtendríamos, según él, una disminución de las altas aguas del Leman útil al Valais, al Vaud y a la Saboya; una mejor navegación del lago, embellecimientos en Ginebra, inundaciones menos desastrosas en el valle del Ródano y una mejor navegación en dicho río.

En fin, es mi deseo que, como ya existe para algunos, el régimen de los grandes ríos fuera confiado a una sola persona, para que la dirección fuera única y presta en el momento del peligro. Es mi deseo que los ingenieros que han adquirido una larga experiencia en el régimen de los cursos de agua puedan ascender en el lugar y no estar distraídos de repente de sus trabajos particulares; porque suele pasar que un ingeniero que dedicó una parte de su vida a estudiar o a trabajos marítimos en la costa, o trabajos hidráulicos en

el interior, sea de pronto, por promoción, empleado en otro servicio, donde el Estado pierde el fruto de sus conocimientos especiales, resultado de una larga práctica.

Lo que ha sucedido después de la gran inundación de 1846 debe servirnos de lección; hemos hablado mucho a las Cámaras, hemos hecho informes muy brillantes, pero ningún sistema fue adoptado, ningún impulso claramente definido fue dado, y nos limitamos a realizar obras parciales, las cuales, según todos los hombres de ciencia, han servido únicamente, por sus problemas generales, a volver los efectos del último azote aún más devastadores.
En esto, le ruego a Dios, Sr. ministro, que lo tenga bajo su santa custodia.
Napoleón

Plombières, a 19 de julio de 1856.

Referencias

Picon, B., & Allard, P. (2007). Les inondations du Rhône aval de 1856, 1993, 1994, 2003 et leurs répercussions sociétales. La Houille Blanche, 2, 52–57. https://doi.org/10.1051/lhb:2007017

Agua y desarrollo económico en zonas cársticas

Adrián Pedrozo Acuña

Las zonas cársticas comprenden regiones geográficas cuyo subsuelo está caracterizado por una geología dominada por calizas, dolomitas, mármol, yeso y sal generando ambientes únicos por su belleza.

Fecha de publicación:
24 de abril de 2022

En México, la región cárstica por excelencia se encuentra en la península de Yucatán.

Este tipo de regiones representan aproximadamente el 12 % de la superficie total del planeta y, además, coinciden con zonas de abundantes recursos naturales, como son el agua, las canteras de calizas, el petróleo y el gas natural (Kalhor et al., 2019).

Estas regiones son al mismo tiempo las más diversas, fascinantes y problemáticas, dada la complejidad natural del territorio. Contienen los manantiales más grandes y las fuentes de abastecimiento de agua potable más productivas de la Tierra por su rápida tasa de renovación. Además, se caracterizan por las rápidas fluctuaciones de los niveles freáticos del acuífero en respuesta a eventos de precipitación que ocurren en la superficie. Esta complejidad en la hidrología requiere de especialistas que nos permitan entender los flujos a una escala regional, los tiempos de residencia del agua en los acuíferos y los tiempos de retraso entre eventos de tormenta y la recarga del acuífero, lo que a su vez requiere de información y datos de campo sobre los flujos subterráneos y las cavernas. En todo el mundo, las zonas cársticas ofrecen un abanico extenso de recursos naturales, por lo que su aprovechamiento adecuado y responsable tiene el potencial de generar diversos beneficios económicos.

Tan solo en Estados Unidos de América existen diversas grandes ciudades ubicadas sobre regiones cársticas, como son San Luis, Missouri; Nashville, Tennessee; Birmingham, Alabama; y Austin, Texas, entre otras. Por otro lado, en México, la región cárstica por excelencia se encuentra en la península de Yucatán (Bauer-Gottwein et al., 2011), con lo que las ciudades de Campeche, Mérida y Cancún podrían aprovechar las lecciones aprendidas de ciudades más grandes ubicadas sobre este tipo de geología. Entre esas lecciones que se observan en diversos países se registran problemas ambientales comunes que es necesario identificar y que es posible atender, como son la generación de socavones en la superficie de la tierra o la fragilidad a la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua dulce. En las ciudades, este último se manifiesta como resultado de la falta de sistemas de drenaje y saneamiento adecuados, que redunda en la infiltración de sustancias químicas industriales y domésticas en el acuífero, mientras que en zonas rurales, la contaminación está más asociada al uso de pesticidas, fertilizantes, herbicidas, ganadería y al inadecuado manejo de residuos (Bakalowicz, 2005; Reberski et al., 2022). Por otro lado, un ordenamiento territorial que ignora la dimensión hidrológica para organizar el crecimiento de las localidades puede redundar en la desestabilización del

Núm. 14, 2022

DOI: doiorg/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 14

equilibrio entre las componentes superficiales y subterráneas del ciclo del agua, que modifican los patrones de flujo para dar lugar a socavones.

Los complejos procesos geológicos que tienen lugar en ambientes cársticos incrementan los problemas para vivir en ellos. Sin embargo, a medida que nuestro entendimiento de este tipo de sistemas ha mejorado, también lo ha hecho nuestra habilidad para prevenir diversos problemas asociados al uso del suelo y para remediarlos cuando ocurran. La ciencia y la tecnología proveen actualmente información diversa sobre el funcionamiento de los acuíferos cársticos Este conocimiento nos permite atender de forma preventiva y correctiva el problema de la contaminación, así como la identificación de las zonas de cavernas susceptibles a fallas geológicas importantes. Por ejemplo, conocer los flujos regionales en un acuífero nos permite identificar zonas de riesgo de contaminación y clasificar los pozos de extracción de agua potable en función de tal riesgo. También, en ciudades donde se sabe que hay contaminación del acuífero es imperativo controlar su crecimiento y establecer soluciones tecnológicas descentralizadas para el tratamiento de aguas residuales.

El componente subterráneo del ciclo hidrológico en estas regiones es el más importante, y posee peculiaridades que es



necesario conocer, como el flujo subterráneo que se da entre fracturas y cavidades que se producen por la disolución natural de las calizas ante los flujos de agua a velocidades muy rápidas, en contraste con el flujo mucho más lento y uniforme de un acuífero arcilloso. Por esta razón, las tasas de recarga en estos acuíferos tienen las velocidades más rápidas que existen en la naturaleza, y el nivel freático responde con tanta rapidez a eventos de tormenta e inundación en la superficie, dando como resultado una amplificada interacción entre los procesos hidrológicos superficiales y subterráneos. Es importante señalar que incluso en la ausencia de ríos superficiales (como en la península de Yucatán), una región cárstica es una zona de recarga del acuífero. De esta forma, el agua superficial que escurre sobre toda la superficie, y no solamente a través de los característicos cenotes, tiene el potencial de arrastrar sedimentos y contaminantes al subsuelo.

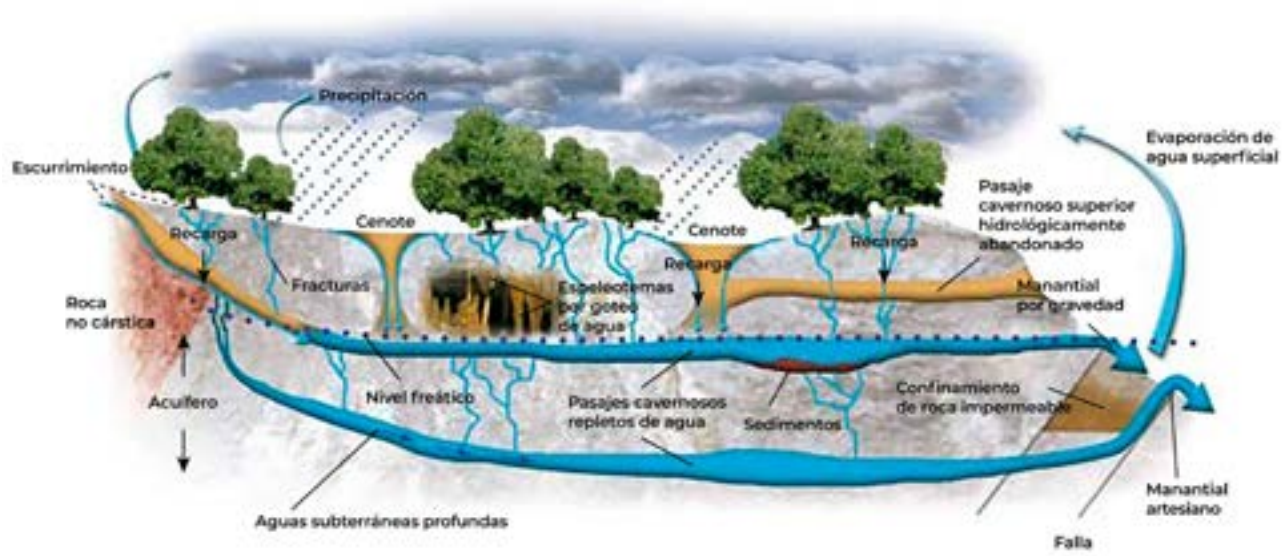
Es por esto que el inadecuado control de la expansión urbana de ciudades pequeñas y grandes ubicadas en zonas cársticas requiere una especial atención. Su expansión gestionada bajo una óptica unidimensional de crecimiento económico acelerado no ofrece todas las dimensiones necesarias que se deben incorporar en el análisis de una zona con estas características. No se trata de detener el desarrollo económico, sino de hacerlo de la mano de la evidencia científica más reciente, al servicio del interés de todos y que permita tomar las decisiones de gobierno en beneficio de las comunidades que ahí viven. De esta forma detonaremos un desarrollo equitativo, seguro y confortable para todos los habitantes. Es importante mencionar que es posible resolver todas las preocupaciones ambientales asociadas a las regiones cársticas del mundo, siempre de la mano de la ciencia y la tecnología.

En el caso de la península de Yucatán, en los últimos años se ha registrado un crecimiento poblacional y económico acelerado en sus ciudades más importantes, entre las que destacan Mérida y Cancún, pero que incluye a otros polos de desarrollo turístico como Playa del Carmen y Tulum por mencionar algunas. Este desarrollo económico, impulsado por diversas actividades, entre las que destaca el turismo, ha modificado las relaciones sociales entre las comunidades de la península, alterando sistemas de producción agrícola y dietas, y concentrando el crecimiento en sólo algunos polos de desarrollo. Esto, a su vez, ha motivado un crecimiento urbano muy intenso y desordenado en estas ciudades. Este crecimiento no ordenado impone un importante incremento en el riesgo de contaminación del acuífero de Yucatán más que ningún otro proceso antropogénico. Es sabido que la ciudad de Mérida carece de un sistema de drenaje adecuado. Por si esto fuera poco, este crecimiento no ordenado genera altos niveles de tráfico y contaminación del aire que inciden directamente en la calidad de vida de los habitantes. Véase tan solo lo ocurrido el siglo pasado en las zonas metropolitanas de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. Por tanto, el desarrollo de un proyecto tecnológico de transporte en el sureste mexicano, que comunica las grandes ciudades y las integra con las comunidades más pequeñas, permitirá un desarrollo equitativo, pues le abre la puerta a los habitantes de todas las localidades de la península de Yucatán para acceder e integrarse al desarrollo económico de los polos ya establecidos en la región sin que necesariamente se vea forzada su migración a ellas. Al mismo tiempo, limita el crecimiento de estos polos, pues ya no es necesario vivir en esas ciudades para acceder a una mejor calidad de vida. El Tren Maya es un proyecto que ofrece la oportunidad de un desarrollo regional integral a todas las personas, y no solo a unos cuantos que viven en dos o tres ciudades.

Durante la segunda mitad del siglo XX, este tipo de trenes rápidos fue reconocido como un parteaguas en la tecnología del transporte de pasajeros, que permitió equilibrar el desarrollo económico regional en diversos países de Europa y en China (Chang et al., 2022), lo cual facilitó la integración del mercado y permitió el desarrollo de otras ciudades que se habían quedado rezagadas al interior de los países. El Tren Maya es, entonces, una gran oportunidad para conservar el acuífero de Yucatán, pues contiene el crecimiento acelerado de polos de desarrollo urbanos (Mérida, Cancún) y favorece el crecimiento ordenado de comunidades más pequeñas en toda la región.

Por esta razón, acompañamos este proyecto con el mejor conocimiento disponible, para que con las mejores prácticas internacionales y la ética que nos convoca a cuidar la vida y a las personas, avanzamos para conservar este acuífero cárstico.

El ciclo hidrológico en áreas cársticas



Referencias

Kalhor, K., Ghasemizadeh, R., Rajic, L., Alshawabkeh,A. 2019. Assessment of groundwater quality and remediation in karst aquifers: A review, Groundwater for Sustainable Development, Volume 8, Pages 104-121, https://doi.org/10.1016/j.gsd.2018.10.004

Bakalowicz, M. 2005. Karst groundwater: a challenge for new resources. Hydrogeol. J., 13 (1), pp. 148- 160, 10.1007/s10040-004-0402-9

Bauer-Gottwein, P., B.R.N. Gondwe, G. Charvet, L.E. Marín, M. Rebolledo-Vieyra, G. Merediz-Alonso. 2011. Review: the Yucatán Peninsula karst aquifer, Mexico. Hydrogeol. J., 19 (3) (2011), pp. 507-524, 10.1007/s10040-010-0699-5

Reberski, J.L., Josip Terzić, Louise D. Maurice, Dan J. Lapworth, 2022. Emerging organic contaminants in karst groundwater: A global level assessment, Journal of Hydrology, Volume 604, 127242, ISSN 0022- 1694, https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127242.

Zheng Chang, Longfei Zheng, Tianren Yang, Fenjie Long, High-speed rail, new town development, and the spatial mismatch of land leases in China, Land Use Policy, 10.1016/j.landusepol.2022.106014, 115, (106014), (2022).

Zheng S.and M. E. Kahn. 2013. China's bullet trains facilitate market integration and mitigate the cost of megacity growth, PNAS, 110 (14) E1248-E1253 | https://doi.org/10.1073/pnas.1209247110

Reconexión de agua, comunidad y territorio en ciudades; el caso del lago de Texcoco

Adrián Pedrozo Acuña

En todas las cuencas del mundo, las actividades humanas introducen cambios en el patrón del uso del suelo y la ocupación del territorio, las cuales dan pie a un sinnúmero de procesos que modifican la calidad del medio ambiente e incluso del medio urbano (Zope et al., 2016; Weather y Evans, 2009)

Entre estos procesos de transformación del territorio, la urbanización genera diversas alteraciones en el paisaje natural que lo modifican y fragmentan, poniendo una gran presión sobre especies nativas de flora y fauna, cuyas poblaciones frecuentemente se reducen a raíz del crecimiento de las zonas urbanas. Por esta razón, estos cambios son considerados como un vector de degradación del ambiente y de la salud de los ecosistemas.

El proceso de fragmentación y separación del agua en ambientes urbanos, que produce la degradación de la calidad del agua y el medio ambiente, ha dado lugar al surgimiento de diversas voces que llaman a recuperar y reconciliar la relación entre el ciclo hidrológico natural y las ciudades. Diversos estudios nos indican que, en las ciudades, a través de una adecuada planeación de las modificaciones humanas al ciclo hidrológico, es posible incidir de forma directa y positiva sobre la conservación de la naturaleza, la biodiversidad y el bienestar de las personas (Ahmed y Musa, 2019). La presencia de flujos de agua de buena calidad al interior de las ciudades es un factor que determina y mejora la calidad de vida de sus habitantes, favoreciendo aspectos como la recreación, el paisaje y dimensiones socioculturales. Esto hace evidente lo ya conocido desde el inicio de los asentamientos humanos: que el agua representa un elemento de conexión entre los seres humanos, su bienestar y su herencia cultural.

En una escala espacial, definida por la cuenca, los ríos resumen territorialmente las acciones y decisiones que se toman relativas al manejo del agua, por ejemplo, la disposición de las aguas residuales domésticas e industriales, y que se materializan en la salud ambiental de los ríos y lagos, así como en la salud de los habitantes de la ciudad. En la práctica existen muy pocos ríos urbanos en condiciones naturales y, por el contrario, en la mayoría de las ciudades del mundo encontramos casos que muestran una intervención antropogénica que impulsó su entubamiento (p. ej. en Ciudad de México: el río Churubusco y el río de la Piedad/Viaducto Miguel Alemán), la transformación de las márgenes en bordes rígidos de concreto y canales rectificados, así como la desvinculación de las planicies de inundación de los ríos y procesos fluviales naturales, por ejemplo, a través de la construcción de diques y obras de protección (CIRF, 2006; Riley, 1998). Este paisaje

Fecha de publicación:
18 de abril de 2022

La restauración de ríos busca armonizar en una cuenca, las necesidades humanas y ambientales que son dinámicas en el tiempo.

Núm. 13, 2022

DOI: doiorg/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 13



urbano resultó de una visión ingenieril clásica, que asignaba características de canales estables y rígidos a los ríos, y que los utilizaba como vías para el desalojo del agua residual producida por los asentamientos humanos. Este paradigma impulsó en muchos casos una lógica de separación del ser humano y los procesos naturales y el medio ambiente, tomando como premisa la superioridad técnica y el control sobre la naturaleza por parte de los ingenieros hidráulicos. Sin embargo, en la actualidad, esta manera de manejar el agua en un ambiente urbano ha resultado completamente ineficiente en la mayoría de los casos. Los cambios impuestos bajo esta lógica transfieren los problemas de exceso de agua a localidades o regiones aguas abajo de las obras y modifican profundamente el balance hidrológico y morfológico de las cuencas. Por si esto fuera poco, se requieren anualmente grandes sumas de dinero para reparar los daños por inundaciones o para mantener la capacidad hidráulica de los ríos con desazolves y sobreelevación de bordos, lo que ha dado lugar a una espiral de gasto creciente en diversos países europeos (Arnaud et al., 2019), Bangladesh (Haque et al., 2019), Estados Unidos (Shadie et al., 2018) y Brasil (Miguez et al., 2015) por citar algunos casos. De esta forma, la desnaturalización de los sistemas hídricos en ambientes urbanos ha redundado en su debilitamiento y en la degradación del ambiente, situaciones que incrementan la escasez de agua necesaria para el buen funcionamiento de las ciudades.

En todo el mundo se reconoce que esta separación conceptual y práctica de las ciudades y sus cuerpos de agua está fuertemente dominada por decisiones relativas a un ordenamiento territorial que no consideraba en su diseño la vocación hidrológica natural del territorio, sino más bien las presiones relativas a su desarrollo económico y habitacional (Zope et al., 2016; Ali et al., 2011). De esta forma, hasta hace poco no se reconocía que la impermeabilización de las cuencas urbanas y la remoción de la vegetación inciden directamente en el balance hídrico y reducen la recarga de los acuíferos e incrementan el riesgo ante inundaciones súbitas (Zhou, 2014). Estas afectaciones se añaden al deterioro de la calidad del agua de ríos y lagos urbanos, que se produjo como resultado de la utilización de cauces para desalojar el agua residual producida en la ciudad hacia fuera de la misma.

Esta lógica separatista del agua y las ciudades ha generado desequilibrios hídricos de todos los sistemas ambientales urbanos, por lo que en años recientes se reconoce a la restauración y preservación de cuerpos de agua en

ciudades como una nueva medida para recuperar el equilibrio ambiental y los desbalances creados por el hombre. La restauración de ríos busca armonizar en una cuenca las necesidades humanas y ambientales que son dinámicas en el tiempo, y cuya atención permite atender de una forma integral y sustentable los riesgos hídricos asociados a la escasez y calidad del agua, lo que a su vez habilita el buen funcionamiento del ambiente y la economía. De hecho, Park y Lee (2019) señalaron que el primer paso para la restauración de un cuerpo de agua (río o lago) consiste justamente en reconocer y detener las causas que originan el daño a su estructura y funciones ambientales, así como reconocer y atender los factores que evitan que el sistema se recupere hacia una condición de equilibrio o sustentabilidad. En cuencas urbanas, la restauración de ríos es una actividad altamente complicada, por la magnitud e influencia espacial de los cambios en el uso de suelo. Complicada sí, pero no imposible, la restauración de un cuerpo de agua urbano representa también la posibilidad de reconectar al río y al agua con su ciudad y habitantes, aun cuando no sea posible llevar a cabo la recuperación o restauración completa del río (Chou, 2016).

Quizá el ejemplo más claro de lo anterior está dado por la rehabilitación del río Cheonggyecheon, en la Ciudad de Seúl, Corea del Sur. En los años sesenta, la presión sobre el cauce de este río, derivada del crecimiento poblacional, fue enorme, convirtiéndolo en una alcantarilla al aire libre. Para limitar la exposición de la población a las aguas negras, y en conjunto con las necesidades viales de la ciudad, se decidió entubar el cauce e instalar una autopista de dos niveles sobre el mismo río (similar al río Churubusco o al viaducto Miguel Alemán en Ciudad de México). En esos años, la desaparición del río se convirtió en un símbolo del desarrollo económico y de modernidad para Corea del Sur. Sin embargo, a inicios de este siglo, la ciudad modificó su estrategia, otorgando protagonismo al cuidado de la salud ambiental. Esto permitió, en el año 2005, implementar un proyecto cuyo propósito fue redescubrir el río y diseñar un nuevo parque lineal para el disfrute de sus ciudadanos, donde el río forma parte del paisaje urbano y permite el florecimiento de especies acuáticas en el cauce (Ryu y Kwon, 2016). Este tipo de proyectos han abierto la puerta al nuevo paradigma global para la gestión del agua en ambientes urbanos, cuyo propósito fundamental es cuidar y restaurar las funciones hidrológicas de los cuerpos de agua y sus ambientes acuáticos (Adams y Perrow, 2004).

Por otro lado, en nuestro país, una de las cuencas urbanas que más ha sufrido alteraciones en sus ríos y el ciclo hidrológico natural, es la cuenca del valle de México. Su evolución temporal está fuertemente influenciada por decisiones humanas que datan desde la determinación mexica de fundar la ciudad de Tenochtitlán dentro del lago de Texcoco, y que continuaron con la decisión colonial de secar el lago para fundar sobre la antigua ciudad mexica a la Ciudad de México. Esta lógica de sacar el agua de la cuenca y secar el lago se mantuvo como premisa para las decisiones hídricas más recientes de la ciudad, como fueron la construcción del Tunel Emisor Oriente (que conduce el agua hacia la zona de Hidalgo) o la construcción del Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México en el Lago de Texcoco.

Sin embargo, el pasado 22 de marzo de 2022, la historia de la relación entre el agua y la cuenca del valle de México cambió de dirección con el anuncio realizado por el presidente de la república, el Lic. Andrés Manuel López Obrador, y la titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), Mtra. María Luisa Albores González, quienes presentaron el decreto de creación del área natural protegida (ANP) en la zona del lago de Texcoco. Con esta decisión se reconduce la relación entre el agua, la Ciudad de México y su cuenca, utilizando como centro de gravedad una política ambiental que pone a las comunidades y al medio ambiente como punto focal, pues tiene como objetivo último la conservación y restauración de este cuerpo de agua, que además posee un significado de identidad nacional, pues aparece plasmado en nuestro escudo nacional. De esta forma, nuestro país se coloca como

impulsor del nuevo paradigma que utiliza al agua como elemento de reconexión entre el medio ambiente, el cuidado del territorio y el bienestar de las comunidades. Como paso siguiente a este decreto de creación de la ANP del lago de Texcoco, la Semarnat ha dispuesto la conformación de un equipo interinstitucional que se hará cargo de elaborar su Programa Hídrico, cuyo objetivo es definir el manejo del agua dentro de la ANP para generar beneficios sociales y ambientales., a través de la armonización de los sistemas hídricos y su reconexión con el ambiente y la comunidad. Para ello, las instituciones involucradas nos hemos planetado utilizar un enfoque integral de cuenca, que articule la opinión de las comunidades con las necesidades ambientales de la ANP, las del parque ecológico y la regulación de avenidas para el valle de México. Asimismo, y por instrucción de la secretaria Albores, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua ha sido designado como secretaría técnica de este grupo de trabajo y se encargará de coordinar acciones y necesidades de diversas dependencias federales, considerando siempre un eje transversal de participación ciudadana. Además, cuidará el adecuado funcionamiento hidrológico e hidráulico de la ANP y su calidad del agua e implementará zonas de actividades productivas sustentables, de conservación y de restauración de la biodiversidad. Esta acción representa también un reconocimiento hacia los pueblos originarios de la cuenca de Texcoco, quienes llevan décadas luchando por la conservación del lago. Así, el sector ambiental, con todas sus capacidades al servicio de la gente y del cuidado del territorio, trasciende el modelo con el que solía contratar y entregar proyectos para después olvidar su mantenimiento e impacto.

Referencias

Adams, W.M.; Perrow, M.R.; Carpenter, A. Conservatives and champions: River managers and the river restoration discourse in the United Kingdom. Environ. Plan. A 2004, 36, 1929–1942.

Ahmed, E.H.A.-R.; Musa, A.E.A. Biodiversity: Concepts, benefits, and values for economic and sustainable development. In Biodiversity and Conservation; Apple Academic Press: Waretown, NJ, USA, 2019; pp. 1–26. ISBN 9781771887489.

Arnaud, F.; Schmitt, L.; Johnstone, K.; Rollet, A.J.; Piégay, H. Engineering impacts on the Upper Rhine channel and floodplain over two centuries. Geomorphology 2019, 330, 13–27. [

Cengiz, B. Urban river landscapes. In Advances in Landscape Architecture; Ozyavuz, M., Ed.; InTech: Rijeka, Croatia, 2013.

Chou, R.J. Achieving successful river restoration in dense urban areas: Lessons from Taiwan. Sustainability 2016, 8, 1159.

CIRF - Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale. La Riqualificazione Fluviale in Italia: Linee Guida, Strumenti ed Esperienze per Gestire i Corsi d'Acqua e il Territorio, 1st ed.; Nardini, A., Sansoni, G., Eds.; Mazzanti Editore: Venezia, Italy, 2006; ISBN 8888114661.

Haque, C.E.; Azad, M.A.K. Mahed-Ul-Islam Choudhury Discourse of flood management approaches and policies in Bangladesh: Mapping the changes, drivers, and actors. Water 2019, 11, 2654.

Miguez, M.G.; Veról, A.P.; De Sousa, M.M.; Rezende, O.M. Urban floods in lowlands-levee systems, unplanned urban growth and river restoration alternative: A case study in Brazil. Sustainability 2015, 7, 11068–11097.

Park, K.; Lee, K.S. Development of sustainable integrated design framework for stream restoration. Sustainability 2019, 11, 674.

Riley, A.L. Restoring Streams in Cities, a Guide for Planners, Policymakers, and Citizens; Island Press: Washington, DC, USA, 1998.

Ryu C, Kwon Y. How Do Mega Projects Alter the City to Be More Sustainable? Spatial Changes Following the Seoul Cheonggyecheon Restoration Project in South Korea. Sustainability. 2016; 8(11):1178. https://doi.org/10.3390/su8111178

Shadie, C.E.; Lopez-Llompart, P.; Samet, M.; Strole, T.; Kondolf, G.M. Managing Floods in Large River Basins in the USA: The Mississippi River. In Managing Flood Risk; Palgrave Macmillan: Cham, Switzerland, 2018; pp. 11–41. ISBN 9783319716732.

Wheater, H.; Evans, E. Land use, water management and future flood risk. Land Use Policy 2009, 26, 251–264.

Zope, P.E.; Eldho, T.I.; Jothiprakash, V. Impacts of land use-land cover change and urbanization on flooding: A case study of Oshiwara River Basin in Mumbai, India. Catena 2016, 145, 142–154.

Restauración hidrológica como base para la recuperación de nuestro capital natural

Agustín Breña Naranjo

Desde el comienzo de la revolución industrial, hace ya más de 250 años, el ritmo de degradación ambiental de nuestros ecosistemas y de los servicios ambientales que proveen ha crecido de manera exponencial

Prácticamente todos los estados-nación de nuestro planeta han sido y siguen siendo impactados por actividades que han afectado al conjunto de activos que producen servicios ecosistémicos (también conocido como capital natural), tales como la pérdida de biomas terrestres y acuáticos, de biodiversidad y de suelos y reservas de agua dulce (superficiales y subterráneas), entre otros.

Si bien los avances tecnológicos de las últimas décadas han mejorado la estimación física del capital natural con el que contamos, así como sus flujos de entrada y salida, esto no ha revertido la degradación de cuencas, acuíferos y costas. De manera más específica, la llegada de nuevas herramientas para simular el ciclo hidrológico y sus respectivos balances en términos cuantitativos y cualitativos ha permitido la generación de estadísticas e indicadores de sustentabilidad hídrica.

El recurso hídrico, por ser un recurso finito, sobre todo en aquellas regiones que sufren de escasez de agua (ya sea de tipo intermitente o permanente), tiene un valor intrínseco, principalmente por el valor agregado a diferentes actividades, muchas de ellas vitales para nuestra estabilidad social, económica y política. No obstante, el agua ha sido una variable invisible dentro de la valuación económica del sector primario (agricultura, ganadería, minería) y secundario (industria, energía), debido a que sus usuarios no pagan su valor real [Hoekstra, 2013]. Por ejemplo, en la agricultura de riego, los usuarios tradicionalmente no cubren los costos operativos asociados a la extracción [Garrick et al., 2017] y provisión del agua [Johansson et al., 2002] por lo que el precio final al consumidor rara vez incluye el costo del uso consuntivo del agua [Bierkens et al., 2019, D'Odorico et al., 2020] ni de la contaminación generada por el uso excesivo de agroquímicos.

Por lo general, el valor de los servicios ecosistémicos debe ser integrado con otro tipo de información de carácter social, económico y biofísico con el fin de estimar el valor a largo plazo de estos activos naturales y, por lo tanto, como activos durables [Bockstael et al., 2000]. Sin embargo, la falta de políticas enfocadas a cuantificar el valor del capital natural (entre ellos los servicios ecosistémicos) ha dificultado su inclusión en análisis de costo-beneficio de tipo social, y en donde la asignación de recursos se ha visto tradicionalmente como un gasto en un lugar de una inversión [Arrow et al., 2012].

Fecha de publicación:
15 de mayo de 2022

El IMTA está trabajando constantemente en la investigación y el desarrollo tecnológico para la creación de nuevos y mejores sistemas de potabilización.

Núm. 17, 2022

DOI: doiorg/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 17



Existen ejemplos de valuación del capital natural derivado del agua subterránea. Fenichel et al. [2016] encontraron una notable disminución en la riqueza generada en la superficie agrícola del estado de Kansas, ubicado encima del acuífero de las Altas Planicies, la principal fuente de agua subterránea de la región centro de los Estados Unidos de América y una de las mayores regiones productoras de granos del mundo. En un lapso de diez años, desde 1996 hasta 2005, el valor presente de las utilidades anuales pasó de 2.3 mil millones de dólares a 1.6 mil millones de dólares, una caída promedio de 110 millones de dólares por año. Dicho monto, como resultado del abatimiento promedio de los niveles estáticos en 30 cm/año (o una caída anual del 0.4 % del volumen almacenado dentro de la zona saturada), representa dos veces el presupuesto anual del gobierno estatal destinado a la infraestructura en escuelas públicas. La alta correlación entre los cambios físicos (sobreexplotación de un acuífero) y económicos (pérdida de utilidades) muestra claramente el rol de las prácticas de gestión de recursos naturales en el bienestar y riqueza a cualquier escala. En efecto, la riqueza de un país, región o proyecto se considera como "inclusiva" si el valor de sus activos, incluyendo aquellos de tipo natural, se comporta de manera estable o creciente, y si dichos activos tienen la capacidad de generar bienestar a futuro y, por lo tanto, son una condición necesaria para lograr la sustentabilidad [Arrow et al., 2012].

Es por eso que la participación actual del IMTA dentro del Programa Hídrico del Lago de Texcoco representa una oportunidad histórica para restaurar el capital natural perteneciente a la región lacustre del oriente del valle de México. Diferentes estrategias y acciones enfocadas a recuperar los servicios ecosistémicos que alguna vez existieron, reutilizar los flujos hidrológicos actuales y conservar la riqueza biocultural servirán para operar este complejo —pero estratégico— sistema socioecológico de la región central de México.

Referencias

Arrow KJ, Dasgupta P, Goulder LH, Mumford KJ, Oleson K (2012). Sustainability and the measurement of wealth. Environ. Dev. Econ. 17:317–353.

Barbier EB (2014). Economics: Account for depreciation of natural capital. Nature 515, 32–33.

Bierkens MF, S Reinhard, JA de Bruijn, W Veninga, Y Wada (2019). The shadow price of irrigation water in major groundwater-depleting countries. Water Resour. Res. 55, 4266–4287.

Bockstael NE, Freeman AMI, Korp RJ, Portney PR, Smith VK (2000) On measuring economic values for nature. Environ Sci Technol 34(8), 1384–1389.

D'Odorico P, Chiarelli DD, Rosa L, Bini A, Zilberman D, Rulli MC (2020). The global value of water in agriculture. Proc Natl Acad Sci U S A. 117(36), 21985-21993.

Fenichel EP et al. (2016). Measuring the value of groundwater and other forms of natural capital. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 113, 2382–2387.

Garrick DE et al. (2017). Valuing water for sustainable development. Science 358, 1003–1005.

Hoekstra AY. (2013) The Water Footprint of Modern Consumer Society. Routledge New York.

Johansson RC, Y. Tsur, T. L. Roe, R. Doukkali, A. Dinar (2002). Pricing irrigation water: A review of theory and practice. Water Policy 4, 173–199.

Schaefer M, Goldman E, Bartuska AM, Sutton-Grier A, Lubchenco J (2015). Nature as capital: Advancing and incorporating ecosystem services in United States federal policies and programs. Proc Natl Acad Sci USA 112(24):7383–7389.

El nuevo Código de Aguas de Chile: golpe de timón hacia la rectoría del Estado y el cuidado de la vida

Adrián Pedrozo Acuña y Amalia Salgado López

Dentro del ámbito de las políticas públicas en materia hídrica, la semana pasada se dio un hecho muy relevante en esta materia que vale la pena revisar y reflexionar.

El 25 de marzo de 2022, el presidente de la República de Chile, Gabriel Boric, anunció la aprobación y publicación del nuevo Código de Aguas de Chile, equivalente a nuestra Ley de Aguas Nacionales.

Este anuncio es relevante porque a partir de esta fecha quedan inscritos dentro del marco normativo chileno los derechos humanos al acceso al agua y al saneamiento y el reconocimiento del agua como una parte importante de la naturaleza por sus funciones ecosistémicas.

El caso chileno en materia de agua era único, pues su marco jurídico y normativo habían asumido una visión netamente neoliberal y consideraban al agua como un bien económico. Esto había dado lugar a la cesión de derechos de agua de forma gratuita y a perpetuidad a privados, convirtiendo los derechos de agua en bienes privados de empresas o individuos. Esta característica generó de forma automática un mercado de agua donde se podían comprar, vender, intercambiar, hipotecar o arrendar estos derechos sin ninguna intervención del Estado (Salgado, 2021). La privatización del agua se había llevado a su máxima expresión.

Esta visión, resultado del modelo de desarrollo y el crecimiento en el nivel de consumo de la sociedad chilena, condujo a las actividades productivas que dependen del agua hacia una dirección que fomenta la sobreexplotación de cuencas y acuíferos e incrementa la escasez del agua, dejando a Chile en el número 18 de 164 países con estrés hídrico (DGA, 2021). Así, se documentó un incremento en la demanda de agua para la agricultura y la industria, lo que aunado al paso de la famosa megasequía de 2019, que registró déficits de agua de hasta el 70 %, hizo evidente que la mano invisible del mercado no estaba funcionando de la mejor manera en materia hídrica.

El mal funcionamiento del mercado en materia de agua se documentó también a través del incremento en la conflictividad hídrica en Chile, tal y como lo reportan Donoso (2014) y Rivera et al. (2020). El mapa de conflictos ambientales de Chile, publicado por el Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH), registra 127 conflictos ambientales, de los cuales 44 % están relacionados con el agua (INDH, 2021). Además, vale la pena señalar que, de estos conflictos hídricos, un alto número de casos ha llegado incluso a instancias judiciales (Centro de Derecho y Gestión de Aguas UC, 2020).

Fecha de publicación:
03 de abril de 2022

> *El acceso al agua y el saneamiento es un derecho humano esencial e irrenunciable que debe ser garantizado por el Estado.*

Núm. 11, 2022

DOI: doiorg/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 11

Estos conflictos sociales y la escasez que impone reducción en las cadenas de producción de su economía presentaron un escenario de alta complejidad y dinamismo que obligó a toda la sociedad chilena a retomar la discusión de hacia adónde dirigir el nuevo marco jurídico del agua en ese país, pues en un contexto de emergencia climática y social se reconoció, a través de estos hechos innegables, que la normativa e institucionalidad existente bajo predominio del mercado presentaba vacíos en cuanto a las políticas públicas, y que éstas no establecían ni definían de forma natural modelos de prevención de conflictos hídricos o de cuidado del medio ambiente. De esta forma, se hizo evidente que era necesario para la nación chilena establecer que su agua debe ser asumida como un bien público, y que es importante la rectoría del Estado para su administración.

El reconocimiento de este cambio en la política hídrica de Chile tuvo un largo proceso, pues desde 2011, por moción parlamentaria, se había iniciado la discusión del proyecto de ley que buscaba reformar el Código de Aguas. Después de 11 años, con la superposición de la megasequía, los conflictos sociales por el agua y la crisis climática y sanitaria que se impuso sobre el planeta, se abrieron las puertas a las voces que impulsaban el golpe de timón en materia hídrica, algo que se antojaba imposible y que se concretó a raíz del reciente cambio de gobierno nacional. De esta forma se concretó este año, en el país donde el neoliberalismo había avanzado más en la privatización del agua, el viraje hacia la rectoría del estado del elemento vital, con una visión de derechos humanos y de cuidado del medio ambiente en el marco legal chileno.

Con la promulgación del nuevo Código de Aguas se inicia la transformación del rumbo en la política hídrica de la República de Chile, pues representa profundos cambios en materia de concesiones y de aprovechamientos de las aguas, de implementación de programas hídricos y de investigación. Asimismo, se introduce una perspectiva ecosistémica que toma en cuenta los efectos del cambio climático. A continuación resumimos los principales cambios.

Respecto a los cambios que se efectuaron al Código de Aguas, se destacan ochos ejes que apuntan hacia una nueva transición hídrica para los chilenos y que posibilitan vientos de cambio para el bienestar de sus habitantes:

1. Reconocimiento expreso del derecho humano al acceso al agua y al saneamiento

En su quinto artículo, el nuevo Código de Aguas establece que: “el acceso al agua y el saneamiento es un derecho humano esencial e irrenunciable que debe ser garantizado por el Estado”.

Llama la atención un nuevo concepto que plantea referido a las aguas de subsistencia, que incluyen el uso para consumo humano, el saneamiento y el uso doméstico de subsistencia; también reconoce la función ecosistémica del agua y su función productiva. Sin embargo, en el orden de prelación, las aguas de subsistencia tienen preferencia.

Respecto al derecho humano al agua, cabe mencionar que actualmente la Convención Constitucional debate el tema, por lo que el Código puede servir de base para la discusión.

2. Limitaciones al ejercicio de derechos de aprovechamiento. La reforma aprobada reconoce que el agua, en cualquiera de sus estados, es un bien nacional de uso público. Asimismo, que, en función del interés público, se constituirán derechos de aprovechamiento, los cuales podrán ser limitados en su ejercicio.

Se considera también que en caso de que el derecho de aprovechamiento implique un riesgo al acuífero, se suspenderá el ejercicio del derecho de aprovechamiento, y la autoridad considerará el resguardo de las funciones de subsistencia, consumo humano, saneamiento y preservación ecosistémica.

3. Temporalidad de los Derechos de Aprovechamiento.El artículo sexto establece que el derecho de aprovechamiento mediante las concesiones tendrá una temporalidad de 30 años, que se concederá conforme a los criterios de disponibilidad y de sustentabilidad del acuífero.

En caso de que la autoridad considere que el derecho de aprovechamiento deba otorgarse por un plazo menor, deberá justificar dicha decisión por resolución fundada. La duración de dicho derecho se podrá prorrogar por el ministerio de la ley, a menos que la Dirección General de Aguas (principal autoridad) acredite, mediante una resolución fundada, el no uso efectivo del recurso o que exista una afectación a la sustentabilidad de la fuente que no ha podido ser superada.

Con este cambio se debilita el derecho de propiedad, pues más allá de solo sustituir el término dueño del agua por titular del



Foto: Trevor *Vannoy on Unsplash*

derecho de aprovechamiento, se introduce una transformación que desincentiva la privatización del agua y que posibilita una nueva gestión hídrica.

No obstante, es importante mencionar que la limitación a la temporalidad no significa per se una solución a problemas de abastecimiento hídrico de zonas que han experimentado la concentración del agua a manos de la industria.

4. Vigencia de los derechos de aprovechamiento reconocidos o constituidos con anterioridad y procedimiento de regularización.
Los derechos de aprovechamiento reconocidos o constituidos antes de la publicación de esta ley, así como aquellos usos regularizados por la autoridad competente, continuarán estando vigentes, conforme lo establece el artículo primero de las disposiciones transitorias. Estos derechos sólo se extinguen por no uso, cinco años para los derechos de aprovechamiento consuntivos y diez años para los no consuntivos, sin perjuicio de que a su vez caducan por su no inscripción en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces.

El artículo segundo de las disposiciones transitorias también establece que los derechos de aprovechamiento de aguas constituidos por acto de autoridad competente, y que a la fecha de publicación de esta ley no estuvieren inscritos en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces correspondiente: “deberán ser inscritos, a petición de sus titulares, en el referido registro. Transcurrido el plazo de dieciocho meses contado desde la publicación de esta ley, los Conservadores de Bienes Raíces no admitirán a trámite la inscripción de los derechos de aprovechamiento de que trata este inciso, los cuales caducarán por el solo ministerio de la ley”.

5. Implementación de Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en cuencas
El artículo 293 bis considera la creación de Planes Estratégicos de Recursos Hídricos por cuenca, los cuales deben considerar la Seguridad Hídrica y el Cambio Climático. Estos planes deberán actualizarse cada diez años y

deberán tomar en cuenta los siguientes elementos: la modelación hidrológica e hidrogeológica de la cuenca; un balance hídrico; un plan de recuperación de los acuíferos; un plan para hacer frente a las necesidades futuras con énfasis en soluciones basadas en la naturaleza y un programa quinquenal para la ampliación, instalación, modernización y/o reparación de las redes de estaciones fluviométricas, meteorológicas y sedimentométricas.

La visión de futuro se concreta con este artículo, y responde a la necesidad de disponer de mejor información y una mirada de largo plazo para conocer la disponibilidad actual.

6. Creación de un fondo para la investigación
En materia de investigación, en el artículo 293 ter se establece la creación de un Fondo para la Investigación, Innovación y Educación en Recursos Hídricos, dependiente del Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección General de Aguas.
El fondo estará destinado a financiar las investigaciones necesarias para la adopción de medidas para la gestión de recursos hídricos y, en particular, para la elaboración, implementación y seguimiento de los planes estratégicos de recursos hídricos en cuencas, establecidos en el artículo 293 bis y se distribuirá entre las regiones del país para la elaboración de dichos planes.

7. Establecimiento de un caudal ecológico mínimo
Con el fin de velar por la preservación de la naturaleza y la protección al medio ambiente, en el artículo 129 bis se establece que la Dirección General de Aguas establecerá un caudal ecológico mínimo, para lo cual deberá considerar también las condiciones naturales pertinentes para cada fuente superficial. Asimismo, la Dirección General de Aguas podrá establecer un caudal ecológico mínimo respecto de aquellos derechos existentes en las áreas declaradas bajo protección oficial de la biodiversidad, como los parques nacionales, reservas nacionales, reservas de región virgen, monumentos naturales, santuarios de la naturaleza, los humedales de importancia internacional y los sitios prioritarios de primera prioridad.

8. Limitaciones para el uso del agua en la minería
Una novedad incorporada por la reforma es en relación con las denominadas "Aguas del Minero". En el artículo octavo de las disposiciones transitorias se establece que las aguas halladas por los concesionarios mineros en las labores de exploración y de explotación minera podrán ser utilizadas por estos en la medida que sean necesarias para las faenas de explotación y sean informadas para su registro, dentro de 90 días corridos desde su hallazgo, a la Dirección General de Aguas, indicando su ubicación y volumen por unidad de tiempo y las actividades que justifican dicha necesidad.
En caso de haber aguas sobrantes, igualmente deberán informarlas. El uso y goce de estas aguas se extinguirá por el cierre de la faena minera, por la caducidad o extinción de la concesión minera, porque dejen de ser necesarias para esa faena o porque se destinen a un uso distinto. Adicionalmente, el uso y goce de estas aguas no podrá poner en peligro la sustentabilidad de los acuíferos o los derechos de terceros. En caso de que se verificare una grave afectación de los acuíferos o a los derechos de terceros a consecuencia de estos aprovechamientos, la Dirección General de Aguas podrá limitar su uso.

Reflexión final

La reforma del Código de Aguas de Chile responde, sin lugar a dudas, a un contexto global generalizado que obliga a todas las naciones a iniciar la transformación hídrica por la vida y por el bienestar de todos: el medio ambiente, los ciudadanos, el gobierno y las actividades económicas. Esta discusión está presente también en nuestro país, y ha sido motivo de conversaciones en diversos ámbitos de la vida pública. Nosotros mismos, desde el Instituto

Mexicano de Tecnología del Agua, hemos estado reflexionando de manera cotidiana sobre el tema (Pedrozo-Acuña, 2021; 2022). La lección del caso chileno hace evidente a todas las naciones que la crisis hídrica representa una oportunidad para iniciar la transformación en la manera de tomar decisiones relativas al agua, considerando un enfoque de derechos humanos y de cuidado de la vida.

Desde luego, la actualización de nuestras normas y marcos jurídicos forman parte de un proceso evolutivo, dinámico y adaptativo en el tiempo. La promulgación de este nuevo código de aguas en Chile representa un ejemplo para el resto de Latinoamérica, y es un paso en la dirección correcta. No debemos dejar de mencionar que, desde luego, quedan pendientes que seguramente serán atendidos progresivamente. Por ejemplo, en materia de institucionalidad y calidad del agua se aumentan funciones para la Dirección General de Aguas, pero no se establecieron mecanismos claros de coordinación con otras autoridades en materia de salud o de medio ambiente.

Otros aspectos que rondan la discusión pública, como la concentración del agua por algunas industrias, tampoco son del todo atendidos y quedan pendientes para futuras discusiones. A pesar de ello, es muy loable la incorporación de la temporalidad de los derechos de agua y la posibilidad de limitar volúmenes en función de la variabilidad en la disponibilidad real, temas que ya han sido identificados como causas principales detrás de la conflictividad social en territorio (Ramos, 2010). Desde la inteligencia hídrica del Gobierno de México, celebramos la reforma al Código de Aguas en Chile y seguiremos con atención su implementación territorial para transformar la vida de los ciudadanos de aquella nación.

Referencias

Centro de Derecho y Gestión de Aguas UC (2020). Limitaciones al uso y conflictos judiciales sobre aguas subterráneas en Chile. Recuperado de: http://derechoygestionaguas.uc.cl/es/publicaciones/infografias/historial-de9-infografias/583-mapa- limitaciones-al-uso-y-conflictos-judiciales-sobre-aguas-subterraneas-en-chile-diciembre-2020 .

Dirección General de Aguas. (2021). Decretos de escasez vigentes abril 2021. Recuperado de: https://dga.mop.gob.cl/DGADocumentos/Decretos_vigentes.jpg

Donoso, G. 2014. Integrated Water Management in Chile in Llamas, R. and A. Garrido (eds.) Integrated water resources management in the 21st century: Revisiting the paradigm. RC Press/Balkema – Taylor & Francis Group.

Instituto Nacional de Derechos Humanos. 2021. Mapa de conflictos socioambientales. Extraído de: https://mapaconflictos.indh.cl

Pedrozo-Acuña, A. (2021) Transformación hídrica por la vida: Reflexión sobre el Día Mundial del Agua 2021. Perspectivas, Número 10, IMTA, doi: 10.24850/b-imta-perspectivas-2021-10.

Pedrozo-Acuña, A. (2022) La crisis hídrica, señal para la transformación. Perspectivas, Número 1, doi: 10.24850/b-imta-perspectivas-2022-01.

Ramos, J. (2010) 'Puri, el agua es la sangre de la Tierra', in Larrain, S. y Poo, P. (Eds.) Conflictos por el agua en Chile, entre los derechos humanos y las reglas del mercado, p. 13.

Rivera, D., Guillermo Donoso, María Molinos y Camilo del Río (2020): "Conflictividad judicial de aguas en Chile: caracterización y propuestas para mejorar su prevención y resolución", en Propuestas para Chile - Concurso Políticas Públicas UC 2019.

Salgado, A. (2021) "Chile y México: desafíos y nuevos paradigmas de gestión del agua" en Perspectivas IMTA Núm. 42 2021. DOI: 10.24850/b-imta-perspectivas-2021-42

La tramitación completa del Código de Aguas se puede consultar en: https://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=7543-12

Haciendo visible lo invisible: ¿por qué los acuíferos están sobreexplotados?

Adrián Pedrozo Acuña

En 2022, el dia mundial del agua tiene como tema principal la crisis del agua subterránea, que ya hemos abordado y discutido en diferentes entregas de Perspectiva (Pedrazo-Acuña, 2022; 2021a). Utilizando para ello el lema de hacer visible lo invisible, las Naciones Unidad nos invitan a reflexionar sobre la crisis derivada de la sobreexplotación de acuíferos en todo el mundo.

Sin embargo, una discusión que se encuentra ausente es la que nos permite reflexionar sobre el origen de la sobreexplotación de acuíferos y cuencas en todo el mundo. Atender esta reflexión sobre las causas y decisiones que nos hicieron como sociedad llegar a este destino degenerativo de nuestros sistemas hídricos que sustentan vida, medio ambiente y actividad económica de todas las naciones es de gran trascendencia para su solución.

En la última parte del siglo XX nos hicieron asumir que todas las naciones debían realizar el sacrificio social de sufrir una elevada desigualdad antes de crear una sociedad más rica y equitativa para todos. Este argumento se esgrimía de forma recurrente a la hora de justificar medidas de austeridad que solamente aumentaron desigualdades y perjudicaron sobre todo a los que menos tienen. Sin embargo, durante la entrada del nuevo siglo, la realidad nos ha demostrado lo falso que resultan estos postulados, en virtud de que tienen su base en una concepción errónea del mundo y que es evidente el día de hoy por la concurrencia de las crisis climática, económica, sanitaria e hídrica que resultan de una economía lineal, intensiva y degenerativa que no considera el cuidado de la vida ni de aquello que le da soporte, nuestro planeta (Pedrozo-Acuña 2021b).

Por esta razón, necesitamos incorporar en nuestro análisis de esta crisis una perspectiva sistémica que involucre la manera en que se desarrolla la economía, adoptarla nos permite ver con claridad que el sentido predominante del desarrollo económico global ha estado atrapado en las dinámicas gemelas de aumento en la desigualdad social y la intensificación de la degradación ecológica (ver la figura 1, que documenta el almacenamiento total de agua en diversos lugares del mundo). Esta degradación del sistema natural ha sido documentada en cincuenta países, que combinan un análisis socioeconómico con variables relativas al ambiente, revelando que entre más desigual es una sociedad, más probable es que se vea amenazada la biodiversidad del paisaje (Holland, 2009). Para decirlo en palabras simples, esas tendencias son un reflejo de las condiciones que acarrearon el colapso de civilizaciones anteriores, por ejemplo, la de la isla de Pascua. Cuando una sociedad empieza a destruir la base de elementos naturales

Fecha de publicación: 20 de marzo de 2022

> *Si la humanidad pretende prosperar dentro de los límites planetarios, debemos dejar de creer que las cosas (p. ej. el agua, la energía, etc.) se regulan por si solas*

Núm. 09, 2022

DOI: doiorg/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 09



de los que depende, será mucho menos propensa a cambiar de forma de actuar, cuantimás si la sociedad está estratificada con una pequeña élite alejada de las masas (Diamond, 2005). La economía del siglo XX fue divisiva y degenerativa por defecto. La economía del mañana debe ser distributiva y regenerativa por diseño. En lugar de centrarnos en redistribuir la renta obtenida, debemos aspirar a redistribuir la riqueza, especialmente la riqueza derivada de controlar la tierra, el agua, la creación del dinero, la tecnología y el conocimiento.

Si la humanidad pretende prosperar dentro de los límites planetarios, debemos dejar de creer que las cosas (p. ej. el agua, la energía, etc.) se regulan por si solas, para pasar a ser conscientes de que en realidad necesitan ser gestionadas. Es hora de que la visión mecanística del mundo deje su sitio a la visión de sus cuidadores. Es decir, es la hora de aquellas personas que crean las condiciones para que todos, personas, seres vivos, ecosistemas y empresas prosperen, lo cual requiere la formulación de juicios de lo que debe y no debe permitirse en territorio (Liu y Hanauer, 2011). De hecho, este cambio de paradigma comienza a abrirse paso con un enorme abanico de respuestas empresariales, incluso en los temas del agua (ver, por ejemplo, www.a4ws.org).

Hasta hace unos años, respuesta todavía más recurrente de los usuarios industriales o agrícolas del agua era no cambiar y no hacer nada. Esta respuesta se daba bajo una lógica de por qué cambiar, si la ley me lo permite y el modelo de negocio que utilizo genera grandes dividendos. Es decir, ¿por qué dejar de extraer agua de un acuífero y sobreexplotarlo, si tengo una concesión y puedo perforar un pozo más profundo? Esta filosofía dejaba al Estado la responsabilidad correctiva a través de multas o impuestos que, en su caso, eran asumidos como un costo comercial para continuar con su labor bajo la dirección de la sobreexplotación. Pero los tiempos cambian, y muchas empresas dependen de proveedores de todo el mundo, como insumos textiles, cultivadores de café, tejedores de seda, etc., lo que los hace conscientes de que sus propias cadenas de producción y distribución son vulnerables a los impactos del aumento de las temperaturas globales, la disminución de la lluvia y el abatimiento de los niveles freáticos. No hacer nada ha dejado de ser una estrategia inteligente.

Por esta razón, la opción que más ha ganado terreno en la industria es aquella que busca hacer la parte que nos toca para convertir en realidad el cambio de paradigma hacia la sustentabilidad hídrica. Para ello, muchas empresas empiezan a caminar hacia la reducción de

su huella hídrica o hacia la implementación de la descarga líquida cero dentro de sus procesos industriales. Sin embargo, a pesar de ello siguen pensando en qué parte del pastel ambiental, del agua, del aire o del suelo les toca. Esta visión refuerza el principio de que existe un derecho a contaminar por el que vale la pena competir. El auténtico cambio que se requiere es cobrar una perspectiva de no hacer daño; es decir, diseñar procesos, servicios y productos que no tengan impacto sobre el medio ambiente, que no agoten ríos y acuíferos. La verdadera transformación proviene de una nueva forma de entender el valor. Como lo resumió magistralmente John Ruskin en 1860: No hay riqueza, sino vida.

El valor económico no reside en el flujo transversal de bienes y servicios, sino en la riqueza que constituye su fuente recurrente. Esta fuente incluye los activos de fabricación humana (herramientas y máquinas), pero también la ciencia y el conocimiento, la riqueza de las personas (de sus aptitudes individuales y contribuciones al tejido comunitario) y, sobre todo, una biósfera floreciente (agua, suelo, aire, vegetación). Diversos pensadores ya nos anticipan que la transformación que se requiere en el planeta no depende solo del sector privado, sino que es clave e importante el papel del Estado (Mazzucato, 2011).

El papel del Estado es clave para poner fin al inmovilismo del diseño económico degenerativo, y este tiene a la mano muchas vías para fomentar una alternativa regeneradora; por ejemplo, reestructurar impuestos, revisar y actualizar la normatividad ambiental, intervenir como inversor transformador y potenciar el dinamismo de los recursos comunes, como el agua. El tamaño del cambio que decisivamente se requiere necesita de un liderazgo ético que ponga las acciones y el financiamiento de largo plazo al servicio de todos, acción que solo puede llevarse a cabo por parte del Estado (Mazzucato, 2015). Es nuestra responsabilidad hacer posible que toda mexicana y mexicano puedan vivir una existencia caracterizada por tres elementos: dignidad, oportunidad y comunidad.

Llegar a la cita con el destino del uso sustentable del agua requiere numerosas transformaciones en diversos sectores, desde un buen manejo del agua por actividades como la minería o la industria agropecuaria, hasta el manejo de residuos y las finanzas especulativas. Esa transformación debe tener su origen conceptual en la creación de un sistema de producción basada en recursos comunes, como el agua. Esto requiere invertir en fuentes de riqueza natural, humana, social, cultural y física de las que emana todo valor, sin importar si está o no monetizado. Esto abrirá un tren de oportunidades para equilibrar los papeles del mercado, del Estado y de los comunes.

El papel de los especialistas del agua en el diseño de esta revolución regenerativa de nuestra economía será vital para diseñar las políticas públicas y las innovaciones institucionales que liberen el potencial de una economía cíclica. Sólo así haremos del agua el motor de desarrollo económico equitativo y de bienestar social que todos queremos y necesitamos, para darle continuidad a la vida. En el tema agua, y en específico de los acuíferos sobreexplotados, necesitamos generar la capacidad de prosperar de personas, industria y medio ambiente en aquellos lugares donde las extracciones de agua se acercan o rebasan la recarga natural que nos da el planeta. No podemos continuar por la vía del sobregiro hídrico de nuestros sistemas naturales.

En la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales existe un compromiso irrestricto con la generación de esta nueva política pública y de esta innovación técnica e institucional, bajo el principio de poner al centro de las decisiones a las personas y a la vida. La responsabilidad del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua es acompañar esta tarea con el mejor conocimiento disponible en el mundo y ponerlo al servicio de la nación. Como inteligencia hídrica del gobierno y del pueblo de México, trabajamos y continuaremos



Figura 1. *Almacenamiento total de agua terrestre observada con la misión satelital GRACE, en diversos lugares del mundo (adaptada de Famiglietti y Ferguson 2021).*

trabajando para llevar a cabo esta transformación, impulsados por una conducta ética y con conocimiento que busque el bien común para conservar el agua y, por ende, la vida.

Referencias

Diamond,J. (2005). Collapse: How societies choose to fail or survive. London, Penguin.

Famiglietti J.S. y Ferguson G. (2021). The hidden crisis beneath our feet. Science, vol. 372, issue 6540, p344-345.

Liu E. y Hanauer, N. 2011, The Gardens of Democracy, Seattle, Sasquatch Books pags 11 y 87

Mazzucato, M. (2015) What we need to get a real green revolution.

Mazzucato, M. (2011) El Estado emprendedor: Mitos del sector público frente al privado. ISBN:9788491872771, RBA libros.

Holland, T. et al. (2009). Inequality predicts biodiversity loss, Conservation biology, vol. 23, no.5, p 1304-1313.

Pedrozo-Acuña A., (2022) El camino hacia la sustentabilidad hídrica de acuíferos sobreexplotados. DOI: 10.24850/b-imta-perspectivas-2022-8

Pedrozo-Acuña A., (2021a) La sobreexplotación de acuíferos camino seguro a la quiebra hídrica. DOI: 10.24850/b-imta-perspectivas-2021-48

Pedrozo-Acuña A., (2021b) La crisis hídrica señal para la transformación. DOI: 10.24850/b-imta- perspectivas-2022-01

El camino hacia la sustentabilidad hídrica de acuíferos sobreexplotados

Adrián Pedrozo Acuña

Los acuíferos constituyen una de las fuentes de abastecimiento de agua más importantes en todo el mundo.

Fecha de publicación:
13 de marzo de 2022

En todo el planeta, varios acuíferos están bajo condiciones de un severo estrés hídrico que resulta de desbalances por el exceso de extracciones frente a su recarga natural.

El papel clave que desempeñan para garantizar el suministro de agua potable para consumo humano y para la producción de alimentos en zonas de riego es indiscutible. A pesar de ello, en diversos lugares del planeta, incluido nuestro país, nos encontramos frente a un escenario de sobreexplotación de acuíferos que resulta en gran parte por la acción conjunta de dos hechos innegables: por un lado, se cuenta con un manejo muy limitado de estos sistemas, sin métodos basados en la ciencia y sin mediciones adecuadas y, por otro, existe un documentado incremento exponencial en las extracciones y demandas de agua subterránea debido las diversas actividades humanas (Bierkens y Wada, 2019). De manera sistemática, los esfuerzos para hacer frente a este problema han sido bloqueados por la falta de conocimiento sobre el funcionamiento de la dinámica de los acuíferos; por limitaciones de los datos de campo (por lo general se realizan solo dos lecturas de pozo al año); por la división administrativa de los acuíferos, que no obedece a una división natural basada en la hidrogeología del sitio; así como por factores económicos, culturales y políticos.

Es por todos conocido que las extracciones de agua subterránea representan el principal forzamiento para la sobreexplotación de acuíferos. Sin embargo, México y la gran mayoría de países no cuentan con los datos adecuados para cuantificar el estrés hídrico al que los sometemos por este constante y creciente bombeo. Para dar un ejemplo, tan solo en los Estados Unidos de América, solo el 36 % de los pozos para uso agrícola tienen medidores de caudal, mientras que la gran parte de los acuíferos ubicados en zonas altamente estresadas en el centro y oeste americano todavía tienen pendiente la adopción de sistemas de monitoreo de extracciones (NASS, 2018). Dentro de los estados americanos que representan un ejemplo en la implementación de sistemas de monitoreo continuo de las extracciones de agua se encuentra Kansas con un 95 % de pozos de extracción instrumentados (de un total de 18,900 pozos). Bohling et al., (2021), Lamb et al., (2021) y Majumdar et al., (2020) han presentado estudios que utilizan los datos del estado de Kansas para determinar recomendaciones sobre el número de pozos que se requiere instrumentar para medir de forma adecuada un acuífero y conocer cuáles son los factores determinantes en la definición de un volumen de extracción, así como la efectividad de la implementación de técnicas de aprendizaje basadas en datos para la estimación de volúmenes de extracción. Por otro lado, existen también intentos para verificar información derivada de satélites para estimar los volúmenes de agua subterránea utilizada en el riego agrícola y examinar las implicaciones de utilizar estos métodos para el diseño de política pública (Foster et al., 2020).

Núm. 08, 2022

DOI: doiorg/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 08



La recarga es una de las variables más importantes de un acuífero, pero, al mismo tiempo, representa un componente con gran cantidad de incertidumbre, derivada de la alta variabilidad espacial y temporal de este dato dadas las condiciones geológicas de cada sitio (Healy, 2010). Por ejemplo, Neely et al., (2021) utilizan datos relativos a la subsidencia del suelo para identificar posibles zonas de recarga en el acuífero del Valle Central de California, donde existe una gran vocación agrícola en el uso del agua. Cada vez con mayor frecuencia vemos a la gestión integrada de la recarga como una metodología que puede prevenir y revertir la sobreexplotación de acuíferos altamente estresados, lo que resulta de gran importancia para comunidades rurales que compiten con las actividades económicas por el acceso al agua (Marwaha et al., 2021). Asimismo, en todo el mundo es cada vez más aceptado que los datos provenientes de la misión satelital GRACE, por sus siglas en inglés, representan las estimaciones más importantes relativas a la sobreexplotación de acuíferos. A través de esta información se han identificado regiones en el mundo donde los niveles de extracción superan, por mucho, la capacidad de la recarga de los acuíferos (Rodell et al., 2018). En México, su utilización ha sido impulsada desde inicios de este sexenio por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, con algunas reservas de ingenieros de la vieja guardia que no están familiarizados con este tipo de información y que cubren con un manto de duda las conclusiones que se derivan de su análisis. Sin embargo, en los Estados Unidos de América es cada vez más frecuente encontrar estudios que corroboran su importancia y que validan su utilización, por ejemplo, Rateb et al. (2020) presentaron una comparación de datos de satélite con datos piezométricos y modelos globales para los 14 acuíferos más grandes de esa nación.

Respecto a la gobernanza del agua subterránea, el reto estriba en que no hay una metodología estándar para su gestión adecuada, y los marcos regulatorios son altamente variables entre países e incluso dentro de ellos. A manera de ejemplo, en los Estados Unidos, el manejo de acuíferos es una responsabilidad estatal, por lo que un mismo acuífero compartido por dos o más estados puede estar sujeto a una gran variedad de metodologías y disposiciones regulatorias (Griggs, 2014). El tema clave consiste en la generación de mecanismos de regulación que nos permitan atender el problema de la sobreexplotación de acuíferos ya identificado. En México, diversos investigadores reconocen

las dificultades que nos impone la definición de acuíferos bajo criterios de división política y no bajo criterios relativos a la geología del sitio o los flujos regionales, además de lo rudimentaria, incierta y caduca que resulta la metodología definida en la Norma Oficial Mexicana 011-CONAGUA-2015, utilizada para estimar la disponibilidad y recarga de estos almacenamientos.

Por otro lado, las restricciones en el uso del agua subterránea constituyen una de las medidas más comunes, y por lo general se aplican como parte de esfuerzos para proteger a los usos prioritarios de agua superficial, considerando siempre mantener los caudales ecológicos. Sin embargo, la generación de estrategias que permitan su implementación exitosa ha representado una verdadera dificultad (Bredehoeft, 2011). Lo innegable es que todas las estrategias requieren un monitoreo adecuado de los flujos y las extracciones para su evaluación y verificación.

El usuario predominante del agua subterránea en todo el planeta es la agricultura. En un estudio reciente, Dieter et al., (2018) estimaron que 70 % del agua extraída de los acuíferos es empleada en sistemas de riego, porcentaje que se repite en varios países del mundo, entre los que se encuentra México. En este sentido, los esfuerzos abocados a revertir la sobreexplotación de acuíferos deben considerar zonas de riego para la verificación de su éxito (Deines et al., 2021). En la generación de estrategias para detener la sobreexplotación de acuíferos será necesario implementar modelos regionales que resuelvan flujos subsuperficiales, a fin de evaluar la recarga y los flujos laterales y su respuesta a modificaciones en los volúmenes de extracción, utilizando incluso metodologías multimodelo, en un símil a lo que ya ocurre de forma recurrente con las predicciones del clima (ensambles multimodelo) (Hartick et al. 2021). Para la siguiente actualización de la NOM-011- CONAGUA-2015, desde el IMTA hemos manifestado la importancia de considerar una batería de métodos diversos para estimar la recarga y la disponibilidad de los acuíferos con una menor incertidumbre.

En todo el planeta, varios acuíferos están bajo condiciones de un severo estrés hídrico que resulta de desbalances por el exceso de extracciones frente a su recarga natural. En México, los retos hídricos que derivan de una condición de no sustentabilidad (extracciones >> recarga) son inmensos, tanto para garantizar el derecho humano al agua de las personas, como para la productividad de la economía (agricultura e industria). Inmensos sí, pero no imposibles de atender. Para conducir a nuestros acuíferos a una condición de sustentabilidad en el futuro próximo se identifican con mucha claridad los siguientes principios básicos para nuestros esfuerzos:

1. Medir más y medir bien, en tiempo real y con información abierta al público. Lo que no se mide no se puede administrar.

2. Decidir con base en evidencia científica moderna y actualizada. Es muy importante actualizar el marco normativo nacional con el mejor conocimiento disponible en el mundo.

3. Actualizar nuestras metodologías de análisis y adquisición de datos para combinar la información in situ de pozos de observación y extracción con información de satélites.

4. Migrar a un sistema de modelado con base en múltiples modelos para predecir recarga y disponibilidad del agua subterránea bajo diferentes escenarios climáticos. Esto tiene el potencial de anticipar las decisiones, considerando diferentes escenarios prospectivos para planear por el bien común hacia el futuro.

Atender estos principios nos permitirá, como nación, identificar y aclarar los obstáculos que enfrentamos en la gestión del agua subterránea, lo que a su vez nos permitirá avanzar hacia rutas con base en la sustentabilidad hídrica de estos almacenamientos. Así es como lograremos detonar el uso adecuado del agua subterránea para garantizar el bienestar social de todos y el desarrollo económico equitativo, con ciencia, ética y transparencia.

Referencias

Bierkens, M. F. P., & Wada, Y. (2019). Non-renewable groundwater use and groundwater depletion: A review. Environmental Research Letters, 14(6), 43. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1a5f

Bohling, G. C., Butler, J. J. Jr., Whittemore, D. O., & Wilson, B. B (2021). Evaluation of data needs for assessments of aquifers supporting irrigated agriculture. Water Resources Research, 57(4),e2020WR028320. https://doi.org/10.1029/2020WR028320

Bredehoeft, J. (2011). Hydrologic trade-offs in conjunctive use management. Ground Water, 49(4), 468-475.

Deines, J. M., Kendall, A. D., Butler, J. J., Basso, B., & Hyndman, D. W. (2021). Combining remote sensing and crop models to assess the sustainability of stakeholder-driven groundwater management in the US high plains aquifer. Water Resources Research, 57, e2020WR027756. https://doi.org/10.1029/2020WR027756

Dieter, C. A., Maupin, M. A., Caldwell, R. R., Harris, M. A., Ivahnenko, T. I., Lovelace, J. K., et al. (2018). Estimated use of water in the United States in 2015, U.S. Geological Survey Circular 1441, Reston, VA: U.S. Geological Survey.

Foster, T., Mieno, T., & Brozovic, N. (2020). Satellite-based monitoring of irrigation water use: Assessing measurement errors and their implications for agricultural water management policy. Water Resources Research, 56, e2020WR028378. https://doi.org/10.1029/2020WR028378

Griggs, B. W. (2014). Beyond drought: Water rights in the age of permanent depletion. Kansas Law Review, 62(5), 1263–1324. https://doi.org/10.17161/1808.20269

Hartick, C., Furusho-Percot, C., Goergen, K., & Kollet, S. (2021). An interannual probabilistic assessment of subsurface water storage over Europe using a fully coupled terrestrial model. Water Resources Research, 57, e2020WR027828. https://doi.org/10.1029/2020WR027828

Healy, R. W. (2010). Estimating Groundwater Recharge. Cambridge, United Kingdom: CambridgeUniversity Press.

Lamb, S. E., Haacker, E. M. K., & Smidt, S. J. (2021). Influence of irrigation drivers using boosted regression trees: Kansas High Plains. Water Resources Research, 57, e2020WR028867. https://doi.org/10.1029/2020WR028867

Majumdar, S., Smith, R., Butler, J. J. Jr., & Lakshmi, V. (2020). Groundwater withdrawal prediction using integrated multitemporal remote sensing data sets and machine learning. Water Resources Research, 56, e2020WR028059. https://doi.org/10.1029/2020WR028059

Marwaha, N., Kourakos, G., Levintal, E., & Dahlke, H. E. (2021). Identifying agricultural managed aquifer recharge locations to benefit drinking water supply in rural communities. Water Resources Research, 57, e2020WR028811. https://doi.org/10.1029/2020WR028811

National Agricultural Statistics Service. (2018). Table 8 – Irrigation wells used on farms: 2018. 2018

Irrigation and Water Management Survey. U.S. Department of Agriculture. https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Online_Resources/Farm_and_Ranch_Irrigation_Survey/index.php

Neely, W. R., Borsa, A. A., Burney, J. A., Levy, M. C., Silverii, F., Sneed, M. (2021). Characterization of groundwater recharge and flow in California's San Joaquin Valley from InSAR-observed surface deformation. Water Resources Research, 57, e2020WR028451. https://doi.org/10.1029/2020WR028451

Rateb, A., Scanlon, B. R., Pool, D. R., Sun, A., Zhang, Z., Chen, J., et al. (2020). Comparison of groundwater storage changes from GRACE satellites with monitoring and modeling of major U.S. aquifers. Water Resources Research, 56, e2020WR027556. https://doi.org/10.1029/2020WR027556

Rodell, M., Famiglietti, J. S., Wiese, D. N., Reager, J. T., Beaudoing, H. K., Landerer, F. W., & Lo, M. H. (2018). Emerging trends in global freshwater availability. Nature, 557(7707), 651–659. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0123-1

Causas que originan el declive global de agua

Adrián Pedrozo Acuña

Sin importar el tipo de clima bajo el que nos encontremos en el planeta, árido o húmedo, estudios publicados recientemente a partir de información proveniente de satélites y estaciones de monitoreo en tierra han detectado un declive importante en el almacenamiento terrestre de agua (superficial y subterránea), el cual es más grave en zonas áridas.

Estas zonas cubren más del 40 % de la superficie terrestre y, tal como lo demostró Schimel (2010), desempeñan un papel preponderante en el secuestro de carbono a escala global. Por otro lado, estas zonas tienen un gran estrés hídrico (Huang et al., 2016) y presentan una alta vulnerabilidad ambiental y económica, al mismo tiempo que son el hogar de un tercio de la población del planeta (UNEP, 2011). Famiglietti (2004) dio cuenta de que en estos climas se presentan la mayor parte de los puntos críticos de declive en el almacenamiento de agua, utilizando para ello datos de la misión satelital GRACE de la Agencia Espacial Norteamericana (NASA, por sus siglas en inglés). Este declive en la cantidad de agua en ríos y lagos, glaciares, suelo, bosques y acuíferos tiene efectos no solo en la salud de los ecosistemas sino en la estabilidad socioeconómica de las localidades que sufren este fenómeno (Cosgrove y Loucks, 2015, Gleeson et al., 2012).

Existe un amplio espectro de procesos que pueden perturbar el ciclo hidrológico y el balance hídrico a nivel cuenca o acuífero, que dan como resultado un declive en el almacenamiento de agua. Entre ellos están la disminución del volumen de agua asegurada en los glaciares (Hugonnet et al., 2021), la sobreexplotación de acuíferos (Wada et al., 2012) la disminución de lagos (Wada et al., 2017) y las sequías meteorológicas (Rodell et al., 2018). Sin embargo, es importante destacar que estos procesos son manifestaciones claras de tres forzamientos principales: la variabilidad climática, el calentamiento global y las actividades humanas (Chew y Small, 2014; Khandu et al., 2016; Rodell et al., 2018).

La variabilidad climática se refiere a la oscilación natural del clima en la tierra (p. ej. la oscilación de El Niño, que afecta el almacenamiento de agua a través de la teleconección con las variables climáticas, en particular la precipitación). Los efectos de estas variaciones suelen ser transitorias, pero con efectos que alteran la tendencia en el almacenamiento durante años o décadas (Reager et al., 2016). En contraste, los impactos del calentamiento global y las actividades humanas son más seculares, en el primer caso, como lo indica el retroceso de los glaciares en el último siglo y, en el segundo caso, por el incremento continuo en la demanda de agua que resulta del crecimiento poblacional y que agrava la escasez hídrica en zonas áridas y semiáridas del planeta (Wada et al., 2016).

Fecha de publicación:
30 de enero de 2022

La variabilidad climática se refiere a la oscilación natural del clima en la tierra..

Núm. 02, 2022

DOI: doiorg/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 02



Uno de los mayores retos en la hidrología consiste en la disección clara de la proporción de cada uno de estos forzamientos al declive observado en el almacenamiento de agua, en virtud de que es altamente probable que los tres estén entrelazados y su importancia relativa varíe entre regiones y países. Desagregar las contribuciones de cada uno de los forzamientos es crítico para todas las naciones, pues permite evaluar las compensaciones entre la conservación ambiental de un territorio y su desarrollo social.

Investigaciones recientes confirman que, en el caso de zonas húmedas, el calentamiento global representa el principal forzamiento en el declive de almacenamiento de agua, y resulta de los cambios en la masa de los glaciares que están en estas regiones y que cubren 4 % de su área total (aproximadamente 210,000 km2). Para estas regiones húmedas, tan solo en el periodo de tiempo definido entre los años 2002 y 2016, se registró un incremento en la temperatura de la tierra de 0.6 °C, lo que dio lugar a una pérdida en la masa de los glaciares de aproximadamente 136.4 ± 23.8 Gt/año. A pesar de una limitada cobertura espacial de los glaciares en estas zonas (4 % del área), esta pérdida de almacenamiento de agua en los glaciares coincide con el declive observado por los satélites en el almacenamiento terrestre. En el 96 % del área restante de estas zonas húmedas, que no cuentan con glaciares, los forzamientos de la variabilidad climática y los impactos antropogénicos parecen contrarrestarse entre ellos, dando lugar a un equilibrio neto en el almacenamiento de agua (superficial y subterráneo).

Por otro lado, en las zonas áridas, el forzamiento predominante en la pérdida de almacenamiento de agua está dado por las actividades humanas. En esos

mismos quince años de análisis (2002-2016) se encontró que en regiones sin presencia de glaciares las actividades antropogénicas, entre las que destacan la extracción inmoderada de agua de cuencas y acuíferos, así como la mala gestión de embalses, detonaron una pérdida de 104.3 ± 5.3 Gt/año, de los cuales el 90 % se originaron en las zonas áridas (94.3 ± 3.0 Gt/año). Por si esto fuera poco, la mayor parte de esa pérdida en el almacenamiento terrestre de las zonas áridas se origina en zonas críticas, donde la tasa de consumo de agua excede los 10 mm/año. De forma coincidente, en estas regiones del mundo se encuentran identificadas extracciones de agua no sustentables para satisfacer una demanda que se origina por diferentes actividades económicas, entre las que destacan el riego, la industria y el sector pecuario. Así, en las zonas áridas, una condición naturalmente complicada desde el punto de vista hídrico se amplifica por las necesidades hídricas para el buen funcionamiento de la sociedad y la economía, lo que da lugar al declive general en el almacenamiento de agua en estas regiones.

De hecho, se ha identificado de forma global que de entre las actividades económicas que más inducen este declive en el almacenamiento de agua está el excesivo uso de agua para el riego agrícola. Comparado con otros usos de agua, el riego es generalmente el que demanda mayores consumos, y muchas de las extracciones son generadas para satisfacer las necesidades biofísicas de los cultivos, como la transpiración (Pokhrel et al., 2021). Lo anterior es particularmente cierto en las zonas áridas, en donde las demandas atmosféricas de agua son altas como resultado de la baja precipitación anual y la demanda de agua para riego. Está documentado que cerca del 88 % de la sobreexplotación de acuíferos se presenta en zonas áridas del planeta, hecho que a su vez indica que, dentro de estas regiones, la pérdida inducida por actividades humanas (98.6 ± 0.9 Gt/año) explica casi el 70 % del declive de almacenamiento terrestre de agua (147.1 ± 18.6 Gt/año), valores consistentes publicados por Wada et al. (2010) y Wang et al. (2018). En zonas áridas, la impactante presencia de acuíferos sobreexplotados incide claramente sobre el declive del almacenamiento de agua, lo cual, a su vez, acentúa la severidad de las prácticas no sustentables de extracción, tal como está documentado para Irán, la India o Arabia Saudita. La aridez del clima da como resultado tasas de recarga de acuíferos extremadamente bajas (Döll et al., 2014). Por si esto fuera poco, los acuíferos en estas regiones tienden a tener el nivel freático a profundidades mayores, y solo pueden ser recargados como resultado de lluvias torrenciales (Bierkens y Wada, 2019).

En este sentido, podemos anticipar que, a lo largo de este siglo, conforme la población y el estándar de vida (que requiere agua) aumenten, el uso del agua para las actividades humanas se incrementará de forma exponencial (Wada and Bierkens, 2014). Esta situación nos impone la amplificación de una crisis que requiere la incorporación de un lente de sustentabilidad hídrica regional en todas las decisiones que detonen actividades económicas en territorio. Esto nos permitirá florecer y crear inversión en regiones con abundancia de agua y cuidarla en regiones dominadas por la escasez presente o futura.

Referencias

Bierkens, M. F. P., & Wada, Y. (2019). Non-renewable groundwater use and groundwater depletion: A review. Environmental Research Letters, 14(6), 43. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1a5f

Chew, C. C., & Small, E. E. (2014). Terrestrial water storage response to the 2012 drought estimated from GPS vertical position anomalies. Geophysical Research Letters, 41(17), 6145–6151. https://doi.org/10.1002/2014gl061206

Cosgrove, W. J., & Loucks, D. P. (2015). Water management: Current and future challenges and research directions. Water Resources Research, 51(6), 4823–4839. https://doi.org/10.1002/2014wr016869

Döll, P., Mueller Schmied, H., Schuh, C., Portmann, F. T., & Eicker, A. (2014). Global-scale assessment of groundwater depletion and related groundwater abstractions: Combining hydrological modeling with information from well observations and GRACE satellites. Water Resources Research, 50(7), 5698–5720. https://doi.org/10.1002/2014wr015595

Famiglietti, J. S. (2004). Remote sensing of terrestrial water storage, soil moisture and surface waters. State of the Planet: Frontiers and Challenges in Geophysics, 150, 197–207. https://doi.org/10.1029/150gm16

Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M. F., & van Beek, L. P. (2012). Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. Nature, 488(7410), 197–200. https://doi.org/10.1038/nature11295

Huang, J., Yu, H., Guan, X., Wang, G., & Guo, R. (2016). Accelerated dryland expansion under climate change. Nature Climate Change, 6(2),166–171. https://doi.org/10.1038/nclimate2837

Hugonnet, R., McNabb, R., Berthier, E., Menounos, B., Nuth, C., Girod, L., et al. (2021). Accelerated global glacier mass loss in the early twenty-first century. Nature, 592(7856), 726–731. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03436-z

Khandu, Forootan, E., Schumacher, M., Awange, J. L., & Muller Schmied, H. (2016). Exploring the influence of precipitation extremes and human water use on total water storage (TWS) changes in the Ganges- Brahmaputra-Meghna River Basin. Water Resources Research, 52(3),2240–2258. https://doi.org/10.1002/2015wr018113

Pokhrel, Y., Felfelani, F., Satoh, Y., Boulange, J., Burek, P., Gadeke, A., et al. (2021). Global terrestrial water storage and drought severity under climate change. Nature Climate Change, 11(3), 226–233. https://doi.org/10.1038/s41558-020-00972-w

Reager, J. T., Gardner, A. S., Famiglietti, J. S., Wiese, D. N., Eicker, A., & Lo, M. H. (2016). A decade of sea level rise slowed by climate-driven hydrology. Science, 351(6274), 699–703. https://doi.org/10.1126/science.aad8386

Rodell, M., Famiglietti, J. S., Wiese, D. N., Reager, J. T., Beaudoing, H. K., Landerer, F. W., & Lo, M. H. (2018). Emerging trends in global freshwater availability. Nature, 557(7707), 651–659. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0123-1

Schimel, D. S. (2010). Drylands in the earth system. Science, 327(5964), 418–419. https://doi.org/10.1126/science.1184946

UNEP. (2011). Global drylands: A UN system-wide response.

Wada, Y., & Bierkens, M. F. P. (2014). Sustainability of global water use: Past reconstruction and future projections. Environmental Research Letters, 9(10), 104003. https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/104003

Wada, Y., Florke, M., Hanasaki, N., Eisner, S., Fischer, G., Tramberend, S., et al. (2016). Modeling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. Geoscientific Model Development, 9(1), 175–222. https://doi.org/10.5194/gmd-9-175-2016

Wada, Y., Reager, J. T., Chao, B. F., Wang, J., Lo, M.-H., Song, C., et al. (2017). Recent changes in land water storage and its contribution to sea level variations. Surveys in Geophysics, 38(1), 131–152. https://doi.org/10.1007/s10712-016-9399-6

Wada, Y., van Beek, L. P. H., & Bierkens, M. F. P. (2012). Nonsustainable groundwater sustaining irrigation: A global assessment. Water Resources Research, 48(6), W00L06. https://doi.org/10.1029/2011wr010562

Wang, J., Song, C., Reager, J. T., Yao, F., Famiglietti, J. S., Sheng, Y., et al. (2018). Recent global decline in endorheic basin water storages. Nature Geoscience, 11(12), 926–932. https://doi.org/10.1038/s41561-018-0265-7

La crisis hídrica, señal para la transformación

Adrián Pedrozo Acuña

En 2021, las múltiples crisis que enfrentamos como humanidad y su interrelación con el bienestar de las personas quedaron expuestas.

Fecha de publicación:
23 de enero de 2022

Continuamos como sociedad dando más valor económico a los diamantes que al agua.

A finales del año, la pandemia de COVID-19 todavía se dejó sentir con fuerza a través de la variante ómicron, que dio inicio a una cuarta ola de contagios, aunque con menos poder letal que las anteriores. Por si esta crisis de salud pública mundial fuera poco, el planeta nos manda otras señales inequívocas que nos obligan como humanidad a reorientar nuestras prioridades globales y nacionales.

Una señal evidente es la crisis hídrica que enfrentan todos los países del mundo y que afecta a todos, inclusive a aquellos que tienen las mayores reservas de agua. Por ejemplo, Brasil, nación con la mayor disponibilidad de agua dulce en el mundo, enfrenta en estos momentos una de las sequías más severas en su historia reciente. Desde el punto de vista hídrico, Brasil es una superpotencia. Tan solo dos tercios del volumen de agua de uno de sus ríos, el Amazonas, tiene la capacidad de satisfacer la demanda mundial de agua. Esta disponibilidad real de agua convierte a esta nación en un productor de alimentos importantísimo, pues produce una tercera parte de toda la caña de azúcar consumida en el mundo y casi el 15 % de carne roja.

Entre marzo y mayo de 2021, la región centro-sur de Brasil experimentó una sequía que dejó a una región de 267 km2 bajo condiciones de escasez hídrica en ríos, lagos y acuíferos (comparada con condiciones promedio de los últimos 20 años). Esto resultó en que el almacenamiento de muchas de las grandes presas de ese país no alcanzara ni el 20 % de su capacidad, generando impactos negativos sobre la producción de alimentos y energía. A su vez, esto derivó en cambios en los precios de algunos productos, como el café, que desde julio registró un incremento del 30 % (Brasil produce y exporta una tercera parte del café consumido en todo el mundo). De igual manera, entre los meses de junio de 2020 y mayo de 2021, la soya también registró un incremento del 67 % y los precios de la electricidad subieron hasta en un 130 %. Por si esto fuera poco, muchas ciudades del sur tuvieron que racionar el agua a sus habitantes. Naturalmente, existe un impacto negativo importante sobre la economía de las personas y en particular de aquellas que menos tienen.

Así es como la crisis hídrica global se manifiesta de manera local en una nación con vastas reservas de agua (20 % del escurrimiento terrestre global hacia los océanos se origina en Brasil) (Geritana, 2016). Por esta razón, sostenemos que el agua es el elemento clave para generar bienestar y crecimiento económico no solo en esta, sino en todas las naciones del planeta.

Núm. 01, 2022

DOI: doi.
org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 01



Brasil ocupa el segundo lugar global en capacidad de generación hidroeléctrica instalada, con 107.4 GW, y sus embalses producen 65 % de toda la energía que consumen. De esta energía hidroeléctrica 40 % se genera en el río Paraná, donde los caudales han caído a sus niveles más bajos en 91 años. Esta situación obligó a la nación a recurrir a otras fuentes de energía, como la termoeléctrica, que solo en julio de 2021 produjo 13.2 % de la energía total brasileña, incrementando los costos a los consumidores. En el caso de la agricultura, este sector representa 25 % del producto interno bruto (PIB), y se concentra en la producción de cultivos muy intensivos hídricamente, como son la soya, el café, la caña de azúcar, así como en la ganadería. La agricultura de riego representa el 13 % de la superficie cultivada (ANA, 2021) y el 68 % del consumo anual de agua, con alrededor de 68.4 billones de litros por día (ANA, 2019). Sin embargo, el agua no está disponible de manera uniforme a lo largo y ancho del país, ni a lo largo del año.

De esta forma, una lección de lo acontecido en Brasil durante 2021 es que las crisis hídricas afectan incluso a aquellos países con grandes reservas de agua y estas se deben principalmente a la interacción de la sequía con las actividades humanas. Sin embargo, es necesario reconocer que las condiciones de sequía por sí solas no explican la recurrencia de las crisis hídrica y económica en todo el mundo. Existe una evidente falta de reconocimiento del agua como recurso natural invaluable (porque ¡hace posible la vida!), lo que se traduce en una larga historia de manejo inadecuado que no habilita su cuidado y sustentabilidad.

La paradoja del valor del agua identificada por Adam Smith hace cientos de años sigue sin resolverse. Continuamos como sociedad dando más valor económico a los diamantes que al agua, a pesar de que estos son infinitamente menos valiosos para la economía y el sustento de la vida. El sistema económico es incapaz de expresar el valor del agua a través de un precio, y cada vez más en el debate público comenzamos a apreciar otras dimensiones existentes para el valor del agua (cultural, recreativo, religioso) lo que hace evidente algo que está en la intuición de todos los pueblos y comunidades del mundo: el agua vale más que el dinero. Por esta razón, no hay una nación en el planeta que equilibre el abastecimiento y la demanda del agua a través de precios en el mercado.

Como sociedad, tenemos un serio problema al dar por sentado, como usuarios del agua, su disponibilidad y calidad. Por ejemplo, algunas de las industrias

con las huellas hídricas más grandes siguen sin considerar la falta de agua como un riesgo para sus operaciones. Mientras tanto, desde 2020, el Foro Económico Mundial incluyó la crisis hídrica como uno de los riesgos globales más importantes por su impacto en la producción de alimentos, la salud humana, los conflictos sociales y los ecosistemas (WEF,2020). Pero no necesitamos mirar al futuro para evaluar estos riesgos y sus impactos, ya en el año 2021 hemos sido testigos del tamaño de los impactos sociales y económicos derivados de la crisis hídrica, lo que nos impone la necesidad de evolucionar y trascender la manera en que pensamos al agua.

La crisis que hoy vivimos abre la puerta a una oportunidad para esta evolución. En todo el mundo, una de las fallas identificadas como el origen de grandes conflictos es la consideración de la disponibilidad de agua estática en el tiempo (p. ej. a lo largo del año). Los cambios en el clima y la presencia de sequías cada vez más intensas y severas hacen evidente la falta de compresión sobre cómo responde la disponibilidad de agua a diferentes procesos físicos que se dan en el territorio (p. ej. deforestación, cambios en el uso del suelo, la extracción inmoderada de agua). Por esta razón, es imperativo mirar al agua como un bien común de interés público de todos los mexicanos. La transformación en la forma en que la pensamos y tomamos decisiones, requiere de expertos que respondan a los intereses de la nación y que actúen bajo principios éticos y de sustentabilidad.

Estos principios trascienden también hacia la atención de la crisis ambiental, que ha centrado su atención en la generación de promesas de inversionistas sobre acciones climáticas y compromisos para reducir sus emisiones de carbono, pero que fallan, y por mucho, en reconocer que el cambio climático está ahogando o secando sus activos con exceso y falta de agua. La transformación del sector hídrico nacional requiere también de una evolución en la forma en la que se hacen las inversiones privadas. Las crisis hídricas del presente son una señal inequívoca para cambiar nuestra relación con este elemento vital. El agua segura y los ecosistemas saludables son mucho más valiosos que los diamantes y, contrario a estas piedras preciosas, pueden no ser para siempre, si es que no cambiamos la manera en la que tomamos las decisiones y dirigimos los flujos financieros, tanto hacia el cuidado de la vida como hacia la sustentabilidad hídrica.

Por último, es importante reconocer que, en todo el mundo, esta transformación ya se está dando de forma empírica, pues existen casos que documentan una nueva manera en que las empresas trasnacionales definen dónde y cuándo realizar sus inversiones, considerando un lente de sustentabilidad hídrica. Este paradigma obliga a las compañías a revisar la forma en que los requerimientos de agua durante su operación alteran el ciclo hidrológico local o compiten por el vital líquido con otros usuarios en acuíferos y cuencas con alto estrés hídrico. Un conflicto social o una sequía severa pueden ulteriormente poner en riesgo su inversión. Es el caso de la empresa fabricante de chips para computadoras Intel, que para definir el lugar de su nueva fábrica de micro-procesadores en Nuevo México (una región caracterizada por un alto estrés hídrico) requirió de un acuerdo con el organismo operador de Albuquerque

para instalarse. Este acuerdo estableció que la empresa se haría cargo del costo de la infraestructura hidráulica necesaria para satisfacer la demanda hídrica de su nueva planta (entre 4,000 y 10,000 m3/día), lo que implica una inversión de aproximadamente 32 millones de dólares (AP News, 2022). De igual manera, el 6 de enero pasado, el consorcio cervecero de Constellation Brands anunció una inversión de 5,000 millones de dólares para construir su nueva planta cervecera en Veracruz, México, una región de alta disponibilidad de agua, tras el rechazo social mayoritario a la instalación de su planta en la ciudad de Mexicali, Baja California, zona caracterizada por un muy alto estrés hídrico (El Financiero, 2022). Estos dos ejemplos, Intel y Constellation Brands, nos demuestran que es posible construir acuerdos entre el sector público y privado que fomenten la inversión y crecimiento económico, al mismo tiempo que se cuida al agua y se considera la sustentabilidad hídrica de cuencas y acuíferos.

Referencias

ANA, 2019. National Water and Basic Sanitation Agency. Manual of Consumptive Uses of Water in Brazil. ANA, 2020. National Water and Basic Sanitation Agency. Report on the Situation of Water Resources in Brazil 2020.

ANA, 2021, National Water and Basic Sanitation Agency. Atlas Irrigation 2021: Water Use in Irrigated Agriculture 2nd ed.

AP News, 2022, Computer chip maker to pay $32M for water pipeline, https://apnews.com/article/technology-business-albuquerque-utilities-water-utilities- 1f969c6143dca658d988e-5ff2d9fcf14

El Financiero, 2022. Constellation Brands anuncia inversión por 5 mil mdd para su planta de cerveza en Veracruz, https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/2022/01/06/constellation-brands-anuncia- inversion-por-5-mil-mdd-para-su-planta-de-cerveza-en-veracruz/

Geritana, A. 2016. Extreme water deficit in Brazil detected from space. Journal of Hydrometeorology. Pages 591-599. DOI: https://doi.org/10.1175/JHM-D-15-0096.1

La sobreexplotación de acuíferos: camino seguro hacia la quiebra hídrica

Adrián Pedrozo Acuña

Para todas las naciones, el acceso seguro al agua representa na de las inminentes crisis que ya se avizoran a la luz del cambio global. Esto es especialmente cierto en zonas áridas y semiáridas del planeta, donde la escasez de agua superficial hace del agua subterránea la columna vertebral de la seguridad hídrica y alimentaria de estas regiones.

Fecha de publicación:
12 de Diciembre de 2021

En todo el mundo, el desarrollo económico depende del abasto de agua..

A nivel mundial, uno de los casos más emblemáticos que ejemplifican esta situación es el del abasto de agua en Irán, en donde 60 % del volumen de agua que se consume tiene un origen subterráneo (Mirzaei et al., 2019). Esto se debe a las condiciones naturalmente áridas de esta región del planeta, lo que ha redundado en una sistemática extracción de agua del subsuelo por más de 2,500 años, desde la creación persa de los famosos acueductos subterráneos conocidos como qanats, aun utilizados en nuestros días y que sirven para transferir agua del subsuelo a la superficie utilizando a la gravedad como fuerza motriz (English, 1968). Por miles de años, esta infraestructura antigua facilitó el desarrollo y la producción agrícola de Irán; sin embargo, durante el siglo XX, la mayoría de estos se secaron debido a la modernización de la agricultura y al uso de técnicas de perforación que hicieron posible el abatimiento rápido de los niveles piezométricos por encima de la capacidad de recarga de los acuíferos (habilitando una alta velocidad de extracción) (Mandani, 2008). En conjunto, la extracción de agua para proveer bienestar a más de 80 millones de habitantes y regar 5.9 millones de hectáreas de tierras agrícolas pusieron sobre los acuíferos de este país una gran cantidad de presión. Aunado a lo anterior, cambios en el clima, así como en la intensidad y frecuencia de las sequías, resultan en una amplificación de la escasez hídrica del país durante el siglo XXI (Maghrebi et al., 2020; Ashraf et al., 2019). En promedio, más de la mitad de la capacidad de almacenamiento instalada en las presas iraníes permaneció vacía durante el periodo de 2003 a 2017 (IPRC, 2017), lo que obligó a las autoridades de ese país a depender aún más del agua subterránea. De esta forma, no es casualidad que Irán se encuentre entre los países con la mayor tasa de agotamiento de acuíferos en el mundo, junto con Estados Unidos de América, Arabia Saudita y Canadá (Döll et al., 2014).

Esta situación ha dado lugar a grandes tensiones y problemas sociales dentro del país por una adecuada gestión del agua (Mandani 2014, Mandani et al., 2016). El sobregiro de los acuíferos, es decir, la extracción a tasas mucho mayores que la velocidad natural de renovación, ha contribuido a la generación de un caldo de cultivo para la generación de conflictos sociales, como la migración forzada (Mehrparvar et al., 2016) y emergencias ambientales, como la desertificación,

Núm. 48, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-48



el secado de humedales y el deterioro de la calidad del agua por la intrusión salina (Mandani et al., 2016, Danaei et al., 2019).

La quiebra hídrica en los acuíferos de Irán resulta del rápido incremento de puntos de extracción de 2002 a 2015 (hasta en un 84.9 %). Este último dato contrasta con un documentado declive en la extracción de agua subterránea en ese mismo periodo, pasando de 74,600 a 61,300 millones de metros cúbicos. Vale la pena preguntarnos: ¿a qué se debe esta situación? Existen dos razones posibles para explicar este hecho: 1. Un mayor estrés sobre los acuíferos someros causa su abatimiento, el deterioro de la calidad su agua y, por tanto, un rendimiento reducido de las aguas subterráneas poco profundas.

2. Existe una baja efectividad en las políticas de monitoreo, gestión y conservación del agua subterránea. Los datos del monitoreo que se reportan en la literatura señalan que en diversas partes del país hay un sobregiro de los límites físicos de renovación natural del agua subterránea, lo que es evidente por el incremento hasta en un 17.2 % en los tiempos de operación de pozos profundos y, lo que, a su vez, nos señala un esfuerzo intencional por extraer más agua del subsuelo. Así, mientras que aparentemente la extracción de agua subterránea de pozos someros y qanats disminuye (por el secado de los mismos), la extracción de agua a partir de pozos profundos aumenta. Esto refleja que, a pesar de los esfuerzos de regulación de las extracciones de agua subterránea por parte del gobierno iraní, persiste entre los usuarios una agresiva extracción de agua subterránea (de pozos profundos) que produce sobreexplotación de acuíferos y los conduce como nación a una inminente no sustentabilidad hídrica o, por decirlo de otra forma, a una quiebra hídrica (Mandani et al., 2016),

con abatimientos documentados de hasta 100 cm por año en algunas regiones, lo que ha obligado al gobierno a implementar diversas vedas de extracción de agua subterránea en varias planicies del país, dejando a 215 de 609 planicies libres para la emisión de permisos de perforación y extracción de agua. Esto es una señal inequívoca de lo inadecuado que resulta la actual política de gestión del agua en acuíferos altamente estresados (Olen, 2021).

El incremento en el uso consuntivo de agua subterránea de Irán ha reducido los volúmenes de retorno al ambiente, así como la recarga de los acuíferos, lo que evidentemente genera impactos ambientales, sociales y económicos muy negativos. La combinación del agotamiento del agua dulce en el subsuelo y la salinización de los pozos indican riesgos a la seguridad hídrica y ambiental del país, con implicaciones para su seguridad alimentaria por la amenaza que representa regar cultivos no tolerantes al agua salobre.

La economía de Irán depende del agua y de la agricultura (Maghrebi et al., 2020), y la quiebra hídrica de los acuíferos (entendida esta como un estado final de la modificación del ciclo hidrológico natural por las actividades humanas) produce una brecha enorme entre el abasto y el uso de agua subterránea, con daños irreversibles en el corto plazo. De esta forma es como la falta de atención a la seguridad hídrica nacional, es decir al estudio e investigación del agua con un lente transversal y multidisciplinario, genera desempleo, migración y otros problemas socioeconómicos de escala nacional.

En todo el mundo, el desarrollo económico depende del abasto de agua o, por decirlo de otra forma, de no permitir la sobreexplotación o quiebra de cuencas y acuíferos. Por esta razón, consideramos importante incluir en este número de Perspectivas la revisión sobre lo que ocurre en Irán, porque nos permite detonar nuestra atención hacia los problemas que se pueden presentar en el futuro próximo en zonas áridas de nuestro país, donde también existe una vocación agrícola importante. Revisar estos casos en el mundo nos permite entender las causas y los efectos de decisiones tomadas a la luz de un conocimiento incompleto o unidisciplinario. Para decirlo de forma coloquial, visibilizar estos casos nos permite señalar que es importante para el sector hídrico nacional “poner las barbas a remojar”, para evitar que este tipo de crisis ocurran o se amplifiquen dentro de nuestro país. Por esta razón, la decisión anunciada durante el informe de gobierno del pasado primero de diciembre, por el presidente de la República, Lic. Andrés Manuel López Obrador, relativa a la no sobreexplotación de acuíferos, es de gran trascendencia para el país. Esta se enmarca en reconocer el problema e identificar claramente que debemos atenderlo para prevenir tanto el incremento de la competencia entre usuarios por este elemento de la vida como los conflictos sociales por el documentado agotamiento de acuíferos. Comenzamos, así, a escribir una nueva página para pensar al agua, de tal suerte que se quede atrás el statu quo de la gestión del agua en el siglo XX, para dar lugar a una nueva forma de tomar decisiones relativas a este elemento de la vida. En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, como inteligencia hídrica del sector ambiental y del gobierno federal, en eso estamos, con ética, evidencia y transparencia.

Referencias

Ashraf S. et al., 2019. Compounding effects of human activities and climatic changes on surface water availability in Iran. Clim. Change 152, 379–39.

Danaei et al., 2019. Iran in transition. Lancet 393, 1984–2005.

Döll, P., H. Mueller Schmied, C. Schuh, F. T. Portmann, A. Eicker, 2014. Global-scale assessment of groundwater depletion and related groundwater abstractions: Combining hydrological modeling with information from well observations and GRACE satellites. Water Resour. Res. 50, 5698–5720.

English, P. W., 1968. The origin and spread of qanats in the Old World. Proc. Am. Philos. Soc. 112, 170–181. IPRC (Iranian Parliament Research Center), "An analysis of Iran's water crisis and its impacts" [in Persian] (2017). https://rc.majlis.ir/fa/report/show/1040201.

Maghrebi M et al.,2020. Iran's agriculture in the Anthropocene. Earth's Future 8, e2020EF001547 (2020). Madani, K. 2008. Reasons behind failure of qanats in the 20th century, in World Environmental and Water Resources Congress: Ahupua'A, R. W. Babcock, Jr., R. Walton, Eds. (American Society of Civil Engineers (ASCE), Honolulu, HI, pp. 1–8.

Madani, K. 2014. Water management in Iran: What is causing the looming crisis? J. Environ. Stud. Sci. 4, 315–328.

Madani, K., A. AghaKouchak, A. Mirchi, 2016. Iran's socio-economic drought: Challenges of a water- bankrupt nation. Iran. Stud. 49, 997–1016.

Mehrparvar, M. , A. Ahmadi, H. R. Safavi, 2016. Social resolution of conflicts over water resources allocation in a river basin using cooperative game theory approaches: A case study. Int. J. River Basin Manage. 14, 33–45.

Mirzaei, A, B. Saghafian, A. Mirchi, K. Madani, 2019. The groundwater—energy—food nexus in Iran's agricultural sector: Implications for water security. Water 11, 1835.

Olen, M. 2021. Water bankruptcy in Iran. Nature sustainability, 4, 924.

The climate crisis is a water crisis: Its attention requires social justice

Adrián Pedrozo Acuña

Speech of Dr. Adrián Pedrozo Acuña Head of the Mexican Institute of Water Technology (IMTA), during the inauguration of the Binational Conference of the intersection of Climate Change and Water, Agriculture and Economics, organized by the Mexican Embassy in the UK and IMTA.

Fecha de publicación:
29 de noviembre de 2021

As humanity we have forced an evolution of the Earth from a variable but stable climate..

As far back as the 1980s, climate models indicated that changes in patterns and amounts of precipitation would be an important consequence of climate change. Growing demands for water, even without the added burden of climate change, are placing enormous stress on water resources all over the world. Today, the evidence that we are altering the climate is undeniable. Furthermore, the impacts of global climate change on water are enormous. Water is the key driver of impacts, we now see how rapid loss of glaciers has an influence in the timing and volume of river flows. Also, higher temperatures increase water demand and intensify heat waves and forest fires. Therefore, it is now recognised that the climate crisis is indeed, a water crisis.

As humanity we have forced an evolution of the Earth from a variable but stable climate, to a constantly evolving, changing, and worsening set of conditions. Not all climate impacts are created equal, or distributed equally, resulting adverse impacts are not felt equitable among people or nations. From extreme weather to rising sea levels, the effects of climate change often have disproportionate effects on marginalised or underserved communities. This is why it is time for a fundamental change in the way we think about water.

In the 20th century, the focus of water management was on enhancing supply by building massive dams to capture water in wet periods to use in dry ones, and long aqueducts to move water from areas of abundance to areas of scarcity. That approach brought benefits to some parts of the world, but also led to unanticipated costs, both social and environmental. Today, the Covid19 pandemic has made evident not only that human health is linked to that of the environment but also to the global economy. Indeed, in some countries it is through their economic, political and cultural ties with other nations that the impacts of global climate change are most likely to be felt. The indirect impacts through for example the international trade or the migration of people are also very important.

If the water crisis is the key driver of the climate crisis, we need scientific institutions, companies and universities from all over the world to work together to tackle them. Conferences such as the one we have today enables us to do

Núm. 46, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-46



that, bringing together a group of specialists with expertise across water, agriculture and economics. Therefore, the dialogue allows the identification of the right connections to make rapid progress.

The goal of this Binational Conference is to harness the power of science, engineering and knowledge, to build a sustainable society and an inclusive economy that works for everyone. Collaboration and innovation are the necessary ingredients for the future. We are better together. That is the way to transform the equation from one of water scarcity to one that provides hope for everyone. In Mexico, we are convinced that water can be the driver of an equitable economic development, but for this, we need to evolve and prioritise the protection of the most vulnerable. If the process of this urgent transformation is not just, the outcome will never be. The evolution itself must be just and equitable.

That means using less to produce more, treating and reusing more wastewater, meeting the human right to water for all, and developing nature-based solutions. Our decision-making process must be adjusted to reflect a diverse set of realities and climate, all over the world and within countries.

Climate change is one of the most contentious environmental issues of our time, I wish you all fruitful discussions along these two days, the era of overexploitation of aquifers and catchments, and destruction of ecosystems is behind us. We need the best science to find the best solutions, let us catalyse the transformation of water institutions, technologies, and policies

to build together a resilient home for our daughters and sons. The whole world is connected, we therefore need to think collectively but with a lens of justice, solidarity and respect, as the great Mexican President Benito Juárez used to say: "Among individuals, as among nations, respect for the rights of others is peace." More than ever it is necessary to explicitly include and speak of the rights of an equitable economic development and wellbeing for all. We do this because is the right thing to do.

Links to watch the whole conference: https://youtu.be/bRgv1BDvlcU

México y los diez hechos científicos de la COP26

Adrián Pedrozo Acuña

A la luz de las discusiones que se dieron durante la conferencia de las partes número 26 en Glasgow, Reino Unido, desde el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua consideramos que vale la pena hacer una reflexión sobre lo acontecido en esta conferencia desde una perspectiva científica, pues solo con información veraz y fundada será posible entender la variedad de opiniones y posiciones de todas las naciones frente a la crisis climática global.

Fecha de publicación:
21 de Noviembre de 2021

Los gases de efecto invernadero tienen diferente tiempo de residencia en la atmósfera.

Pensamos que este es un ejercicio muy necesario, dado que en la mayoría de los medios de comunicación nacionales existe un vacío de información sustantiva relacionada con los hechos científicos incontrovertibles que fueron presentados en dicha conferencia. Su ausencia en el debate público nacional distorsiona las discusiones. Es por ello que es importante proporcionar a la sociedad un resumen de la evolución de la evidencia científica, de tal suerte que sea posible a cada individuo generar una opinión informada.

Los diez nuevos hechos científicos incontrovertibles presentados en esta conferencia por el Prof. Johan Rockström, director del Instituto Postdam para la Investigación de los Impactos Climáticos de Alemania, y que se reconocen como la información clave que todo representante nacional debería conocer en cualquier mesa de negociación climática (Future Earth, The Earth League, WCRP, 2021) son los siguientes:

1. Estabilizar el incremento de temperatura en +1.5 °C es posible, pero se requiere de una acción global drástica e inmediata. La pregunta clave es cómo estabilizar el incremento de temperatura—y por tanto las emisiones de CO2— desde una perspectiva de factibilidad real, considerando que el tiempo de residencia del CO2 en la atmósfera es de hasta 200 años. Esto se traduce en reducir las emisiones globales de CO2 a la atmósfera en 2.0 gigatoneladas por año (Gt/año) hasta 2040, es decir un 5 % anual del total actual (42 billones t/año). Por otro lado, si queremos tener más posibilidades de éxito para estabilizar el incremento de temperatura se reconoce que la reducción real necesaria es de 4.0 Gt/año hasta 2030.

2. El rápido crecimiento de emisiones de otros gases (metano y óxido nitroso) nos tiene como humanidad en una tendencia de incremento de temperatura de 2.7 °C. Este hecho se traduce en que no podemos pensar exclusivamente en la descarbonización de la sociedad como única salida segura para reducir el incremento de temperatura. El enfocar la discusión exclusivamente en las emisiones de CO2 oculta la verdadera crisis del calentamiento global, asociada a otros gases (como el metano y óxido nitroso, emisiones asociadas a las industrias de hidrocarburos y

Núm. 45, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-45

agro-alimentaria) y procesos del modelo de desarrollo económico.

3. Hemos entrado a la era de megaincendios forestales. Además de impactar a las sociedades de forma negativa, estos desastres retroalimentan los mecanismos de amplificación del calentamiento global.

4. El riesgo de cruzar puntos de inflexión planetarios es real y representa grandes riesgos climáticos. La crisis climática lo conecta todo, especialmente los impactos que se detonan por procesos climáticos y su interacción con el ciclo del agua, como es la relación entre el derretimiento de casquetes polares, cambios en el régimen de precipitación global, mayor evapotranspiración de la vegetación y, por tanto, en la disponibilidad de agua dulce.

5. La acción climática global debe ser socialmente justa. Este hecho se traduce en que el 1 % de los países más ricos del planeta deben reducir sus emisiones hasta en treinta veces respecto a lo que emiten actualmente, mientras que al mismo tiempo se debe permitir al 50 % de los países más pobres la oportunidad de incrementar sus emisiones hasta en tres veces. Este hecho incontrovertible reconoce la importancia de la justicia y el derecho al desarrollo de naciones menos favorecidas y con menos impacto en el balance de carbono global. Hay una gran inequidad en el uso del espacio atmosférico global por las diferentes naciones (los países desarrollados emiten mucho más CO_2 que aquellos en vías de desarrollo).

6. Los cambios del comportamiento local son cruciales y no han sido considerados en la acción climática. Es necesaria una transición energética que no solo considere la descarbonización del sistema energético en función de las tecnologías limpias, sino que también se requiere que nuestro estilo de vida respete el incremento de 1.5 °C que podemos permitirnos, y no al contrario. Las formas de producción y consumo actuales no nos llevarán a buen puerto, urge incorporar un lente de equidad y justicia social en nuestra forma de vida.

7. Los cambios políticos bloquean la eficacia en la fijación de precios de carbono. La fijación de los precios de carbono podría acelerar la escala de la transición energética. En 61 países, incluido México, se ha adoptado un precio sobre el carbono, pero estos países representan tan solo el 22 % de las emisiones globales. Es urgente generar un sistema de gobernanza global, de carácter permanente, enfocado a lograr la fijación de precios de carbono por la mayoría de los países.

8. Las soluciones basadas en la naturaleza son fundamentales para la hoja de ruta definida en el acuerdo de París. El reto es no utilizarlas como reemplazo o retraso de la descarbonización de otros sectores.

9. Proteger y construir resiliencia de ecosistemas marinos. El océano es el termostato más resiliente del planeta, física y biológicamente; por esta razón, su protección y conservación es muy importante y se sugiere expandir de forma global las áreas marinas protegidas y libres de cualquier actividad extractiva, como la pesca o la minería, de 7.7 % de la superficie, a 30 %.

10. Los costos de la mitigación del cambio climático están justificados por los beneficios a la salud ambiental y humana. Hoy, siete millones de personas al año pierden la vida a causa de contaminantes atmosféricos.

Estos diez puntos nos señalan de manera clara que existe un imperativo ético para incorporar la equidad y la justicia social en las acciones que se seleccionan para enfrentar al cambio climático. Los gases de efecto invernadero tienen diferente tiempo de residencia en la atmósfera, lo que hace evidente que las acciones del pasado moldean al presente; en otras palabras, que el desarrollo de países más avanzados se ha dado a costa de la salud ambiental de todos. Las emisiones de CO_2 están íntimamente relacionadas al modelo de crecimiento económico. Por lo tanto, la atención climática no trata solamente sobre la repartición del espacio atmosférico para las emisiones de todas las naciones, sino también el crecimiento económico. En todo el mundo, los combustibles fósiles son al día de hoy el impulso de la economía global. El punto clave estriba en cómo permitir el crecimiento económico de países emergentes sin contaminación. Más aún, cuando se sabe que existen jugadores globales (EUA - 4.71 Gt/año, Rusia – 1.58 Gt/año, China – 10.67 Gt/año, Australia - 4.71 Gt/año, Japón - 1.58 Gt/año, India –2.44 Gt/año y la Comunidad Europea – 2.35 Gt/año) que concentran más del 65 % de las emisiones de CO_2 a la atmósfera global. Este es el nivel de injusticia e inequidad que existe en el mundo al día de hoy, y que se reconoce de manera clara en el punto número cinco de los diez hechos científicos incontrovertibles.

Allí radica la importancia de la definición de límites en las contribuciones nacionales de



los países, sin embargo, la equidad en el acceso al desarrollo económico deberá asignar estos límites en proporción a las emisiones particulares de cada país. Hay una responsabilidad diferenciada, y por eso la justicia climática debe cimentar las acciones frente al cambio climático. El reconocer esto en la discusión global es vital para avanzar en la seguridad de todos. De acuerdo con los datos de 2020, México representa solo el 1.03 % de las emisiones globales de CO2 a la atmósfera (Our World in Data, 2021). Justamente por esta razón, nuestro país insistió en una acción climática justa. La justicia climática significa que los países más pobres tienen derecho a la energía y el desarrollo económico.

A la luz de los hechos científicos aquí comentados y los números relativos a nuestra responsabilidad como nación a este problema global, podemos afirmar que México actuó de manera destacada al unirse a varias declaratorias para disminuir los impactos adversos de la actividad humana al medio ambiente (p. ej. Declaración de Bosques y Uso de la Tierra, Declaración para la Disminución de Metano), además como miembro fundador del Panel de Alto Nivel para una Economía Oceánica Sostenible, reconocimos la unión de países como Estados Unidos y Francia.

Como indican los datos, nuestro país, a pesar de tener una huella de emisiones de CO2 muy moderada, participa de manera activa y decidida en todos los compromisos. Además, avanzamos en la transición a energías renovables con la decisión de construir el parque de generación eléctrica con paneles solares más grande de Latinoamérica, y la modernización de 14 hidroeléctricas a lo largo del país.

De esta forma, quedó claro que México juega en equipo dentro de la aldea global para atender el cambio climático, subrayando que la base de toda negociación está constituida por el respeto y la solidaridad entre pueblos, usando como puntas de lanza la evidencia científica y la ética para conservar nuestro país y el planeta, al mismo tiempo que se hace uso del derecho de sus habitantes a mejores condiciones de vida.

Referencias

Future Earth, The Earth League, WCRP (2021). 10 New Insights in Climate Science 2021. Stockholm https://doi.org/10.5281/zenodo.5639539

Datos:

https://ourworldindata.org/annual-co2-emissions https://ourworldindata.org/co2/country/mexico#what-share-of-global-co2-emissions-are-emitted- by-the-coun

Hidroenergía y cambio climático

Agustín Breña Naranjo

Otra de las declaratorias en la Conferencia de las Partes (COP26) de este año es la Declaración de San José sobre Energía Hidroeléctrica Sostenible, en la cual se determina que la hidroelectricidad es una actividad esencial para alcanzar las metas fijadas en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Entre lo más destacable de esta declaratoria se encuentra el llamado a los tomadores de decisiones, tanto en el sector público como en el privado, para invertir en la modernización de la infraestructura hidroeléctrica con el objetivo de proveer estabilidad y resiliencia a las redes de transmisión eléctricas frente al auge de las energías limpias, principalmente la eólica y solar, las cuales se caracterizan por su comportamiento altamente intermitente.

Cabe señalar que, en nuestro país, la hidroelectricidad ha sido una de las energías renovables con menor crecimiento durante la última década. La Central Hidroeléctrica La Yesca, construida ya hace casi diez años, fue el último gran proyecto llevado a cabo por la Comisión Federal de Electricidad. De igual manera, la participación del sector privado en la generación hidroeléctrica sigue siendo bastante limitada, aun con la entrada en vigor de la Ley de Transición Energética del 2013.

El gran potencial de la hidroelectricidad para ser considerada como la fuente de almacenamiento de energías limpias por excelencia coloca a México en una clara ventaja, debido a la existencia de 105 centrales hidroeléctricas, sin embargo, se debería de evaluar la factibilidad técnico-económica de estos sistemas de bombeo-almacenamiento. Aunado a esto, el proyecto de repotenciación de las centrales hidroeléctricas, anunciado recientemente por la CFE, constituye un primer paso dentro de esta visión plasmada en la Declaratoria de San José.

No obstante, el papel que la hidroelectricidad puede desempeñar dentro de la transición energética puede abarcar más allá de la modernización de las hidroeléctricas ya existentes (con una capacidad instalada superior a los 1,300 GW), de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía Renovable (Irena, 2020), mediante el desarrollo de mini- y microcentrales que promuevan la seguridad y justicia energética en zonas rurales, principalmente. Por ejemplo, el desarrollo e implementación de turbinas hidrocinéticas de baja carga ha ido acompañado por una disminución notable tanto en los impactos ecológicos que los grandes proyectos hidroeléctricos han implicado tradicionalmente como en los efectos negativos en los ciclos biogeoquímicos locales (p. ej. formación de fuentes de metano, etc.).

Si bien la Declaratoria de San José reconoce a la hidroelectricidad como una medida de mitigación al cambio climático, un punto que no es mencionado es justamente cómo el

Fecha de publicación:
16 de Noviembre de 2021

La Central Hidroeléctrica La Yesca, construida ya hace casi diez años, fue el último gran proyecto llevado a cabo por la Comisión Federal de Electricidad.

Núm. 44, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-44



cambio climático afectará la hidrología de las cuencas donde estas centrales se encuentran ubicadas y sus estrategias de adaptación para minimizar una eventual pérdida en su potencial hidroeléctrico. Por ejemplo, Turner et al. (2017) realizaron proyecciones de la generación hidroeléctrica a futuro para los países con la mayor capacidad instalada (incluido México) y con base en los escenarios del Proyecto de Intercomparación de Modelos Climáticos (CMIP5). Los resultados muestran que a pesar de que la generación hidroeléctrica sigue un comportamiento no lineal con respecto al calentamiento global, este puede ser muy variable. Así, se espera que regiones como la parte septentrional del hemisferio norte tendrán un incremento en su producción hidroeléctrica; habrá otras, como Europa central y Latinoamérica, que experimentarán una caída ligera a nivel de país. La vulnerabilidad ante esos cambios, que durarán décadas, nos lleva nuevamente a reflexionar sobre la necesidad de modernizar las centrales hidroeléctricas ante estos posibles cambios a mediano y largo plazo.

Finalmente, es de resaltar que estas nuevas tecnologías no solo estarían en capacidad de ofrecer una mejora para fines ambientales, sino que también pueden dar origen a nuevos esquemas de democratización y modelos de descentralización energética. Para poder lograr que la hidroelectricidad sea efectivamente una energía limpia, capaz de sustituir otras fuentes energéticas en los próximos años, será necesario estudiar a fondo aquellos casos de éxito en otras partes del mundo y así ayudar a que México logre alcanzar su transición energética.

Referencias

Turner SWD, Yi J, Galelli S (2017) Examining global electricity supply vulnerability to climate change using a high-fidelity hydropower dam model. Sci Total Environ 591:663–675

Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050

The San José Declaration: a vision for sustainable hydropower (COP26 event) https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020

Cambio climático, bosques y agua

Agustín Breña Naranjo

La vigésima Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (también conocida como COP26) fue inaugurada el pasado 31 de octubre en Glasgow, Escocia, y continuará hasta el 12 de noviembre.

Fecha de publicación:
8 de Noviembre de 2021

Los bosques desempeñan un papel vital en el abastecimiento de agua a ciudades, municipios, distritos de riego y centrales hidroeléctricas.

Si bien la Conferencia de las Partes ocurre cada año (con excepción del 2020, debido a la situación sanitaria mundial provocada por el virus SARS-CoV-2), en esta ocasión las expectativas han sido bastante altas debido al incumplimiento de las metas fijadas durante la COP21 (París, 2015) en cuanto a la reducción progresiva de emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el calentamiento global a +1.5 °C con respecto a los niveles preindustriales.

Durante los primeros días del evento se llevó a cabo la cumbre de líderes mundiales a partir de la cual se anunciaron varios compromisos, entre ellos la Declaratoria para la Protección de Bosques y Uso de la Tierra. Dicha declaratoria es un compromiso de las principales naciones del mundo para detener y revertir la pérdida de los bosques y la degradación de la tierra para el año 2030. Hasta la fecha en que se escribió este artículo (7/11/2021), 133 naciones (entre ellas México), cuyos bosques representan el 90 % de la cobertura forestal global (+3,650 millones de hectáreas), se habían adherido a esta declaratoria, cuyos principales ejes contemplan los siguientes rubros:

- Conservar los bosques y otros ecosistemas terrestres
- Reducir la vulnerabilidad y construir resiliencia en áreas rurales
- Rediseñar políticas agrícolas
- Promover la seguridad alimentaria

A primera vista, esta declaratoria se enfoca en revertir la pérdida de bosques con el objetivo de acelerar la captura de carbono disponible en la atmósfera sin poner en riesgo la seguridad alimentaria y el desarrollo rural en aquellas regiones aptas para redirigir dichos esfuerzos. En efecto, el crecimiento poblacional y económico ha provocado la pérdida de más de la mitad de los bosques primarios de nuestro planeta y, con ello, ha disminuido la capacidad de almacenamiento de carbono a través de la biomasa y suelos de los ecosistemas forestales. Es por esto que la reforestación a gran escala permitiría captar más de 10 gigatoneladas de CO2/año, y los bosques volverían así a ser el sumidero de carbono más grande del mundo.

A pesar de que esta declaratoria tiene objetivos loables y aplaudibles, el tema hídrico está ausente. En caso de lograr esta transición en los usos y coberturas de suelo (de pastizales, cultivos y tierras abandonadas hacia bosques y humedales) en los próximos años, se estarían generando cambios sustanciales en el balance hídrico de cuencas y acuíferos adyacentes lo cual implicaría una reingeniería en la planeación y gestión del agua en zonas de reforestación.

Núm. 43, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-43



Si bien los bosques cumplen con un papel preponderante dentro de los esquemas de mitigación y adaptación al cambio climático, tampoco son ajenos a los efectos del calentamiento global. Por ejemplo, perturbaciones tales como incendios forestales (Bladon et al., 2014), plagas de insectos (Bearup et al., 2014) o mortalidad por sequía y ondas de calor (Dietze y Moorcroft, 2011; Guardiola-Clarmonte et al., 2011) podrían impactar directamente en los servicios hidrológicos y ambientales que estos nuevos ecosistemas (aproximadamente 12 millones de km2) estarían generando como resultado de esta declaratoria. Adicionalmente, los bosques también desempeñan una función de regulación de la calidad del agua de fuentes superficiales, por lo que una posible reducción de la cobertura forestal y su pérdida de suelos asociada a dichas perturbaciones implicarían diversos impactos negativos, tales como un incremento de la concentración de nutrientes y sedimentos, así como aumentos en la temperatura de ríos y arroyos.

Otro efecto potencial del calentamiento global en los sistemas hidrológicos es el incremento de la evapotranspiración potencial, una variable muy importante en el balance hídrico de los bosques, principalmente en aquellos donde la cantidad de humedad del suelo es abundante durante la mayor parte del año. Debido a eso, la selección de especies de árboles durante el proceso de deforestación podría exacerbar o disminuir la vulnerabilidad hídrica de cuencas y acuíferos sujetos a esta transición ecológica en los siguientes años (Vose et al., 2017). Aunado a esto, las proyecciones en el aumento de la temperatura a nivel global y regional estarían incrementando de manera significativa las necesidades hídricas de los bosques, los impactos de las sequías y la disminución de la recarga de acuíferos.

A lo largo de los siglos, los bosques han demostrado ser resilientes a la variabilidad climática, así como a las perturbaciones previamente mencionadas.

No obstante, en un clima cambiante de manera tan acelerada, esta resiliencia puede verse comprometida (Hallema et al., 2017). Por ejemplo, durante la última década se ha registrado una intensificación de casos de mortalidad forestal a gran escala, tanto en climas semiáridos como templados (Roman et al., 2015), debido a la combinación de varios factores, como la sequía, los incendios forestales, las ondas de calor y las plagas de insectos (Torngern et al., 2015). En algunos casos, la severidad de estas perturbaciones ha sido tan intensa que, posteriormente, estos bosques ya no se recuperan, por lo que son reemplazados por pastizales y matorrales.

En cuanto a los riesgos hídricos para actividades económicas, será de suma importancia preservar estos ecosistemas forestales, tanto aquellos derivados de la COP26 como los actuales. Los bosques desempeñan un papel vital en el abastecimiento de agua a ciudades, municipios, distritos de riego y centrales hidroeléctricas, entre otros, por lo que es preponderante su conservación en zonas localizadas aguas arriba. Para el caso de las nuevas áreas que se esperan que sean reforestadas, algunas opciones para incrementar su resiliencia ante las nuevas condiciones climáticas consisten en plantar árboles con una densidad moderada (Sun et al., 2015) y así disminuir el riesgo de mortalidad por sequía y propagación de incendios (Dore et al., 2012).

Otras estrategias orientadas a disminuir estos riesgos dependerán de la siembra de especies tolerantes al estrés hídrico e incendios, así como aquellas que favorezcan la estabilidad del suelo en laderas, ya que el cambio climático no solo implica escasez hídrica, sino también precipitaciones más intensas.

La formulación de políticas públicas globales en temas de reforestación y conservación de bosques será una prioridad en esta década, por lo que es necesario no solo planear y diseñar estos proyectos de la manera más eficiente, sino también contemplar las interacciones con otros componentes de nuestra biósfera, tales como el agua a través de sus cuencas y acuíferos.

Referencias

Bearup, L.A., et al., Hydrological effects of forest transpiration loss in bark beetle-impacted watersheds. Nature Climate Change, 2014. 4(6): p. 481-486

Bladon, K.D., et al., Wildfire and the Future of Water Supply. Environmental Science & Technology, 2014. 48(16): p. 8936-8943

Dietze, M.C. and P.R. Moorcroft, Tree mortality in the eastern and central United States: patterns and drivers. Global Change Biology, 2011. 17(11): p. 3312-3326

Dore, S., et al., Recovery of ponderosa pine ecosystem carbon and water fluxes from thinning and stand- replacing fire. Global Change Biology, 2012. 18(10): p. 3171-3185

Guardiola-Clarmonte, M., et al., Decreased streamflow in semi-arid basins following drought-induced tree die-off: A counter-intuitive and indirect climate impact on hydrology. Journal of Hydrology, 2011. 406(3-4): p. 225-233

Hallema, D.W., et al., Regional patterns of postwildfire streamflow response in the Western United States: The importance of scale-specific connectivity. Hydrological Processes, 2017. 31(14): p. 2582-2598

Roman, D.T., et al., The role of isohydric and anisohydric species in determining ecosystem-scale response to severe drought. Oecologia, 2015. 179(3): p. 641-654

Sun, G., P.V. Caldwell, and S.G. McNulty, Modelling the potential role of forest thinning in maintaining water supplies under a changing climate across the conterminous United States. Hydrological Processes, 2015. 29(24): p. 5016-5030.

Retos ante la problemática de inundaciones en las ciudades

Oscar Jesús Llaguno Guilberto, Juan Maldonado Silvestre y José Manuel Rodríguez Varela

En los últimos días, diversas fuentes informativas han mostrado las inundaciones que han aquejado ciudades de algunos países de Europa, como Alemania, Suiza, Luxemburgo y Los Países Bajos, mismos que han invertido en el diseño de diferentes estrategias para el manejo de inundaciones, pero que ahora han sido rebasados por lluvias de gran intensidad, dejando pérdidas materiales y humanas, así como contaminación ambiental.

Si diversos países del continente europeo enfrentan problemas en su manejo del agua pluvial, países que en general son los precursores de ideas, normas o marcos técnicos y jurídicos para la mitigación de inundaciones, entonces ¿qué se puede esperar de Latinoamérica, y en especial de México, para hacer frente a este tipo de eventos meteorológicos extremos, que parece que año con año se superan y logran tener mayores afectaciones?

En México se tienen los casos de ciudades como Guadalajara, Monterrey, Ciudad de México, Chetumal, entre otras, que se asentaron cerca de un río o laguna para abastecerse de agua y que en algún momento, por el crecimiento poblacional, se fueron modificando sus ecosistemas, llegando al punto de requerir la construcción de canales para el desalojo del agua pluvial y bordos para la protección de sus habitantes contra inundaciones. Con el paso de los años, los cauces de los ríos se han modificado en canales para incrementar su capacidad hidráulica y permitir el desalojo de los escurrimientos, o bien se han convertido en emisores del sistema pluvial con la función de desalojar el agua precipitada en el menor tiempo posible hacia un punto de salida donde no afecte a ciudades aguas abajo. En otros casos, los cauces de arroyos se han convertido en vías de tránsito vehicular, reemplazando a arroyos o ríos que antes servían para evacuar el agua de lluvia.

La modificación de los ríos o arroyos que anteriormente cruzaban por las ciudades se ha acentuado en gran medida debido al proceso de urbanización de las mismas, y ha empeorado debido a la emigración de las personas de la zona rural a la urbana. Este rápido crecimiento de la zona urbana ha rebasado la capacidad de las autoridades para integrar en el plan de desarrollo su planeación urbana, modificándose y adaptándose el entorno para satisfacer sus necesidades.
Son contadas las ciudades en México que tienen una adecuada planeación urbana, donde se establecieron espacios de recreación, vivienda, legislación, calles, parques, etc., previendo un crecimiento en su población. La mayoría fueron expandiéndose de acuerdo a las necesidades inmediatas que enfrentaron en el algún momento.

Fecha de publicación:
29 de agosto de 2021

El problema de inundaciones es tan recurrente y grave, que la solución a su problemática se debe plantear de manera integral y con la participación e interacción de diversas dependencias.

Núm. 33, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-33



Entre los cambios más notorios y significativos de los procesos de urbanización está el del uso de suelo, que se caracteriza por sus severos impactos en la hidrología local, debido a las alteraciones de los escurrimientos. La relación lluvia-escurrimiento se ve modificada, debido a que el volumen de precipitación que antes se evaporaba, evapotranspiraba o se infiltraba, ahora pasa a ser escurrimiento superficial. El Center of Watershed Protection (2013) menciona que se pueden tener incrementos de hasta un 55 %, aproximadamente, en los escurrimientos, debido a las modificaciones en las cuencas.

Para enfrentar este reto del manejo del agua pluvial, las ciudades han construido diferentes obras de infraestructura pluvial encargadas de captar el agua de lluvia de las calles mediante las bocas de tormenta a los colectores hasta llegar a los emisores con el fin de que sea trasladada a un punto de descarga (generalmente ríos o arroyos) donde no se tengan problemas de inundación (MAPAS, 2015), con el objetivo de mitigar los daños causados por los escurrimientos.

Por lo general, dicha infraestructura tiene una antigüedad cercana a los 30 años; esto quiere decir que su funcionamiento ya no es el óptimo, pudiéndose presentar fisuras, roturas, desconexiones de los colectores, taponamientos de las bocas de tormenta y falta de mantenimiento en la infraestructura de retención. Aunado a lo anterior, se siguen presentando cambios del uso de suelo, aumento de población y otros factores antropogénicos que impiden que la infraestructura pluvial actual pueda responder de manera adecuada a los eventos súbitos de lluvia.

Por otra parte, el personal operativo no cuenta con un catastro actualizado de la red pluvial, como ubicación de tuberías, diámetros y materiales, altura de desplante, tiempo de instalación y fechas de mantenimiento y reemplazamiento de los colectores de mayor antigüedad. En la parte técnica, la mayoría de dependencias carecen de un área encargada del sistema pluvial con personal capacitado en diferentes herramientas computacionales que ayude a generar escenarios de inundaciones para diferentes periodos de retorno, así como de acciones estructurales para reducir el escurrimiento superficial. El problema de inundaciones es tan recurrente y grave, que la solución a su problemática se debe plantear de manera integral y con la participación e



Instalación del *colector en la ciudad de Chetumal.*

interacción de diversas dependencias.
Un ejemplo de esta cooperación entre diversas dependencias se llevó a cabo entre el IMTA y la Comisión de Agua Potable del Estado de Quintana Roo (CAPA), en la que se realizaron diversas actividades de manera conjunta para implementar acciones estructurales y no estructurales para mitigar los daños causados por las lluvias. Ambas dependencias trabajaron desde el año 2011 hasta el 2014, periodo en el cual se propusieron como medidas no estructurales un plan de desarrollo que identificaba zonas futuras a urbanizarse con problemas de inundación, para lo cual los fraccionadores se veían en la obligación, antes de urbanizar, de considerar la infraestructura pluvial; un plan para la limpieza de los colectores pluviales actuales; un programa de recolección de basura en las calles en la que se ubicaba la mayor cantidad de bocas de tormenta; y la identificación de puntos probables para la construcción de infraestructura verde, entre ellas una cancha de futbol que era posible utilizar como zona de inundación.

En cuanto a las acciones estructurales se dimensionaron diversos colectores pluviales, uno de los cuales recorre desde un centro comercial, zona en la que se presentaban tirantes de inundación de 1.5 metros, y el desalojo del agua era tan lento que la inundación llegó a durar más de 12 horas. Se planteó un colector de 5.44 m de ancho por 2 m de altura, con capacidad para desalojar 1,500 l/s (ver ilustración).

El proyecto ejecutivo lo elaboró CAPA con una longitud de 1.5 km hasta desembocar a la bahía. E este proyecto se llevó cabo en 3 etapas, en los años 2013, 2014 y 2015, con una inversión de 116.13 millones de pesos. Esto ha resultado en que las familias cercanas a la zona donde se tenían inundaciones recurrentes tengan una mejor calidad de vida, disminuyendo considerablemente los tirantes de inundación, y los tiempos de retención son ahora de unas cuantas horas.
Cabe mencionar que además de generar el vínculo CAPA-IMTA, el Instituto formó y capacitó a especialistas en el tema de mitigación y manejo integral de inundaciones, quienes ayudaron en el proyecto y han aportado soluciones en otros proyectos similares.

Referencias

Center of Watershed Protection. (2013). Stormwater Management Guidebook. Columbia: Departmet of the enviroment watershed protection.

MAPAS (2015) Drenaje pluvial urbano. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Comisión Nacional del Agua. Ciudad de México.

Más allá de la gestión del agua en el sector minero: buenas prácticas y responsabilidad socio ambiental

Agustín Breña Naranjo

En todo el mundo, diferentes sectores productivos han expresado su interés en mejorar sus prácticas con el fin de reducir su impacto en el clima y el ambiente.

Fecha de publicación:
23 de agosto de 2021

Las buenas prácticas en materia hídrica y en responsabilidad socioambiental del sector minero constituyen un nuevo paradigma que deberá ser implementado en los próximos años.

En el informe más reciente del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2021) se ha corroborado nuevamente que el cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando. Si bien este informe se enfoca únicamente en las bases físicas que sustentan la magnitud y probabilidad de los cambios en el clima para las próximas décadas, se advierte que algunos de los cambios que ya se están observando, como el aumento del nivel del mar, no se podrán revertir hasta dentro de varios siglos o milenios, mientras que las temperaturas se podrían estabilizar en un lapso no menor a los 20–30 años, en el escenario más optimista.

La irreversibilidad de estos cambios implica no solo un compromiso más firme por parte de todas las naciones —en términos de mitigación y adaptación (principalmente ante eventos extremos), así como de la reevaluación de impactos y vulnerabilidad—, sino también el involucramiento de los sectores financiero (cuyo financiamiento es responsable de actividades causantes de emisiones de gases de efecto invernadero) y productivo (gobiernos y empresas directamente responsables de dichas emisiones).

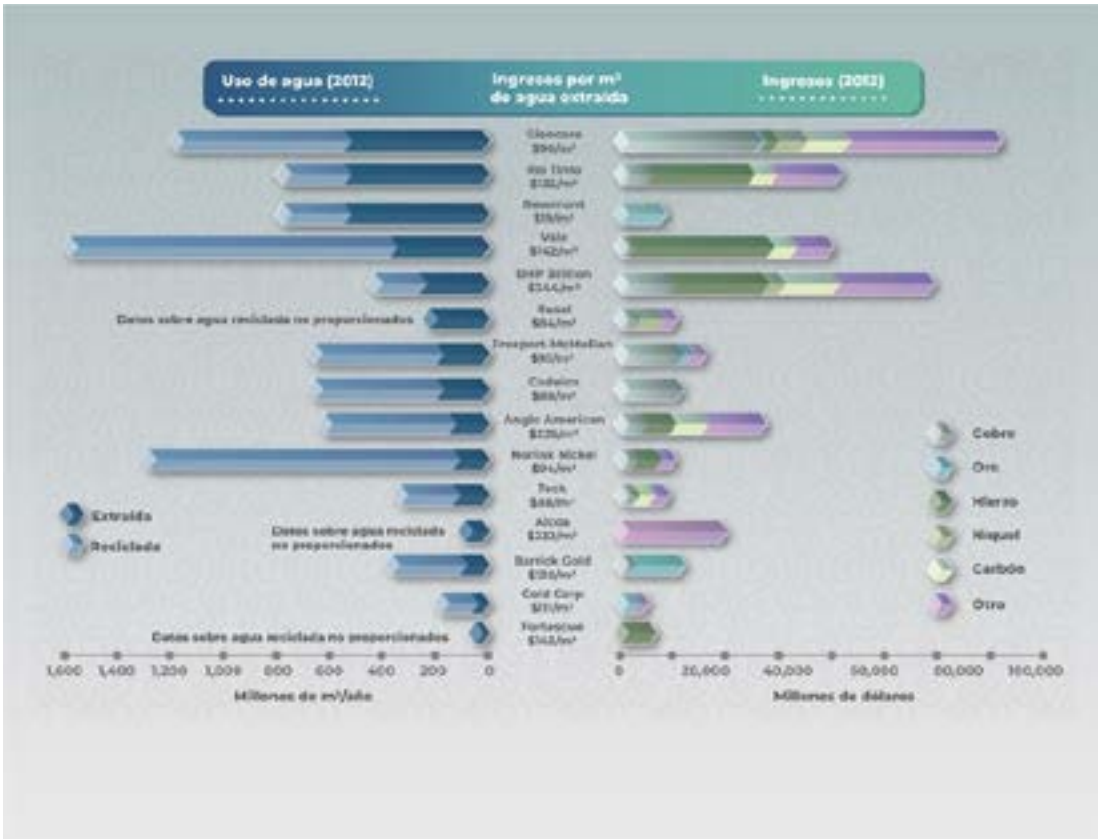
Además de los esfuerzos por mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, las medidas de adaptación ante los impactos han cobrado cada vez mayor relevancia dentro de los ámbitos público y privado, así como por parte de iniciativas ciudadanas. En lo que se refiere a la adaptación del sector hídrico a estas futuras alteraciones, existen nuevas formas que van más allá de la gestión del agua en un contexto adaptativo. Tal es el caso de la "tutela del agua" (conocida en inglés como water stewardship), la cual es aplicable a nivel regional, ya que su principal objetivo no solo consiste en maximizar la eficiencia o en lograr el equilibrio hídrico local, sino también en proveer bienestar social y económico a las comunidades locales, así como garantizar la sostenibilidad ambiental de las cuencas y acuíferos.

Tal es el caso de la minería, donde se ha visto una evolución en la manera en la que algunas de las empresas mineras más importantes del mundo han empezado a medir no solo su eficiencia en el uso de agua, sino también su productividad, tal como se aprecia en la gráfica de la siguiente página:

En el panel izquierdo se puede apreciar la cantidad de agua utilizada por cada empresa en todos sus proyectos mineros (en azul oscuro) así como la proporción del volumen que es tratado y posteriormente reutilizado (en azul claro) dentro de sus procesos de producción. Por otra parte, en el panel

Núm. 32, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-32



Adaptado de: *https://www.wateronline.com/doc/mining-water-treatment-market-hit-us-annually- by-as-global-competition-ramps-up-0001?hcb=1*

derecho se muestran los ingresos obtenidos según el material (metálico y no-metálico) y posteriormente comercializado. Finalmente, la columna central presenta la productividad hídrica de cada una de estas empresas, esto es, el ingreso dividido entre el consumo de agua.

Los resultados de esta evaluación del 2012 (la cual no incluye a todos los grupos mineros más importantes del mundo) muestran amplias diferencias en cuanto a la productividad hídrica de cada empresa. Por ejemplo, en América Latina—con excepción de Vale y Codelco, empresas mineras líderes en la extracción de hierro y cobre, respectivamente—, no existe información publicada sobre la eficiencia y productividad hídrica a nivel de empresa, unidad minera y mineral.

La diseminación de este tipo de estudios en países como México ayudaría a informar a todos los involucrados sobre qué tan buenas son las prácticas de manejo de agua a nivel nacional, regional y local, lo que daría pauta a ir creando confianza entre el sector minero y los demás actores involucrados: autoridades y comunidades impactadas por estos proyectos, así como organizaciones ambientales. Esto podría constituir un primer paso hacia la construcción de un primer modelo de tutela de agua en nuestro país.

Las buenas prácticas en materia hídrica (p. ej. huella hídrica azul y gris) y en responsabilidad socioambiental (p. ej.



indicadores de salud de la cuenca, porcentaje de comunidades con acceso a servicios de agua potable y saneamiento en cantidad y calidad suficientes) del sector minero constituyen un nuevo paradigma que deberá ser implementado en los próximos años. En un mundo con proyecciones de una vulnerabilidad hídrica al alza en las siguientes décadas, será imperativo que los grandes usuarios del agua lleven a cabo las acciones necesarias con el apoyo del sector público y de la sociedad civil para evitar escenarios de ingobernabilidad hídrica, tales como el surgimiento (y en algunos casos, el recrudecimiento) de conflictos con pequeños y medianos usuarios.

Referencias

A. Azapagic, Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry, J. Clean. Prod. 12 (2004) 639–662, https:// doi.org/10.1016/S0959-6526(03)00075-1

R.L. Burritt, K.L. Christ, Water risk in mining: analysis of the Samarco dam failure, J. Clean. Prod. 178 (2018) 196–205, https://doi.org/10.1016/j. jclepro.2018.01.042

F. Fonseca, L. Bonnafous, U. Lall, Asset-level analysis and modeling of water risks associated with mining. http://water.columbia.edu/files/2015/11/Internal- Report-Asset-Level-analysis-and- modeling_ul_lp.pdf, 2017.

IPCC (2021) https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release- Final_es.pdf

N.C. Kunz, C.J. Moran, The utility of a systems approach for managing strategic water risks at a mine site level, Water Resour. Ind. 13 (2016) 1–6, https://doi. org/10.1016/j.wri.2016.02.001.

M. Miranda, A. Sauer, Mine the Gap: Connecting Water Risks and Disclosure in the Mining Sector. Working Paper, World Resources Institute, Washington, DC, 2010

S.A. Northey, G.M. Mudd, E. Saarivuori, H. Wessman-Jaaskelainen, N. Haque, Water footprinting and mining: where are the limitations and opportunities? J. Clean. Prod. 135 (2016) 1098–1116, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.024.

S.A. Northey, G.M. Mudd, T.T. Werner, N. Haque, M. Yellishetty, Sustainable water management and improved corporate reporting in mining, Water Resour, For. Ind. 21 (2019) 100104, https://doi.org/10.1016/j.wri.2018.100104

J. Salem, Y. Amonkar, N. Maennling, U. Lall, L. Bonnafous, K. Thakkar, An analysis of Peru: is water driving mining conflicts? Resour . Policy (2018) https://doi. org/10.1016/j.resourpol.2018.09.01

Agua, suelo y agricultura regenerativa

Agustín Breña Naranjo

Nuestra sociedad está presenciando el surgimiento de una mayor conciencia bajo la huella ecológica de nuestra alimentación (Billen et al., 2021)

Fecha de publicación:
01 de agosto de 2021

Las prácticas regenerativas a gran escala en agrosistemas de México tienen el potencial de restaurar la salud ambiental en cuencas y acuíferos.

La cantidad excesiva de agroquímicos y láminas de riego han creado desequilibrios ambientales en diversas partes del mundo, desde abatimientos récord en niveles de acuíferos (Tiwari et al., 2009) hasta la desaparición de vida acuática en costas y mares (Rabalais et al., 2003). Además de los impactos en los sistemas hídricos y acuáticos derivados de nuestros hábitos alimenticios y prácticas comunes llevadas a cabo dentro del sector agroalimentario, existen otras consecuencias tales como la gran cantidad de emisiones de gases a efecto invernadero.

En relación con este último punto, las estimaciones a lo largo de la última década (Zeng et al., 2014) indican que la agricultura constituye una fuente neta de dióxido de carbono, cuando en realidad, este sector tiene el potencial de convertirse en un sumidero de carbono siempre y cuando se incorporen buenas prácticas en el manejo de los suelos (Northrup et al., 2021). La agricultura regenerativa se define como “la rehabilitación del suelo con el objetivo de mantenerlo productivo el mayor tiempo posible para evitar la expansión agresiva a nuevas áreas”, con la excepción de territorios abandonados, así como incluyendo actividades de reforestación y restauración de turberas, entre otros. La regeneración de los suelos no solo tiene implicaciones positivas en el balance de carbono terrestre, sino también se ve reflejada en una mayor productividad en los cultivos y forrajes. A diferencia de la agricultura orgánica, la cual disminuye la concentración excesiva de agroquímicos en los suelos y cuerpos de agua, la agricultura regenerativa permite producir más con una menor cantidad de insumos. Si bien estas diferentes facetas de la agroecología han sido adoptadas bajo diferentes iniciativas globales, tales como los Objetivos para el Desarrollo Sustentable de la Naciones Unidas, entre otros, la adopción de estos esquemas a gran escala ha estado limitada por los precios que el consumidor debe de pagar. Dentro de este mismo contexto, la mayoría de los gobiernos hasta la fecha no han otorgado los incentivos necesarios para que la población pueda acceder a una alimentación basada en prácticas orientadas a regenerar los servicios ambientales que el agua, los suelos y los bosques proveen mientras que el argumento principal de sus detractores es que la única opción para seguir alimentando a los habitantes de este planeta es a través de los sistemas agroindustriales. Sin embargo, investigaciones recientes sobre el costo real de los alimentos de la sociedad estadounidense han establecido que añadiendo los costos ambientales (contaminación del agua, degradación de suelo, pérdida de biodiversidad),

Núm. 29, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-29



los costos en términos de riesgos para la salud, así como el impacto económico, el consumidor tendría que pagar tres veces más de lo que actualmente está pagando.

Por otro lado, existen muchos estudios que han comprobado que es a través de un manejo integral del suelo, atendiendo ciertos aspectos como la fertilidad y la microbiología, se puede aumentar tanto la resiliencia de los suelos a extremos climáticos (principalmente a las sequías) y por ende una mayor estabilidad financiera para los agricultores. Por ejemplo, se cree que, en los Estados Unidos, los ingresos a largo plazo de una hectárea bajo estas prácticas pueden duplicar a los ingresos de una hectárea con métodos convencionales debido a un menor requerimiento de insumos, una menor pérdida de suelos y mayores rendimientos como resultado de su resiliencia ante el calentamiento global (Ej. Asseng et al., 2015). Ante la evidencia de las ventajas que la agricultura regenerativa ofrece, sería deseable empezar a trabajar en una normatividad para fomentar, regular y certificar todo producto derivado de dichas prácticas. Estos estándares deberán incorporar diferentes requerimientos básicos tales como: evitar la degradación de los suelos; prevenir la contaminación de fuentes de agua aledañas al sitio; y promover el bienestar en la agricultura animal y de los trabajadores involucrados. Para lograr esto, es necesario contar con información e indicadores sobre la biodiversidad, la salud del suelo y los servicios ambientales (carbono y agua) generados por el sistema agrícola que quiera entrar en este tipo de esquema productivo.

Finalmente, es fundamental difundir que este tipo de agricultura ambientalmente responsable es posible en México. Para lograr esto, es necesario formular políticas públicas acompañadas de incentivos económicos para aquellos agricultores interesados en implementar este tipo de prácticas en sus tierras, tanto a nivel federal como a nivel estatal. De

igual manera, los incentivos directos (ej. fiscales otorgados por los gobiernos, creación de mercados de carbono) y/o indirectos (ej. provenientes del lado del consumidor) deberán ser equitativos, esto es, que tanto los grandes productores como los pequeños puedan tener acceso a ambos incentivos. Las prácticas regenerativas a gran escala en agrosistemas de México tienen el potencial de restaurar la salud ambiental en cuencas y acuíferos, principalmente en aquellos territorios dominados por lasactividades agropecuarias. El IMTA, como Centro Publico de Investigación, puede contribuir en la transformación del campo mexicano mediante la capacitación de agricultores en la implementación de prácticas más sostenibles y que beneficien a todas las partes involucradas, empezando por el medio ambiente.

Referencias

Asseng, S, Ewert, F, Martre, P et al. (2015) Rising temperatures reduce global wheat production. Nature Climate Change, 5 (2). pp. 143-147. ISSN 1758-678X https://doi.org/10.1038/nclimate2470

Billen, G., Aguilera, E., Einarsson, R., Garnier, J., Gingrich, S., Grizzetti, B., ... & Sanz-Cobena, A. (2021). Reshaping the European agro-food system and closing its nitrogen cycle: The potential of combining dietary change, agroecology, and circularity. One Earth, 4(6), 839-850. doi: 10.1016/j.oneear.2021.05.008

Northrup, D. L., Basso, B., Wang, M. Q., Morgan, C. L., & Benfey, P. N. (2021). Novel technologies for emission reduction complement conservation agriculture to achieve negative emissions from row-crop production. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(28). doi: 10.1073/pnas.2022666118

Rabalais, N.N., Turner, R.E., Wiseman, W.J., 2002. GulfofMexicohypoxia,A.K.A."TheDeadZone. Annu.Rev.Ecol. Syst. 33, 235-263.

Tiwari, V., J. Wahr, and S. Swenson (2009), Dwindling groundwater resources in Northern India, from satellite gravity observations, Geophys. Res. Lett., 36, L18401, doi:10.1029/2009GL039401.

Zeng, N., Zhao, F., Collatz, G. et al. Agricultural Green Revolution as a driver of increasing atmospheric CO2 seasonal amplitude. Nature 515, 394–397 (2014). https://doi.org/10.1038/nature13893

La variabilidad espacio-temporal de la disponibilidad de agua

Adrián Pedrozo Acuña

Durante el último siglo hemos visto que la interacción entre el crecimiento poblacional, el desarrollo económico continuo y la evolución de las dietas (hacia productos animales) ha resultado en una acelerada demanda de agua y, por tanto, en un incremento en la presión sobre esta.

Fecha de publicación:
25 de julio de 2021

> *En cuencas y acuíferos donde no se mide de forma adecuada, se abre la puerta a errores y problemas en la estimación del agua disponible para su apropiación antropogénica..*

Por ello, no es casualidad que varios lugares en el planeta estén experimentando una escasez hídrica, definida como una condición local y regional en la que el agua que se requiere para la operación segura de todos los sectores, incluyendo el medio ambiente, no está disponible, ya sea en cantidad o por un deterioro en su calidad (Vörösmarty et al., 2000). Hace algunos años, en su reporte de riesgos globales, el Foro Económico Mundial identificó la crisis en el abasto de agua como el riesgo de mayor impacto en el planeta (WEF, 2015). Las diferentes asociaciones internacionales de agua e hidrología señalan la formulación de política pública para atender este tema como una de las prioridades más importantes de nuestros tiempos (Montanari et al., 2013). Se estima que cerca de 500 millones de personas se encuentran viviendo condiciones de escasez hídrica en todo el mundo (Mekonnen y Hoekstra, 2016).

Dado que el futuro la población seguirá creciendo, junto con las necesidades para generar bienes y servicios, es necesario crear nuevos paradigmas de manejo y organización del agua. El punto central es que, actualmente, muchos lugares en el mundo exceden el consumo de agua al que se puede acceder de manera sustentable. La forma en la que usamos el agua excede de esta forma los límites naturales en diversos lugares del planeta (Hall et al., 2014). La lógica nos indica que una medida racional para limitar la sobreexplotación de nuestros cuerpos de agua sería justamente poner límites en términos de la cantidad de agua utilizada para producir un bien o servicio (p.ej. huella hídrica azul) por cuenca o acuífero (Hoekstra y Wieldmann, 2014; Hoekstra, 2017). Utilizando este marco de trabajo, Zhuo et al., (2019) analizaron el papel que desempeña la variabilidad temporal en la definición de una disponibilidad de agua, así como la gran incertidumbre asociada en la estimación del escurrimiento superficial y el requerimiento ambiental de un río (p. ej. gasto ecológico). Por otra parte, Grafton et al., (2014) revisaron, para el caso del río Murray-Darling, en Australia, el impacto de la variabilidad temporal en la definición de una disponibilidad hídrica para esta cuenca.

Pensar en la definición de límites a la huella hídrica para cada tipo de industria y actividad económica nos permite avanzar hacia la definición de umbrales ambientales y hacia el fomento de diferentes actividades económicas (p. ej. aquellas hídricamente intensivas) en lugares con mayor disponibilidad de

Núm. 28, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-28



agua. De esta manera, podríamos avanzar en la definición de límites de uso de agua que regionalmente y temporalmente, a lo largo del año, respeten los límites naturales impuestos por el planeta (Röckström et al., 2009). Esta idea es atractiva y tiene sentido, sin embargo, debemos reconocer que existen muchos obstáculos normativos y de juicio que previenen su implementación exitosa en todo el mundo.

Esto requiere la definición de una disponibilidad de agua dinámica en el tiempo (función de un clima que está cambiando), en contraste con la forma actual de considerar la disponibilidad estática y actualizarla cada cierto número de años. De esta manera se abre el acceso a la definición de meses en los que se tendrá una vigilancia más estricta en el uso (p. ej. estiaje o sequías), en contraste con las épocas del año en las que llueva más. Algunos investigadores han propuesto el cálculo de un límite en el volumen de agua a ser usado dentro de una cuenca en función de la variación mensual de la disponibilidad integrada (acuífero y cuenca). Por ejemplo, tomando en cuenta los promedios históricos de la disponibilidad integrada (cuenca y acuífero) a través de un promedio mensual, durante el periodo 1970–2005; el percentil 25° del promedio mensual de la disponibilidad integrada, y la disponibilidad integrada mínima al mes, estimada en ese mismo periodo de tiempo (1970–2005) (Hogeboom et al., 2019).

Desde luego, estos estudios reconocen la gran cantidad de incertidumbre que está incorporada en sus resultados. Pero cabe mencionar que mantener el statu quo en la forma que definimos la disponibilidad de agua en nuestro país resultará en el mediano plazo en una fuente de conflictos sociales entre usuarios que requieren y requerirán acceso al agua (Steffen et al., 2015). A pesar de ello, es claro que la definición de límites variables en el tiempo y en regiones es más significativa desde un punto de vista físico, que considerar condiciones

estáticas y, por tanto, tienen mayor probabilidad de éxito en su utilización para la implementación de nuevas políticas públicas del agua (Heck et al., 2018).

Dentro de los retos que ya se anticipan para la implementación adecuada de un marco de trabajo en este sentido, está la cuantificación precisa de las extracciones de agua subterránea en nuestros acuíferos, respetando una estimación más precisa de la recarga real. Por otro lado, es probable que sea necesario considerar también la variación espacial de la disponibilidad del agua en acuíferos de gran extensión territorial, además de considerar su alineación con la correspondiente jurisdicción administrativa. Otros temas que será necesario tener en mente son los asociados a la distribución equitativa del agua entre usuarios, comunidades y medio ambiente. Esto requiere, además, el mejoramiento de los sistemas de medición de nuestros cuerpos de agua y las metodologías utilizadas para la estimación de los balances hídricos. En cuencas y acuíferos donde no se mide de forma adecuada, se abre la puerta a errores y problemas en la estimación del agua disponible para su apropiación antropogénica, que, con el tiempo, tienen el potencial de generar conflictos sociales. Esto es aún más cierto en aquellos lugares del territorio donde ya se tiene identificada la sobreexplotación del agua, o en cuencas o acuíferos en los que hay una alta variabilidad climática.

Para todo el mundo, el reto del siglo XXI es mover nuestra política hídrica hacia la sustentabilidad y el respeto a la vida. Limitar nuestro uso y apropiación del agua, en función de lo que el territorio y la naturaleza nos definen, no tiene por qué limitar nuestro desarrollo económico como nación. Pero para ello, debemos mudar la forma en la que pensamos y atendemos los problemas relativos al agua. En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua lo estamos haciendo, por el bien de nuestro país.

Referencias

Grafton, R. Q., Pittock, J., Williams, J., Jiang, Q., Possingham, H., & Quiggin, J. (2014). Water planning and hydro-climatic change in the Murray-Darling Basin, Australia. Ambio, 43(8), 1082– 1092. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0495-x

Hall, J. W., Grey, D., Garrick, D., Fung, F., Brown, C., Dadson, S. J., & Sadoff, C. W. (2014). Coping with the curse of freshwater variability. Science, 346(6208), 429– 430. https://doi.org/10.1126/science.1257890 Heck, V., Hoff, H., Wirsenius, S., Meyer, C., & Kreft, H. (2018). Land use options for staying within the planetary boundaries—Synergies and trade-offs between global and local sustainability goals. Global Environmental Change, 49, 73– 84.

Hoekstra, A. Y. (2017). Water footprint assessment (WFA): Evolvement of a new research field. Water Resources Management, 31(10), 3061– 3081.

Hoekstra, A. Y., & Wiedmann, T. O. (2014). Humanity's unsustainable environmental footprint. Science, 344(6188), 1114– 1117. https://doi.org/10.1126/science.1248365

Hogeboom, R. J., de Bruin, D., Schyns, J. F., Krol, M. S., & Hoekstra, A. Y. (2019). Capping human water footprints in the world's river basins, Mendeley Data, v1. https://doi.org/10.17632/n97vjpxhj2.1 Mekonnen, M. M., and A. Y. Hoekstra (2016), Four billion people facing severe water scarcity, Sci. Adv., 2, e1500323. https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323.

Montanari, A., et al. (2013), "Panta Rhei, Everything Flows": Change in hydrology and society; the IAHS scientific decade 2013–2022, Hydrol. Sci. J., 58(6), 1256– 1275. https://doi.org/10.1080/02626667.2013.809088.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., & Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. Nature, 461(7263), 472– 475. https://doi.org/10.1038/461472a

Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sorlin, S. (2015). Sustainability. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science, 347(6223), 1259855.

Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn,

S. E., Sullivan, C. A., Liermann, C. R., & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. Nature, 467(7315), 555– 561. https://doi.org/10.1038/nature09440

World Economic Forum (2015), Global Risks 2015, 10th ed., pp. , World Economic Forum, Geneva, Switzerland.

Zhuo, L., Hoekstra, A. Y., Wu, P., & Zhao, X. (2019). Monthly blue water footprint caps in a river basin to achieve sustainable water consumption: The role of reservoirs. Science of the Total Environment, 650(Pt 1), 891– 899.

El nexo agua-energía en plantas termoeléctricas

Adrián Pedrozo Acuña.

La relación entre agua y producción de energía es tan íntima, que se presenta de diversas formas como resultado de la necesidad de grandes cantidades de energía para bombear, tratar, transportar, calentar enfriar y reciclar agua, al mismo tiempo que el agua es necesaria para generar el vapor que produce electricidad a través del movimiento de turbinas, y es el fluido principal para el enfriamiento de las plantas termoeléctricas de todo el mundo. Esta interdependencia entre agua y energía implica nuevos retos para los tomadores de decisiones, cuyo objetivo es garantizar un futuro con abasto seguro y sostenible de ambos insumos.

Fecha de publicación:
18 de julio de 2021

El incremento en la demanda de agua y energía nos obligan a generar estrategias nacionales para el desarrollo de infraestructura con un lente de sustentabilidad hídrica y seguridad energética.

La generación de energía eléctrica en plantas termoeléctricas es una de las actividades en las que la revisión del nexo agua-energía es de suma importancia, dada la alta dependencia que tiene su funcionamiento sobre la disponibilidad de agua que se utiliza en los sistemas de enfriamiento. Estos sistemas constituyen, dentro de las plantas termoeléctricas, la parte más intensiva desde el punto de vista hídrico (Sovacool y Gilbert, 2014) y, por tanto, la que presenta mayores oportunidades de mejora para reducir la huella hídrica azul de esta industria. Este hecho es particularmente importante en países con dos características: por un lado, en los que la generación de energía a través de este tipo de sistemas desempeña un papel determinante en la producción total de energía, y en los que la escasez regional de agua es preocupante. Tal es el caso de los Estados Unidos de América (Unesco,2014) y China (Zhang y Anadon, 2013, Zhang et al., 2014).

De acuerdo con datos de la Agencia Internacional de Energía es posible atribuir a la producción primaria de energía eléctrica aproximadamente el 10 % del volumen total de extracciones de agua en todo el mundo (IEA, 2016). En Estados Unidos de América y en Europa Occidental, cerca del 50 % del volumen de extracciones de agua es utilizado para la producción de energía eléctrica, siendo el uso principal el sistema de enfriamiento (EEA, 2009), mientras que en China este número asciende aproximadamente al 84 % del volumen total de extracciones de agua (Qin et al., 2015).

Reportes globales indican un incremento en la escasez de agua en diversas regiones del mundo, por lo que cada vez es más necesario evaluar las necesidades hídricas a futuro del sector energético y, en particular, de la generación a través de plantas termoeléctricas en varios países. Así lo han hecho el Reino Unido (Murrant et al, 2017) y Sudáfrica (Thopil y Pouris, 2016). Después de ser utilizado en los sistemas de enfriamiento de las plantas termoeléctricas, el efluente de agua utilizada requiere diversos procesos de tratamiento que consumen energía adicional antes de ser descargadas para su utilización posterior. En los últimos años, esto ha redundado en un incremento en el estudio de la relación agua- energía

Núm. 27, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-27



dentro de las plantas termoeléctricas (Sanders, 2015), lo que ha dado lugar a muchos esfuerzos enfocados a evaluar y optimizar las eficiencias de uso de agua y energía a través de distintas estrategias, como la configuración en serie y paralelo de los enfriadores (temperatura de retorno y caudal) (Sun et al., 2015), sistemas basados en algoritmos no lineales (Salazar et al., 2011) y los índices de riesgo a la sustentabilidad (Roy et al., 2012).

Las fuentes de abastecimiento de agua para las plantas termoeléctricas incluyen las superficiales, las subterráneas y aquellas provenientes de un tratamiento para su reutilización. El uso no consuntivo del agua que se da en estas plantas se define como aquel volumen removido de una fuente de abastecimiento natural y que es devuelto a la misma después de su uso. Mientras que el uso consuntivo implica un consumo, porque el agua que es extraída de la fuente no es devuelta a la misma, y se pierde (ya sea a través de la evaporación o de la incorporación del agua en un producto). Aproximadamente, cerca del 80 % de la energía eléctrica global se genera mediante plantas termoeléctricas (usando combustibles fósiles y energía nuclear) (IEA, 2017). Así, el agua es un elemento crucial en la generación de energía termoeléctrica, y su desempeño recae directamente sobre los sistemas de enfriamiento, lo que los hace usuarios hídricos muy demandantes, pues tienen la necesidad de acceso a grandes volúmenes de agua para su buen funcionamiento.

Por otro lado, la energía representa un elemento imperativo en la extracción, tratamiento, potabilización y distribución del agua. La energía utilizada para los sistemas de abastecimiento ha crecido rápidamente, debido al pronunciado incremento en la demanda por este servicio en todo el mundo. De hecho, se anticipa que la demanda de agua crezca hasta en un 55 % para 2050, en comparación con los niveles registrados en el año 2000 (OECD, 2012). Estudios globales indican que cerca del 10 % de las ventas de energía son específicamente para la operación de los sistemas hídricos (sean de abastecimiento o saneamiento) (Liu 2016). Para el año 2040 se proyecta un requerimiento de energía de más del doble para el sector hídrico global. A manera de ejemplo, dentro de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales existen estimaciones de que el 57 % de la energía se usa para la

aireación, 30 % para el procesamiento de biosólidos y el 15 % para el bombeo (Pabi, 2013).

Históricamente, la utilización del agua como fluido principal en los sistemas de enfriamiento de las plantas termoeléctricas se debe a su alta disponibilidad y fácil acceso, sin embargo, su transporte hacia las torres o enfriadores requiere una gran cantidad de energía. Los sistemas de enfriamiento están compuestos por dos subsistemas (una red de enfriadores y una red de bombeo) que son optimizados de forma separada. En este sentido, existen diversas estrategias de mejoramiento de la eficiencia energética e hídrica dentro de las operaciones de enfriamiento. Estas incluyen el incremento en el reciclaje del agua y la recaptura y reutilización de la energía dentro de la planta. La mayor parte de la energía se pierde por fricción y caídas de presión, o es desechada en pérdidas de calor o salmueras concentradas. Por ejemplo, actualmente se cuenta con diversos materiales que permiten mejorar la transferencia de calor y reducir la fricción, con lo que se incrementa la eficiencia energética hasta en un 10 % (Zhang et al., 2017). Para las operaciones en torres de enfriamiento, la forma más sencilla de reducir el uso de agua es a través de la instalación de sistemas de recirculación que reutilicen o reciclen el agua. Sin embargo, esto requiere una alta inversión económica en la modificación de los sistemas, ya que tan solo en EUA el 40 % de las plantas tienen sistemas de un solo circuito, sin recirculación (Gude, 2015).

Otras estrategias de reutilización incluyen el uso de aguas municipales tratadas para el enfriamiento, opción que no necesariamente reduce la huella hídrica de la planta, pero sí reduce las extracciones de agua de las fuentes de abastecimiento naturales, además de ser más económica respecto a la instalación de plantas desaladoras. El reto para ello consiste en instalar trenes de tratamiento mejorados para atender el carbón orgánico total y la demanda química de oxígeno, así como la subsecuente remoción de minerales, ya que existen especificaciones de calidad del agua para los influentes de estos sistemas (Hill et al., 2014).

El incremento en la demanda de agua y energía nos obligan a generar estrategias nacionales para el desarrollo de infraestructura con un lente de sustentabilidad hídrica y seguridad energética. La oportunidad para las plantas termoeléctricas estriba claramente en el mejoramiento de sus eficiencias hídrica y energética, ya sea a través de la instalación de sistemas de tratamiento específicos para la planta, que nos permitan garantizar la calidad de agua necesaria para los sistemas de enfriamiento, o del reacondicionamiento de los sistemas de enfriamiento para promover la recirculación del agua o la instalación de circuitos líquidos (Scanlon et al., 2013). Para todo ello se requiere una acción conjunta de diversos sectores, así como del uso de la evidencia científica y la tecnología que nos permita avanzar como nación en el aseguramiento del agua y la energía para las generaciones presentes y futuras.

Referencias

Dai, J., Wu, S., Han, G., Weinberg, J., Xie, X., Wu, X., Song, X., Jia, B., Xue, W., Yang, Q., 2018. Water-energy nexus: A review of methods and tools for macroassessment. Appl. Energy 210, 393–408.

EEA, 2009. Water Resources Across Europe: Confronting Water Scarcity and Drought. European Environment Agency, Copenhagen.

Gude, V.G., 2015. Energy and water autarky of wastewater treatment and power generation systems. Renew. Sustain. Energy Rev. 45, 52–68.

Hill, A., Hayes, T., Sishtla, C., 2014. Reclamation of Wastewater for Cooling Tower Operations. Gas Technology Institute.

IEA, 2016. Water Energy Nexus, Excerpt from the World Energy Outlook 2016. OECD/IEA (International Energy Agency), France, p. 13.

IEA, 2017. Key World Energy Statistics. OECD, International Energy Agency, France, p. 100.

Liu, Y., Hejazi, M., Kyle, P., Kim, S.H., Davies, E., Miralles, D.G., Teuling, A.J., He, Y., Niyogi, D., 2016. Global and regional evaluation of energy for water. Environ. Sci. Technol. 50, 9736–9745.

Murrant, D., Quinn, A., Chapman, L., Heaton, C., 2017a. Water use of the UK thermal electricity generation fleet by 2050: Part 1 identifying the problem. Energy Policy 108, 844–858.

OECD, 2012. OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.

Pabi, S., 2013. Electricity Use and Management in the Municipal Water Supply and Wastewater Industries. EPRI, Palo Alto, CA.

Qin, Y., Curmi, E., Kopec, G.M., Allwood, J.M., Richards, K.S., 2015. China's energy water nexus – assessment of the energy sector's compliance with the ''3 RedLines" industrial water policy. Energy Policy 82, 131–143.

Roy, S.B., Chen, L., Girvetz, E.H., Maurer, E.P., Mills, W.B., Grieb, T.M., 2012. Projecting water withdrawal and supply for future decades in the U.S. under climate change scenarios. Environ. Sci. Technol. 46, 2545– 2556.

Salazar, J.M., Zitney, S.E., Diwekar, U.M., 2011. Minimization of water consumption under uncertainty for a pulverized coal power plant. Environ. Sci. Technol. 45, 4645–4651.

Sanders, K.T., 2015. Critical review: uncharted waters? The future of the electricity water nexus. Environ. Sci. Technol. 49, 51–66.

Scanlon, B.R., Reedy, R.C., Duncan, I., Mullican, W.F., Young, M., 2013. Controls on water use for thermoelectric generation: case study Texas, US. Environ. Sci. Technol. 47, 11326–11334.

Sovacool, B.K., Gilbert, A., 2014. Developing adaptive and integrated strategies for managing the electricity-water nexus. Univ. Richmond Law Rev. 48, 997–1032.

Sun, J., Feng, X., Wang, Y., 2015. Cooling-water system optimisation with a novel two-step sequential method. Appl. Therm. Eng. 89, 1006–1013.

Thopil, G.A., Pouris, A., 2016. A 20-year forecast of water usage in electricity generation for South Africa amidst water scarce conditions. Renew. Sustain. Energy Rev. 62, 1106–1121.

UNESCO, 2014. The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy, France. Zhang, C., Anadon, L.D., 2013. Life cycle water use of energy production and its environmental impacts in China. Environ. Sci. Technol. 47, 14459–14467.

Zhang, C., Anadon, L.D., Mo, H., Zhao, Z., Liu, Z., 2014. Water-carbon trade-off in China's coal power industry. Environ. Sci. Technol. 48, 11082–11089.

Zhang, S., Zeng, X., Igartua, A., Rodriguez-Vidal, E., van der Heide, E., 2017. Texture design for reducing tactile friction independent of sliding orientation on stainless steel sheet. Tribol. Lett., 65

Uso sustentable del agua subterránea; llave de acceso a la conservación de ríos

Adrián Pedrozo Acuña

Por lo general, el acceso seguro al agua superficial se complica y disminuye cuando se enfrenta una condición de sequía severa, tal como ha sido durante el estiaje de 2021 para el caso del abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México.

Fecha de publicación:
11 de julio de 2021

El límite económico del agua subterránea se alcanza cuando la profundidad de bombeo (costo de extracción) no es redituable, financieramente hablando.

Esto obliga a la reducción del consumo de agua superficial y redunda en una mayor presión sobre las fuentes de agua subterránea. Bajo condiciones de un crecimiento poblacional acelerado y un desarrollo económico continuo, el agua se convierte en un elemento bajo presión de estas necesidades y está expuesta a cambios en su distribución espacial y temporal por efectos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico natural. Sabemos que, en diversos lugares del mundo, el agua subterránea es utilizada por encima del nivel de recarga natural de los acuíferos, lo que da lugar a caídas persistentes y sustanciales del nivel freático o, en otras palabras, a la conocida sobreexplotación de los acuíferos (Rodell et al., 2009; Aeschbach-Hertig y Gleeson, 2012; Wada et al., 2014). El almacenamiento de agua disponible en el subsuelo solo puede recuperarse si se reduce el volumen de extracciones o si se aumenta el volumen de recarga por una mayor precipitación natural o por obras de ingeniería, como los sistemas de gestión de recarga de acuíferos.

Cerca del 70 % del agua extraída del subsuelo en todo el mundo se utiliza para sostener el riego, y es importante para la seguridad alimentaria de diversos países, ya que se le emplea como fusible para mantener la producción agrícola cuando los cultivos están expuestos a sequías de corta y larga duración (Seibert y Döll, 2010; Gleeson y Richter, 2018). Cuando el nivel freático cae, los costos de bombeo aumentan, lo que implica un incremento en el costo de producción de los cultivos. Así, cuando los pozos se secan, la seguridad alimentaria local —y quizá la de gran escala— quedan amenazada por la falta de agua (Konikow y Kendy, 2005). Se espera que, en los años por venir, las demandas mundiales de alimentos aumentarán, dando lugar a una mayor competencia por el agua entre usuarios dedicados a la producción de alimentos y biocombustibles, lo que a su vez generará más presión sobre el agua subterránea, indicando el papel central que juega dentro del nexo agua-energía-alimentos (Lawford et al., 2013; Postel, 2000).

Adicionalmente, como vemos claramente en la Ciudad de México, la caída en los niveles piezométricos de un acuífero induce la subsidencia del terreno, lo que afecta la infraestructura urbana e incrementa los riesgos ante inundaciones más severas. Por último, pero no menos importante, la caída en los niveles de agua subterránea reduce el componente subterráneo del gasto que vemos en ríos, lagos y manantiales (de Graaf et al., 2014; van Beek et al., 2011). Parte del agua que vemos fluir por los ríos proviene del escurrimiento superficial

Núm. 26, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-26



Desecación del Río Yaqui, Sonora, México.

del agua de lluvia, y otra de la menos evidente conexión natural entre el flujo subterráneo y superficial (ver la figura 1).

La extracción excesiva de agua subterránea induce una caída en el nivel freático y, por ende, una disminución en la contribución de agua del acuífero a los ríos, lo que resulta en la desecación del paisaje, especialmente en el estiaje, cuando no hay lluvias. Si, además, durante la época de lluvias existen condiciones de sequía meteorológica, la desecación de los ríos es aún mayor.

El esperado incremento en la dependencia del agua subterránea y los efectos negativos por la sobreexplotación de acuíferos indican la urgente necesidad mundial de identificar los límites naturales a la extracción de agua subterránea que nos permitan determinar cuándo y dónde son alcanzados y rebasados, a costa de la salud ambiental y la paz social. Resultados publicados a escala global por de Graaf et al. (2019), señalan que, como resultado directo de la extracción inmoderada de agua subterránea, hay un gran número de cuencas en todo el mundo que han superado los límites ambientales definidos para mantener la vida de los ríos. Además, resultados bajo escenarios de cambio en el clima futuro de la Tierra, anticipan que para el año 2050, entre el 50 y el 80 % de los ríos en todo el mundo estarán bajo esta condición crítica. No obstante, podemos afirmar que, actualmente, en la mayor parte de las regiones áridas del mundo, ya se ha superado ese límite ambiental para los ríos; es decir, en cuencas donde el gasto es pequeño y el riego depende en su mayor parte del agua subterránea (Seibert y Döll, 2010; van Beek et al., 2011).

Los puntos más críticos donde se ha verificado un rebase sustancial de ese límite ambiental para las extracciones de agua subterránea se ubican desde antes del año 2010 en parte del acuífero del Valle Central en California, EUA, y algunas regiones del norte de México, así como en las cuencas del alto Ganges y del río Indo, en Asia. En el futuro cercano, y antes del año 2050, se espera la incorporación de nuevas regiones en el mundo, mientras que en México esta condición se identifica en la zona del bajío, ubicada en la parte central del país.

Resultados como este señalan la importancia de verificar y regular el uso del agua subterránea, considerando un lente de sustentabilidad ambiental (extracciones inferiores a la recarga natural). La intrínseca relación entre el agua subterránea y el escurrimiento superficial en los ríos (mostrada en la figura) hace necesario el monitoreo continuo de nuestros cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Esto nos permitirá definir con menos incertidumbre los límites de extracción, lo cual hará posible un uso más ordenado del agua, con base en evidencia real y no en suposiciones con limitaciones teóricas. Por otro lado, las condiciones para definir un volumen a ser utilizado por diferentes usuarios no pueden ser consideradas estáticas; por el contrario, es necesario que tomen en cuenta variaciones tanto del

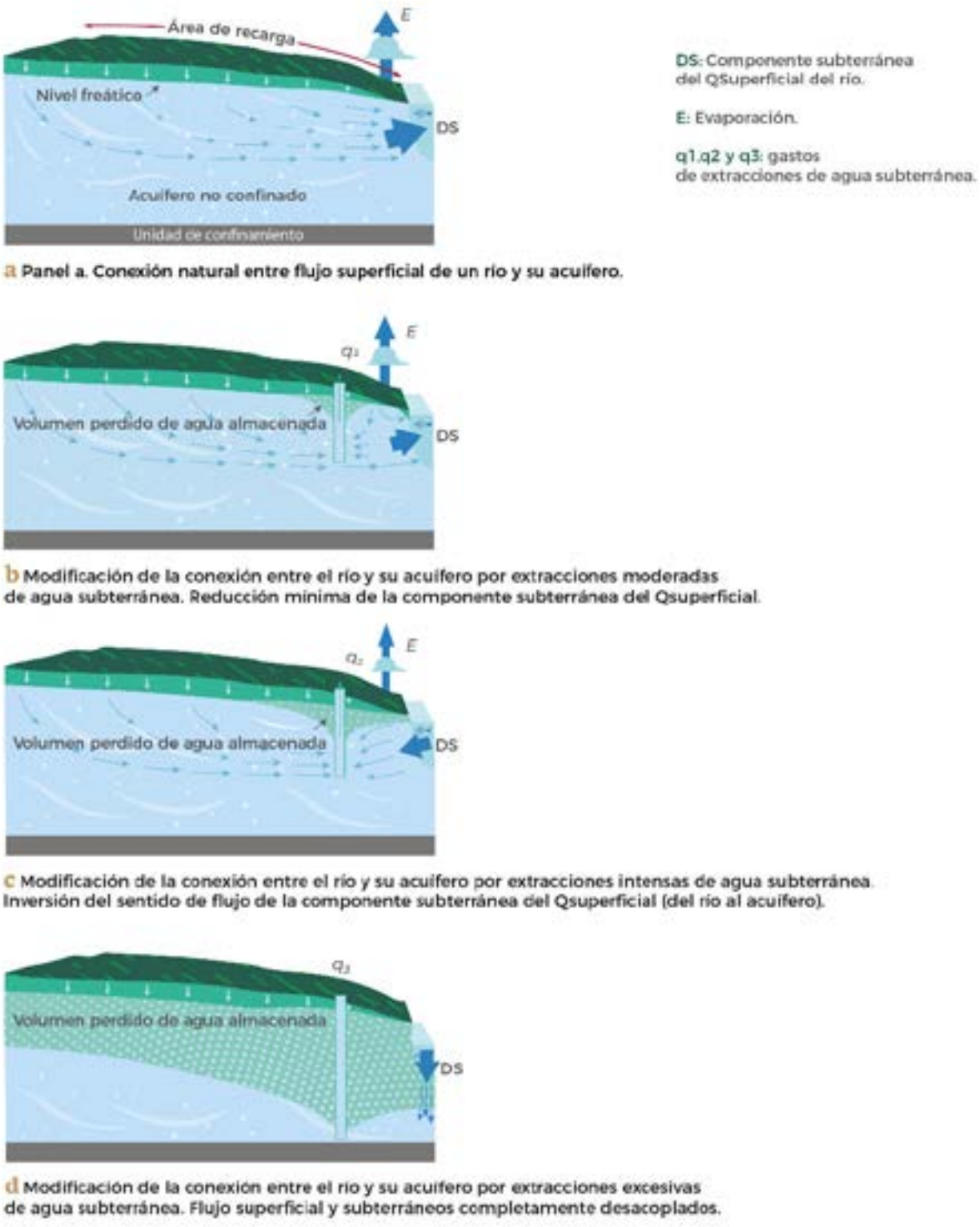


Figura 1. *Efecto de las extracciones de agua subterránea en la conexión natural de un río y su acuífero, la componente subterránea del gasto del río, el volumen del almacenamiento en el acuífero y el rebase de las condiciones ambientales críticas para amntener la vida del río.*

clima como de población y de actividades económicas que ocurren sobre cuencas y acuíferos. Además de los límites ambientales de las extracciones de agua subterránea, en un futuro muy cercano será necesario también tener en mente los límites físicos y económicos al consumo de agua que impone un modelo de utilización de agua de primer uso.

El límite económico del agua subterránea se alcanza cuando la profundidad de bombeo (costo de extracción) no es redituable, financieramente hablando. Esto se define en función del tipo de acuífero, los costos de electricidad, la capacidad de bombeo y los precios de los cultivos que se siembran. Adicionalmente, podemos anticipar que este límite económico será variable en función del tamaño del productor y de la región climática (pequeño productor vs. agroindustria), sin dejar de señalar que productores más grandes (con mayor poder económico) podrán pagar pozos más profundos a costa de la sobreexplotación del acuífero, afectando al resto de los usuarios.

Las tasas de crecimiento de la población y la economía, aunadas al dinamismo de las condiciones hidrológicas naturales y las impuestas por el cambio climático, nos imponen una evolución hacia estrategias que tengan como objetivo la sustentabilidad hídrica de cuencas y acuíferos. Esto se logrará trascendiendo el modelo lineal de gestión del agua (uso y desecho) hacia un modelo de manejo conjunto (agua superficial y subterránea) que nos permita como país motivar a los usuarios en lo individual a conservar el agua y a habilitar volúmenes por medio de su reutilización (uso, tratamiento, reutilización).

Referencias

Aeschbach-Hertig, W. & Gleeson, T. Regional strategies for the accelerating global problem of groundwater depletion. Nat. Geosci. 5, 853–861 (2012).

de Graaf, I. E. M., van Beek, L. P. H., Wada, Y. & Bierkens, M. F. P. Dynamic attribution of global water demand to surface water and groundwater resources: effects of abstractions and return flows on river discharges. Adv. Water Resour. 64, 21–33 (2014).

de Graaf, I. E. M., Gleeson, T., van Beek, L. P. H., Sutanudjaja, E.H., & Bierkens, M. F. P. Environmental flow limits to global groundwater pumping. Nature, vol. 574, (2019).

Gleeson, T. & Richter, B. How much groundwater can we pump and protect environmental flow through time? Presumptive standards for conjunctive management of aquifers and rivers. River Res. Appl. 34, 83–92 (2018)

Lawford, R. et al. Basin perspectives on the water–energy–food security nexus. Curr. Opin. Environ. Sustain. 5, 607–616 (2013).

Konikow, L. F. & Kendy, E. Groundwater depletion: a global problem. Hydrogeol. J. 13, 317–320 (2005). Postel, S. L. Entering an era of water scarcity: the challenges ahead. Ecol. Appl. 10, 941–948 (2000).Rodell, M., Velicogna, I. & Famigletti, J. S. Satellite-based estimates of groundwater depletion in India. Nature 460, 999–1002 (2009).

Siebert, S. & Döll, P. Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. J. Hydrol. 384, 198–217 (2010).

van Beek, L. P. H., Wada, Y. & Bierkens, M. F. P. Global monthly water stress: Water balance and water availability. Wat. Resour. Res. 47, W07517 (2011).
Wada, Y., Wisser, D. & Bierkens, M. F. P. Global modelling of withdrawal, allocation and consumptive use of surface water and groundwater resources. Earth Syst. Dynam. 5, 15–40 (2014).

Financiación y acción climática: implicaciones en el nexo agua-alimentos

Agustín Breña Naranjo

Si bien el efecto invernadero puede ser ya irreversible, aun se puede mitigar mediante la reducción de las emisiones causadas por la actividad humana.

Fecha de publicación: 27 de junio de 2021

Minería y agricultura, dos sectores con un peso importante en la economía mexicana.

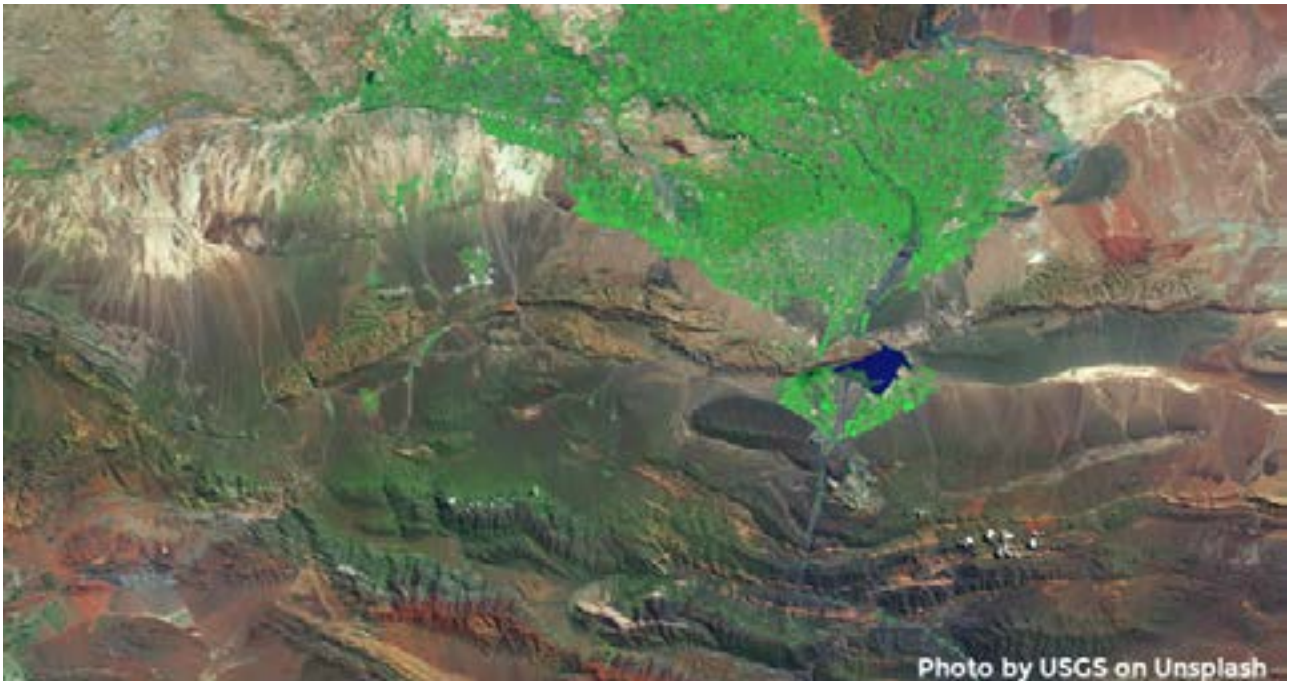
La reincorporación de EE. UU. al Acuerdo Climático de París, a principios del 2021, ha estado acompañada de una serie de acciones y estrategias internacionales enfocadas a cumplir el compromiso de mantener el aumento de la temperatura global promedio por debajo de los 2 °C por encima de los niveles pre-industriales, reconociendo que esto reduciría significativamente los riesgos y efectos del cambio climático. Este mismo acuerdo establece que esto debería lograrse mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero dentro del menor tiempo posible, y evitar así llegar a un punto de no retorno, esto es, a la irreversibilidad del calentamiento global (Crowther et al., 2016) con sus graves consecuencias en los diferentes subsistemas que históricamente han permitido la existencia y evolución de la vida hasta la actualidad (Steffen et al., 2015): clima, biodiversidad, disponibilidad de nitrógeno y fósforo, química del océano, capa de ozono, disponibilidad hídrica, dinámica en el uso del suelo, concentración de contaminantes y presencia de aerosoles atmosféricos.

Si bien el efecto invernadero puede ser ya irreversible, aún se puede mitigar mediante la reducción de las emisiones causadas por la actividad humana. Además de las medidas de mitigación, adaptación y resiliencia al cambio climático ya existentes, en este acuerdo se incluye el componente financiero, también conocido como financiación climática (climate finance, en inglés). La financiación climática consiste en generar los flujos financieros necesarios para lograr la reducción de emisiones (mitigación), así como para impulsar un desarrollo económico resistente (adaptación) a los efectos del cambio climático, con la finalidad de lograr una transición hacia un crecimiento económico con bajas emisiones de carbono.

Hasta la fecha, una buena cantidad de iniciativas de mitigación y adaptación (Fondo Verde, Fondo de Adaptación, GEF) han sido financiadas por organizaciones financieras multilaterales, dejando fuera a otras instituciones, como aquellas dentro del sector privado o los bancos centrales, que podrían tener un papel fundamental en los cumplimientos de las metas fijadas en el 2015.
Por ejemplo, las instituciones financieras y el sector de las energías fósiles (petróleo y gas) han sido históricamente grandes aliados. Se estima que, desde la firma del Acuerdo de Paris, la banca comercial y de inversión ha apoyado a las empresas del sector de los hidrocarburos con 3.7 billones (millones de millones) de dólares. La magnitud de los flujos

Núm. 24, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-24



financieros hacia los sectores cuyas actividades emiten grandes cantidades de gases de efecto invernadero de manera directa (energía, agricultura, minería, deforestación) o indirecta (electricidad basada en hidrocarburos, transporte, construcción, petroquímica). Globalmente, existen activos financieros con un valor aproximado de 350 billones de dólares en capitales privados y mercados financieros, así como entre 25 y 30 billones de dólares del gasto público destinados para proyectos ambientalmente sostenibles, por lo que existe el capital suficiente para lograr una transición socioecológica en tiempo y forma. De igual manera, los bancos centrales e instituciones financieras podrían identificar sectores o áreas geográficas prohibidas para su financiamiento.
Dentro de los sectores mencionados anteriormente, el de la minería y la agricultura, dos sectores con un peso importante en la economía mexicana, son los que probablemente tienen una mayor interacción con el recurso hídrico. La eventual transición hacia una minería y agricultura bajas en carbono, con la ayuda del sector financiero, tendrá repercusiones en el uso y huella hídrica de ambas actividades.

Con respecto al sector agrícola, se espera que durante la próxima Cumbre sobre los Sistemas Alimentarios, que tendrá lugar en Roma en septiembre de este año, se promueva una mejor agricultura, con cadenas de valor sostenibles y estilos de vida saludables. Se estima que los sistemas alimentarios son responsables de un tercio de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero en todo el mundo (Crippa et al., 2021), y de esta cifra, el 70 % se origina en actividades agrícolas y de uso del suelo. Por tanto, queda muy claro que alcanzar la seguridad alimentaria de la población —fomentando estilos de vida más saludables— y reducir la enorme huella de carbono serán los principales retos de las próximas décadas. Para superarlos, los bancos centrales, las instituciones financieras y las grandes empresas agroalimentarias serán actores claves para una acción efectiva.

Una de las acciones más efectivas para la descarbonización de la agricultura consiste en secuestrar el carbono en los suelos agrícolas. Esta práctica, también conocida como agricultura regenerativa, se centra en evitar la labranza de los suelos, en la cobertura de cultivos y en la prohibición del uso de pesticidas o fertilizantes a base de agroquímicos derivados del petróleo; todo esto

combinado con buenas técnicas de pastoreo y rotación. La práctica contribuye a la reconstrucción de la materia orgánica del suelo, lo que resulta en un mayor almacenamiento de carbono y agua en los suelos agrícolas. Se estima que la agricultura regenerativa apoyada por tecnologías emergentes, tales como la agricultura de precisión, la genética microbiana y de cultivos, así como una mayor electrificación en los campos de cultivo (Northrup et al., 2021) podrían potencialmente secuestrar todas las emisiones globales anuales de gases de efecto invernadero (Rodale Institute, 2014).

Para hacer posible una implementación a gran escala y con impactos globales, será necesario crear incentivos económicos similares a los ya creados para fomentar el secuestro de carbono en bosques: servicios de ecosistemas regulatorios (p. ej. en aquellas superficies que actualmente son fuentes netas de carbono y metano) y voluntarios (pequeños agricultores en zonas con alta marginación). De igual manera, se podrían considerar incentivos por brindar servicios hidrológicos ambientales en zonas agrícolas a través de algún descuento en el pago por derechos de agua.

El papel de los financiamientos público y privado, nacional e internacional en la transición climática no solo tendrá consecuencias en las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también en las prácticas de uso y gestión de los recursos hídricos. En el sector agropecuario, cuya huella hídrica representa más de tres cuartas partes del uso de agua en México y en el mundo, los nuevos sistemas de agricultura regenerativa que se implementen dentro de diferentes modalidades: agricultura de temporal o de subsistencia (p. ej. Programa Sembrando Vida), agricultura de riego (distritos y unidades de riego) y cadenas de suministro para grandes empresas agroalimentarias (p. ej. Grupo Modelo, Bimbo, Lala, Gruma, Herdez) se podrían traducir en una mejor conservación del recurso hídrico a nivel parcelario. En los próximos años, con el financiamiento a gran escala de este nuevo tipo de agricultura, se podrán evaluar y cuantificar estos beneficios dentro de la gestión del agua en el sector agrícola.

Referencias

Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D. et al. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. Nat Food 2, 198–209 (2021). https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9

Crowther, T., Todd-Brown, K., Rowe, C. et al. Quantifying global soil carbon losses in response to warming. Nature 540, 104–108 (2016). https://doi.org/10.1038/nature20150

Northrup DL, Basso B, Wang MQ, Morgan CLS, Benfey PN. Novel technologies for emission reduction complement conservation agriculture to achieve negative emissions from row-crop production. Proc Natl Acad Sci., 118(28) (2021) https://doi:10.1073/pnas.2022666118.

Rodale Institute. Regenerative Organic Agriculture and Climate Change: A Down-to-Earth Solution to Global Warming (2014). https://rodaleinstitute.org/wp-content/uploads/rodale-white-paper.pdf

Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S. E. et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science, 347(6223), 1-10 (2015).

Gestión de sequías: tiempo de llamar a la Hidrología

Adrián Pedrozo Acuña

En todo el planeta es generalmente aceptado que la sequía constituye una de las amenazas naturales relacionadas con el clima que más costos imponen a las sociedades.

Fecha de publicación:
13 de junio de 2021

La sequía hidrológica representa un fenómeno muy complejo que integra muchas características de las cuencas.

En 2015, por ejemplo, la parte central de Europa sufrió el embate de una sequía de larga duración que impuso las condiciones más secas en el Norte de Eslovaquia, Polonia y la República Checa. En ese año se presentó el segundo verano más caliente de los últimos 50 años, posterior a aquél que se vivió durante el año 2003.

En México, los medios de información han estado reportando dese hace algunos meses condiciones de sequía en el territorio nacional, con particular afectación en la operación del sistema Cutzamala, que provee de agua potable a la Ciudad de México. En ambos casos, las preguntas clave que quedan en el ánimo de cualquier persona son: ¿Qué tan extremos son realmente estos eventos?, no solamente en términos de sus características hidrometeorológicas, sino también de sus impactos, y ¿qué se hace frente a los impactos que nos impone su presencia?

Las sequías constituyen un fenómeno natural que se analiza desde una perspectiva climática (p. ej. Herring et al., 2015), cuya severidad se define en función de la fuerza de la anomalía en las condiciones meteorológicas (temperatura del mar, altura geopotencial, precipitación y temperatura ambiente).

La normalización de anomalías de variables climáticas, como la que se lleva a cabo en el cálculo del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) (McKee et al., 1993) o el más reciente Índice Estandarizado de Evapotranspiración (SPEI, por sus siglas en inglés) (Vicente-Serrano et al., 2010) representan las herramientas más comunes para la caracterización de este fenómeno. A pesar de su utilidad y aplicabilidad a lo largo de diferentes regímenes hidrológicos, existe una creciente necesidad de monitorear sistemáticamente los impactos que estos eventos hidrometeorológicos extremos generan sobre diferentes actividades humanas (Stahl et al., 2016). Muchos de estos impactos (p. ej. en la producción de cultivos, en los ecosistemas acuáticos, en el abastecimiento de agua potable, en la producción de energía) están más asociados con la hidrología que con la variación del clima. Diversos estudios llevados a cabo desde una perspectiva hidrológica muestran, por ejemplo, que la sequía en el caudal de los ríos (sequía hidrológica) no se presenta simultáneamente con la sequía meteorológica (detectada por medio del déficit de lluvia Hannaford, 2011; Van Loon y Van Lanen, 2012; Dijk et al., 2013).

La sequía hidrológica representa un fenómeno muy complejo que integra muchas características de las cuencas, como son la cobertura de suelo, la topografía, la geología y la red de

Núm. 22, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-22



flujo que da lugar al río (Stoelze et al., 2014). Por ejemplo, algunas sequías meteorológicas (detectadas por la falta de lluvia) pueden no manifestarse en una sequía hidrológica en el caudal de los ríos, mientras que varias sequías meteorológicas que se presenten secuencialmente en el tiempo tienen la posibilidad de fusionarse y generar, con cierta posterioridad, una sequía hidrológica de largo plazo. En la mayoría de los casos, hemos visto que la sequía hidrológica es de menor intensidad que la sequía meteorológica que la origina. Adicionalmente, los administradores del agua generalmente toman acciones en función de los impactos (pronosticados), como son el almacenamiento de agua en presas, los volúmenes de extracciones de acuíferos, o las transferencias de agua entre cuencas; en todas estas actividades la Hidrología desempeña un papel fundamental.

La sequía se origina como una anomalía en la meteorología local (es decir, como un déficit en la cantidad de lluvia dentro de un periodo de tiempo dado) y se manifiesta como un efecto en cascada que da lugar a deficiencia en la humedad del suelo y, posteriormente, a una reducción en el caudal de los ríos (sequía hidrológica). Una adecuada gestión de esta amenaza requiere la comprensión de la propagación del fenómeno a lo largo de todo el ciclo hidrológico, desde su generación en las nubes hasta su manifestación evidente en los ríos, presas y acuíferos, considerando los impactos socioeconómicos y ecosistémicos que resultan de una falta de agua. Una caracterización de la sequía como esta pasa necesariamente por la acción multidisciplinaria de especialistas en Climatología e Hidrología.

En la mayoría de los eventos de sequía, los impactos asociados están conectados con el déficit de humedad en el suelo (p. ej. baja producción agrícola e incendios forestales) y con la sequía hidrológica (menor abastecimiento de agua potable, de energía, de agua para recreación, mala calidad del agua) más que con el déficit de lluvia o sequía meteorológica.

Esto implica que debemos utilizar el conocimiento relativo a la Hidrología; es decir, a la propagación del fenómeno desde que nace como falta de lluvia en la atmósfera y que se traduce a déficit de agua en los suelos y ríos. Esto incluye el papel que desempeñan las condiciones de almacenamiento antecedentes al fenómeno en la generación de impactos más o menos graves. Por lo general, los administradores de agua toman medidas relativas a modificación de volúmenes de agua utilizada para riego de cultivos, para extracción de agua de acuíferos, para el uso de los almacenamientos o las transferencias de agua entre cuencas para mitigar los impactos. Sin embargo, todas estas medidas tienen el potencial de agravar los impactos, como se ha mostrado en Van Dijk et al., 2013 y Van Loon et al., 2016. El agravamiento de los impactos típicamente involucra el uso de agua que puede estar reservada para el medio ambiente o el fomento de la sobreexplotación

de los acuíferos, al permitir la extracción de más agua de la que naturalmente se recarga, llevándolos a una condición deficitaria muy grave (Castle et al., 2014; Panda y Wahr, 2015). Sin embargo, los reportes relativos al monitoreo de los niveles piezométricos de los acuíferos no siempre están disponibles, por lo que resulta muy complicado hacer una separación clara entre los efectos relativos a la presencia de una sequía natural y los que se derivan por una sobreexplotación de acuíferos (Van Loon y Van Lanen, 2013).

Por esta razón, necesitamos con urgencia construir una perspectiva hidrológica en términos del conocimiento y la gestión de los impactos de la sequía. En un contexto de poco personal y escasos recursos económicos, ¿cómo podemos avanzar en estar labor? Lo primero debería de ser garantizar la apertura de toda la información climática e hidrológica disponible (p. ej. lluvia, humedad del suelo, almacenamientos, piezometría). En todo el mundo, las observaciones de precipitación, caudal y temperatura están disponibles después de un año de haber sido medidas (ver, por ejemplo, Global Runoff Data Centre www.bafg.de/GRDC/EN) Esto obliga a los investigadores a utilizar modelos para sus estudios con la consecuente incertidumbre asociada. En México, un ejemplo de información climática en tiempo real y abierta es el del Observatorio Hidrológico del Instituto de Ingeniería de la UNAM (www.oh-iiunam.mx) (Pedrozo-Acuña et al., 2017). No obstante, para la caracterización de la sequía nacional se requiere de los registros históricos de largo plazo que permitan registrar la firma estadística de las variables ambientales. Además, debemos generar un archivo histórico con los impactos de la sequía en los diferentes sectores económicos (p. ej. en la producción agrícola), de tal suerte que sea posible relacionar las condiciones de sequía con otras variables económicas de interés para la toma de decisiones. En segundo término, necesitamos un pronóstico que nos permita anticipar las condiciones de sequía en los caudales de ríos, en los almacenamientos y acuíferos, con una vista prospectiva de uno a tres meses (ver, por ejemplo, Prudhomme, 2015), con cierto grado de confiabilidad y con un rango de incertidumbre claramente definido por región geográfica. El monitoreo y pronóstico de la sequía son fundamentales para la definición de políticas públicas eficientes que hagan frente a este fenómeno. Por esta razón, ambas actividades requieren de capacidades tecnológicas nacionales que tengan su base en el método científico, para generar lineamientos objetivos con base en el mejor conocimiento disponible en el mundo. En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) estamos seguros de que parte importante de esas capacidades se encuentran al interior de las dependencias del sector ambiental relacionadas con el agua, como son el IMTA y la Conagua, pero es necesario reconocer que necesitamos alinear nuestros esfuerzos para que, con las capacidades instaladas, generemos los productos que respondan a las necesidades de nuestro país y de su gente.

La gestión adecuada y proactiva de la sequía requiere también de la acción concertada de la comunidad hidrológica y climática nacional e incluso regional. Esto requiere la generación de productos de monitoreo más amplios geográficamente, como el Monitor Mesoamericano de Sequía Tzolkin, cuyo motor de cálculo fue desarrollado originalmente en la UNAM (Real-Rangel et al., 2020) y expandido por el IMTA para reportar las condiciones de intensidad de sequía y su persistencia para todos los países ubicados en el territorio que va desde México hasta Colombia. Este esfuerzo se ubica bajo una filosofía de solidaridad, código gratuito y abierto, y tiene como propósito promover una cultura de solidaridad regional para compartir capacidades que nos permitan avanzar en la gestión y mitigación de los impactos de las sequías.

Referencias

Castle SL, Thomas BF, Reager JT, Rodell M, Swenson SC, Famiglietti JS. 2014. Groundwater depletion during drought threatens future water security of the Colorado River Basin. Geophysical Research Letters 41: 5904– 5911. DOI:10.1002/2014GL061055

SC Herring, MP Hoerling, JP Kossin, TC Peterson, PA Stott (Eds). 2015. Explaining extreme events of 2014 from a climate perspective. Bulletin American Meteorology Society 96(12): S1– S172.

Hao Z., AghaKouchak A. 2013 Multivariate standardized drought index: a parametric multi-index model. Advances in Water Resources 57, 12–18.

McKee TB, Doesken NJ, Kleist J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, CL 17–22 January 1993; 179– 183. Panda DK, Wahr J. 2015. Spatiotemporal evolution of water storage changes in India from the updated GRACE-derived gravity records. Water Resources Research 52. DOI:10.1002/2015WR017797.

Pedrozo-Acuña, A., Magos-Hernández, J.A., Sánchez-Peralta, J.A., Amaro-Loza, A., Breña-Naranjo, J.A., 2017. Real-time and Discrete Precipitation Monitoring in Mexico City: Implementation and Application. HydroSensoft 2017, International Symposium on Hydro-Environment Sensors and Software, IAHR, Madrid, Spain.

Prudhomme C. 2015. Operational seasonal hydrological forecasting in the UK. Presentation at the HEPEX workshop on seasonal hydrological forecasting, 21–23rd September 2015, Norrköping, Sweden (http://hepex.irstea.fr/wp-content/uploads/2015/08/07_HydrologicalOutlookUK_ 21Sep 2015.pdf Real-Rangel, R. A., Pedrozo-Acuña, A., Breña-Naranjo, J. A., & Alcocer-Yamanaka, V. H. (2020). A drought monitoring framework for data-scarce regions. Journal of Hydroinformatics, 22(1), 170–185.

Stahl K, Kohn I, Blauhut V, Urquijo J, De Stefano L, Acacio V, Dias S, Stagge JH, Tallaksen LM, Kampragou E, Van Loon AF, Barker LJ, Melsen LA, Bifulco C, Musolino D, de Carli A, Massarutto A, Assimacopoulos D, Van Lanen HAJ. 2016. Impacts of European drought events: insights from an international database of text-based reports. Natural Hazards Earth System Sciences 16: 801– 819. DOI:10.5194/nhess-16-801- 2016

Stoelzle M, Stahl K, Morhard A, Weiler M. 2014. Streamflow sensitivity to drought scenarios in catchments with different geology. Geophysical Research Letters 41: 6174– 6183. DOI:10.1002/2014GL061344.

Hannaford J, Lloyd-Hughes B, Keef C, Parry S, Prudhomme C. 2011. Examining the large-scale spatial coherence of European drought using regional indicators of precipitation and streamflow deficit. Hydrological Processes 25: 1146– 1162. DOI:10.1002/hyp.7725.

Van Dijk AIJM, Beck HE, Crosbie RS, De Jeu RAM, Liu YY, Podger GM, Timbal M, Viney NR. 2013. The Millennium Drought in southeast Australia (2001–2009): natural and human causes and implications for water resources, ecosystems, economy, and society. Water Resources Research 49: 1040– 1057. DOI:10.1002/wrcr.20123.

Van Loon AF, Van Lanen HAJ. 2013. Making the distinction between water scarcity and drought using an observation-modeling framework. Water Resources Research 49: 1483– 1502. DOI:10.1002/wrcr.20147. Van Loon AF, Gleeson T, Clark J, Van Dijk AIJM, Stahl K, Hannaford J, Di Baldassarre G, Teuling AJ, Tallaksen LM, Uijlenhoet R, Hannah DM, Sheffield J, Svoboda M, Verbeiren B, Wagener T, Rangecroft S, Wanders N, Van Lanen HAJ. 2016. Drought in the Anthropocene. Nature Geoscience 9: 89– 91. DOI:10.1038/ngeo2646.

Vicente-Serrano SM, Beguería S, López-Moreno JI. 2010. A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index—SPEI. Journal of Climate 23: 1696– 1718. DOI:10.1175/2009JCLI2909.1

La energía hidroeléctrica en el contexto del cambio climático

Adrián Pedrozo Acuña

Uno de los problemas ambientales más relevantes en todo el mundo es el cambio climático, debido a los impactos negativos que trae consigo en diversos rubros, como la salud pública, .los recursos hídrico, los rendimientos agrícolas, la biodiversidad y la resiliencia de la infraestructura, es decir, implica efectos perjudiciales sobre los sistemas naturales y humanos, afectando con ello el bienestar de la sociedad.

Los efectos adversos más relevantes del cambio climático son el incremento de la temperatura media, la intensificación de sequías y huracanes, la pérdida de biodiversidad, la propagación de enfermedades y plagas y la disminución en la disponibilidad hídrica, entre muchos otros.

Por otro lado, consensos internacionales en materia climática, tales como el Acuerdo de París del año 2015, han logrado establecer objetivos en materia de energías limpias, libres de emisiones de gases de efecto invernadero.

En cuanto a este último aspecto, de acuerdo con cifras de la Red de Política de Energías Renovables para el Siglo XXI (REN21, por sus siglas en inglés), para finales del año 2019 se estimó una participación de las energías renovables en la producción mundial de electricidad del 27.3 %, y de la cual un 15.9 % es a partir de la energía hidroeléctrica, con lo que se establece que se encuentra aún muy por encima de las otras fuentes de generación como la eólica y solar.

En México, se reportan 101 presas de generación (tanto de la Comisión Federal de Electricidad como del sector privado) que en conjunto cuentan con una capacidad instalada de 12,612 MW y, de acuerdo con el Programa de Ampliación y Modernización de la Red Nacional de Transmisión (PAMRNT) 2020-2034, se espera un incremento a 14,235 MW para 2030 y a 17,751 MW para 2050, respectivamente.

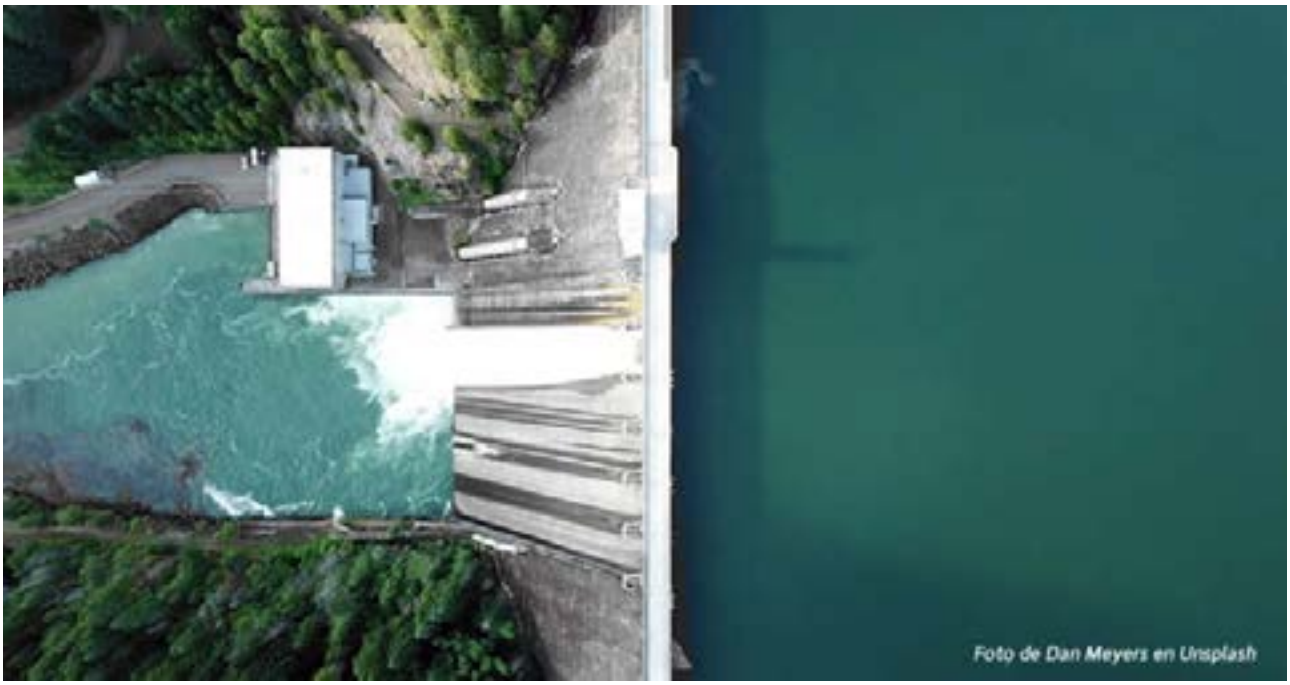
El desarrollo hidroeléctrico, tanto en México como a nivel global, trae consigo costos ambientales y sociales importantes, tales como la deforestación, el impacto en la vida acuática, la emisión de gases de efecto invernadero por la sumersión de vegetación, y el desplazamiento de poblaciones; pero todos estos impactos negativos están actualmente plenamente identificados, lo que facilita su detección y prevención en la planeación de cualquier proyecto. Por ejemplo, en México, la Comisión Federal de Electricidad, The Nature Conservancy y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad proponen el uso de una metodología de planeación temprana para el desarrollo de proyectos hidroeléctricos bajo un enfoque de manejo integrado de cuencas hidrológicas , con lo cual buscan brindar una herramienta que contemple criterios técnicos, sociales y ambientales que conlleven a proyectos de gran calidad y eficiencia, evitando afectaciones en áreas prioritarias a nivel social y ambiental.

Fecha de publicación:
06 de junio de 2021

El desarrollo hidroeléctrico, tanto en México como a nivel global, trae consigo costos ambientales y sociales importantes, tales como la deforestación, el impacto en la vida acuática, la emisión de gases de efecto invernadero.

Núm. 21, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-21



Una problemática adicional que se enfrenta el sector hidroeléctrico está asociada a la vulnerabilidad que recae en dicho recurso. En efecto, los cambios en los escurrimientos; eventos extremos, como huracanes y sequias; y el aumento en las tasas de evaporación de los embalses tienen el potencial de cambiar a largo plazo las políticas de operación de las centrales hidroeléctricas y, por ende, su producción y rentabilidad económica.

Debido a esto, es necesario preveer estos retos y oportunidades en los próximos años y décadas, siendo algunos muy específicos del funcionamiento técnico o de las de retorno económicas de la propia industria, tales como la necesidad de la modernización, pero también otros relacionados con aspectos sociales y de sostenibilidad. No obstante, todas estas temáticas deben de ir enfocadas a mejorar su resiliencia, buscando las mejores herramientas que permitan abordar los posibles riesgos e impactos a través de tecnologías y sistemas de más eficaces que ayuden a la toma de decisiones.

Referencias

Portal de CFE https://www.cfe.mx/nuestraempresa/pages/historia.aspx Portal de REN21

https://www.ren21.net/ Portal de IMTA

https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros/Potencial-Hidroelectrico-Mexico-1era-Parte.pdf Portal del Cenace

https://www.cenace.gob.mx/Docs/10_PLANEACION/ProgramasAyM/Programa%20de%20Ampliaci% C3%B3n%20y%20Modernizaci%C3%B3n%20de%20la%20RNT%20y%20RGD

Perspectivas sobre la sequía actual en México

René Lobato Sánchez y Pamela Iskra Mejía Estrada

La sequía es un fenómeno natural que forma parte de la variabilidad del clima.

Las condiciones de sequía en México son recurrentes, aunque irregulares, y están normalmente regidas por la fluctuación de patrones climáticos, como variaciones en la actividad solar, o por la influencia tanto de fenómenos globales como de patrones atmosféricos de gran escala que son influenciados por variaciones de temperatura oceánica de baja frecuencia, como El Niño o La Niña.

Actualmente se presentan condiciones de sequía importantes en el país, probablemente las más severas desde los últimos diez años. El escenario actual corresponde a los escenarios climáticos derivados de La Niña, y está influenciado, sobre todo, en el norte del país, por el déficit de precipitación de 2020, del cual no se ha visto una completa recuperación. Finalmente, dado que las sequías —a diferencia de otras amenazas— no tienen epicentro o trayectoria, sino una progresión lenta, es difícil determinar su inicio y, por ende, su término. Sin embargo, el mes de abril es parte de la temporada de estiaje, durante la cual se ven condiciones de precipitación reducida. Para superar estas dificultades, el monitoreo y diagnóstico de la sequía se realiza con ayuda de índices cuantitativos, que describen el comportamiento e interacción de variables meteorológicas e hidrológicas con condiciones de vegetación y humedad del suelo. Estos parámetros sirven como información de referencia sobre las anomalías climáticas, tanto para el público en general como para la investigación científica, y sobre la intensidad y el alcance espacial de las sequías.

Determinar la severidad de un evento de sequía no depende únicamente de la interpretación de índices, se requiere de la participación transectorial activa para conocer el comportamiento de este fenómeno climático a mayor profundidad. Esto llevará a una identificación oportuna de las sequías y, por tanto, a una mejor administración del recurso hídrico.

México cuenta con normativa y regulaciones para una mejor gestión del riesgo por sequías. Por un lado, están los programas de medidas preventivas y de mitigación a la sequía para cada uno de los consejos de cuenca (https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programas-de-medidas-preventivas-y-de-mitigacion-a-la-sequia-pmpms-por-consejo-de-cuenca), los cuales forman parte del Programa Nacional Contra la Sequía (Pronacose) instaurado en 2013, y establecen metodologías de aplicación local en los 13 organismos de cuenca para la ejecución de planes de preparación y respuesta a las sequías. Su aplicación tiene por objetivo establecer las líneas de acción ante situaciones severas de escasez de agua para minimizar sus impactos sobre la calidad de vida de la

Fecha de publicación:
02 de mayo de 2021

Para determinar los impactos por la sequía, es necesario primero que todo conocer la variabilidad natural del clima

Núm. 16, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-16



población, el régimen de caudal ecológico y las actividades económicas.

Para determinar los impactos por la sequía es necesario primero que todo conocer la variabilidad natural del clima, así como su evolución, para que, con la ayuda de modelos climáticos y la observación directa o indirecta, sea posible conocer la evolución de la lluvia, temperatura en superficie, humedad del suelo, condición de la vegetación y su respuesta dinámica, entre otros factores.

Uno de los principales forzantes del clima en México y en el mundo es la dinámica de los océanos. Particularmente, la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial determina la circulación atmosférica que interacciona con la zona continental e impacta en su régimen de precipitación A este fenómeno se le denomina El Niño, y sus efectos no solo alcanzan al continente americano, sino que impactan en prácticamente todo el planeta. Así, en combinación con otros tipos de oscilaciones (PDO, AMO, MJO, etc.), exacerban los impactos de la lluvia (déficit o exceso).

Información reciente del Centro de Pronóstico Climático de la NOAA describe la evolución de El Niño en su fase negativa, esto es, que a la fecha nos encontramos en una fase fría, condición de La Niña, con una tendencia hacia el calentamiento para alcanzar una condición neutra a partir del mes de junio, este patrón de circulación es típico de una condición de La Niña. Esta se ha mantenido desde el último trimestre del año 2020, y sus efectos son típicos de este comportamiento. Cuando se tienen condiciones de La Niña en invierno y primavera, se presenta regularmente una sequía en el centro y norte de México, lo que ha venido ocurriendo, y esta condición se ha visto amplificada en función de que la temporada de lluvia en esta región, sobre todo en el norte, estuvo por debajo de

su valor promedio. Este patrón es similar al ocurrido en el año 2011, cuando una condición de La Niña en este periodo provocó que cerca del 80 % del territorio nacional estuviera bajo alguna condición de sequía, ocasionando grandes pérdidas, principalmente a los sectores agrícola y ganadero.

Regularmente, excepto en el norte y vertiente del golfo de México, las precipitaciones se reducen de manera natural. A este período se le denomina de estiaje, y los recursos hídricos tienen una gran demanda derivada de las altas temperaturas prevalecientes al inicio de la planeación del riego para el sector agrícola y altas demandas para abastecer al público urbano, sin descuidar a la parte industrial y la conservación natural de los ecosistemas.

Durante el periodo primavera–verano es cuando se da el inicio de la temporada de lluvias en México de manera "escalonada", es decir, que el temporal de lluvias inicia en el sur y evoluciona hacia el norte. Un fenómeno en particular ocurre en el noroeste, llamado el Monzón de América del Norte, donde el régimen de precipitación está muy marcado, el cual inicia en julio y termina en septiembre. Durante este periodo ocurre aproximadamente el 75 % del total de las precipitaciones, lo cual es importante, pues de otra manera no se alcanzaría el volumen adecuado para contar con la disponibilidad necesaria para todos los sectores antes mencionados, sobre todo el agrícola, porque esta es una de las regiones agrícolas más productivas del país.

En resumen, tenemos condiciones de sequía del centro al norte del país, principalmente, debido a que desde el año pasado se ha tenido un déficit que se vio exacerbado por las bajas precipitaciones durante el invierno de este año, considerando también que las temperaturas observadas han sido mayores al promedio, lo que ha requerido de una mayor demanda del recurso hídrico.

Para este año, hasta el mes de junio se esperan condiciones favorables para el centro-sur del territorio, mientras que continuará un déficit en el norte. Algunos modelos climáticos describen una canícula intensa, por lo que es posible que las condiciones de sequía prevalezcan, reestableciéndose el régimen de las precipitaciones durante el resto del verano y otoño. Un aspecto importante a considerar es que las proyecciones climáticas estacionales describen que será la vertiente del golfo de México, sur y sureste, donde las precipitaciones se verán reducidas.

Por otra parte, las proyecciones de la evolución de El Niño describen un periodo corto de condiciones neutras, describiendo que para el próximo invierno se vuelva a reestablecer una condición de La Niña. Aunque esta proyección en el contexto climático es de largo plazo, es necesario vigilar su evolución, en el sentido de que un régimen de lluvia bajo con una condición de La Niña nuevamente, traería un fuerte impacto al sector productivo y natural. Es necesario realizar planes de gestión de manejo de riesgos o bien retomar los que ya existen, como el Pronacose.

Seguridad hídrica en tiempos de sequia

Agustín Breña Naranjo

En las últimas semanas, los medios de comunicación han difundido ampliamente noticias relacionadas con las condiciones de escasez hídrica prevalecientes en la Republica Mexicana.

Fecha de publicación:
18 de abril de 2021

La sequía es un fenómeno natural que ocurre de manera frecuente en nuestro país.

Niveles mínimos en presas de las regiones centro y noroeste del país, desabasto de agua en varias zonas metropolitanas, así como incendios forestales esparcidos en el territorio nacional han acaparado los titulares en periódicos, revistas y redes sociales. Esto, como resultante de una caída del 30 % en la precipitación en lo que va del año con respecto al promedio histórico de la lluvia acumulada durante los primeros cuatro meses del año. Para finales de marzo se estimaba que más del 70 % del territorio nacional presentaba algún nivel de sequía, siendo los estados del norte y centro del país las regiones más severamente afectadas, con valores cercanos al 100 % del territorio en estados como Durango, Coahuila, Zacatecas, Sonora y Sinaloa. En estos dos últimos estados, el 80 y 90 % de su superficie, respectivamente, se encuentra bajo condiciones de sequía severa y extrema.

Ante dichas condiciones, la seguridad hídrica para diferentes sectores se ha visto afectada de manera importante: En la zona metropolitana de la Ciudad de México, la sequía ha impactado los vasos de almacenamiento pertenecientes al Sistema Cutzamala con una disminución del 23 % con respecto a las condiciones históricas para estas fechas del año. Mientras tanto, en la zona metropolitana de Guadalajara, más de doscientas colonias de los municipios de Zapopan, Guadalajara y Tonalá han tenido problemas de abastecimiento. Por otro lado, tanto la agricultura de temporal como la de riego ya se están viendo afectadas ante estas condiciones de estrés hídrico en el suelo y en las presas, respectivamente. Se espera también que otros usos consuntivos, como la producción pecuaria y la generación hidroeléctrica, sufran afectaciones de moderadas a severas. En relación con este último sector, se estima que, históricamente. los principales sistemas hidroeléctricos de México han tenido disminuciones de hasta 20 % en su producción hidroeléctrica durante años de sequía severa.

Si bien la sequía es un fenómeno natural que ocurre de manera frecuente en nuestro país, la mayoría de los impactos previamente mencionados pueden ser mitigados a través de medidas preventivas e instrumentos financieros para compensar económicamente a la población afectada. A pesar de estas acciones proactivas, la capacidad de evaluar la severidad de la sequía puede llegar a tomar varios meses, ya que los impactos se ven reflejados una vez que esta sobrepasa ciertos niveles de intensidad. Debido a esto, existen indicadores de sequía, los cuales, mediante información climatológica, hidrológica

Núm. 14, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-14



y de vegetación, pueden proveer información acerca del desarrollo de este fenómeno en el tiempo y el espacio. La falta de prevención en materia de sequía no solo impacta de manera directa a los involucrados, sino que también puede impactar de manera negativa en la seguridad alimentaria, la migración y los conflictos políticos. Tal fue el caso de Siria, a principios de la década pasada, en donde la falta de un plan de gestión de sequía fue una de las variantes clave que desató el conflicto armado, dada la magnitud del descontento social que esta sequía generó a nivel nacional.

Aunado a esto, el calentamiento global prevé que a nivel global haya un aumento en la frecuencia de este fenómeno, por lo que los planes de gestión de sequía deben incluir más y mejores prácticas en el uso eficiente del agua, que permitan a las cuencas —pero sobre todo a los acuíferos— tener suficiente tiempo para recuperarse, en términos hidrológicos, antes de volver a enfrentar una nueva sequía. Esto es de suma importancia en acuíferos con condiciones de abatimiento, ya que estos suelen ser la opción más recurrente una vez que los ríos, lagos y presas dejan de ser una fuente de abastecimiento durante sequías severas y extremas, tal como está ocurriendo actualmente en el noroeste de México. En estos casos, las sequías suelen incrementar los volúmenes de bombeo y, por lo tanto, aceleran las tasas de abatimiento de estos sistemas de agua subterránea.

La falta de voluntad por parte de autoridades y usuarios para revertir esta situación a largo plazo puede resultar en graves consecuencias socioeconómicas. Tal es el caso del valle central de California, EUA, donde se ha detectado que aproximadamente uno de cada cinco pozos de agua subterránea se encuentra fuera de operación, ya que su fondo se encuentra por arriba del nivel estático del acuífero. Mientras

tanto, para compensar la pérdida de esta infraestructura, las autoridades han seguido permitiendo a agricultores y organismos operadores la construcción de nuevos pozos a mayores profundidades (y con costos de hasta 100,000 dólares por pozo), lo cual aumenta la probabilidad de que otros pozos con profundidades someras estén fuera de operación a mediano plazo.

El caso de California describe la realidad existente en otras regiones del mundo, incluyendo México, en donde la falta de planeación hídrica a largo plazo está poniendo en riesgo el bienestar socioeconómico de la población local, así como gestando la aparición de conflictos sociohídricos. Es por eso que las estrategias y acciones enfocadas en disminuir los impactos de las sequías deben evaluar el desempeño del manejo de las presas antes y durante la sequía, con el fin de comprobar que la disminución (en %) en el uso consuntivo como parte del plan de gestión de sequía esté a la par de la disminución (también en %) en la precipitación y escurrimiento observados en la cuenca y verificar que exista una rápida recuperación en los volúmenes de las aguas subterráneas una vez que la sequía haya concluido. La implementación efectiva de estas 2 acciones fortalecerá la resiliencia de nuestro país ante la actual (y futuras) sequías, pero también se verá reflejada en la seguridad hídrica y alimentaria de México.

Los retos de la seguridad informática en la digitalización del agua

Laurent Courty

Si bien las ventajas de la digitalización del agua son numerosas, eventos recientes nos recuerdan la importancia de establecer protocolos de seguridad adecuados para mantener la calidad del servicio y la salud de la población.

Fecha de publicación:
14 de marzo de 2021

Además de la disrupción de la operación de los sistemas de aguas, los ciberataques pueden usarse también para realizar fraudes.

Los retos del cambio climático, combinados con los de la urbanización, hacen esencial el uso de soluciones computarizadas para el monitoreo, la operación y el mantenimiento de las variables del ciclo hidrológico urbano [1]. Sin embargo, ataques recientes a plantas potabilizadoras han mostrado la vulnerabilidad de los sistemas de agua ante ataques informáticos, un problema exacerbado por el desarrollo del internet de las cosas (IoT, por su sigla en inglés). Este término se refiere a la conexión directa a internet de pequeños aparatos autónomos, en contraste con los dispositivos operados directamente por humanos, cómo un teléfono o una computadora. En la vida diaria, una multitud de aparatos tienen ahora una versión "conectada", por ejemplo, una lavadora, una cafetera, un videoportero y hasta un dispensador de alimentos para mascotas. La misma tendencia a los dispositivos conectados se observa en la industria, y la gestión del agua no es la excepción.

En 2020 se sospechó que actores gubernamentales de Irán habían infiltrado los sistemas informáticos de empresas de agua de Israel para subir el nivel de cloro en el agua distribuida a la población [2]. En un caso similar, y más mediatizado, la planta potabilizadora de Oldsmar en Florida sufrió un ciberataque en febrero de 2021 que multiplicó por más de 100 veces el nivel de sosa caustica utilizada en el tratamiento del agua [3]. Si el personal de la planta no se hubiera percatado de la modificación, miles de usuarios hubieran recibido agua peligrosa para su salud. En abril de 2021 se dio a conocer que un exempleado de una potabilizadora en Kansas se conectó de manera remota al sistema informático de la planta y procedió a apagar los trenes de tratamiento [4]. Estos sucesos tienen en común que son ataques remotos a plantas que producen agua potable para el consumo humano, con el fin de modificar el proceso de tratamiento y dañar así la salud de los usuarios. Estos ataques se realizaron mediante la conexión remota a los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (Scada por sus siglas en inglés) que ayudan al personal a operar las plantas.

Si bien es cierto que los sistemas Scada se han usado en la operación de sistemas de agua durante décadas, estos eventos recientes son un recordatorio de la necesidad te tomar en cuenta de manera seria la seguridad informática en el diseño y operación de las redes de aguas y servicios afines. Esta amenaza se vuelve aún más aguda por la multiplicación

Núm. 13, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-13



de aparatos conectados de tipo IoT, un tema bien identificado por la comunidad científica [5]. Personas malintencionadas pueden atacar las redes de IoT de manera general, por ejemplo, establecer un botnet vía software tipo Mirai [6], o de manera puntual, apuntando a las funciones específicas del equipo. Por ejemplo, modificar la lectura de un sensor de nivel en un cárcamo de bombeo puede detener el bombeo y causar problemas de abastecimiento. Además de la disrupción de la operación de los sistemas de aguas, los ciberataques pueden usarse también para realizar fraudes. Por ejemplo, la norma NMX-AA-179-SCFI-2018 para la medición de aguas nacionales se basa en la tecnología IoT, con transmisión diaria de datos a la Conagua. Su puesta en marcha [7] será sin duda un gran avance para mejorar el control de las concesiones de aguas nacionales y limitar el acaparamiento ilegal del agua; sin embargo, es necesario tener cuidado en su implementación para limitar los vectores de ataque, notablemente para evitar la transmisión de datos por el protocolo obsoleto y vulnerable FTP [8].

La seguridad de los sistemas de información en general, y de las redes IoT en específico, es un tema complejo que nosotros, los profesionales del agua, no podemos pretender comprender en su totalidad. Es tiempo de que nuestro sector tome más en serio esta temática y colabore de manera más cercana con expertos en la materia, para asegurar así el monitoreo y la operación fiel y segura de la infraestructura hidráulica.

[1] Pedrozo-Acuña, A. (2020) Agua inteligente, ciudades inteligentes. https://www.gob.mx/imta/es/articulos/agua-inteligente-ciudades-inteligentes?idiom=es

[2] https://www.timesofisrael.com/iran-cyberattack-on-israels-water-supply-could-have-sickened-hundreds- report/

[3] https://edition.cnn.com/2021/02/11/us/florida-water-plant-hack/index.html

[4] https://arstechnica.com/information-technology/2021/04/man-indicted-for-allegedly-tampering-with- computer-at-public-water-plant/

[5] Noor, M. M., Hassan, W. H. (2019). Current research on Internet of Things (IoT) security: A survey. Computer networks, 148, 283-294. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.11.025.

[6] https://en.wikipedia.org/wiki/Mirai_(malware)

[7] Acuerdo por el cual se reforma el artículo segundo transitorio de las Reglas Generales sobre Medición de Aguas Nacionales a que se refiere la fracción I, del párrafo tercero, del artículo 225, de la Ley Federal de Derechos. DOF: 19/05/2020

[8] http://mywiki.wooledge.org/FtpMustDie

Agua y minería (parte II)

Jorge H. Salgado

Uso libre del agua en la industria minera en México.

En el blog Perspectivas de la semana pasada contextualizamos la industria minera en México con respecto a su impacto socioambiental y, en específico, al uso del agua en esta actividad productiva. En la actualidad no se conoce con toda precisión el volumen de agua empleado en la minería, debido, entre otros factores, a que la legislación permite la utilización libre del agua, producto del laboreo de minas, en algunos de los procesos productivos de esta industria.

Fecha de publicación:
7 de marzo de 2021

La extracción de metales se desarrolla principalmente a través de procesos de beneficio y de transformación.

La estimación de los volúmenes de agua consumidos en México por este sector es muy importante, toda vez que el 38 % de las minas se localizan en el norte del país, una zona con alto estrés hídrico y con acuíferos identificados como de disponibilidad hídrica precaria o incluso en condiciones de sobreexplotación. La incertidumbre en el uso consuntivo indica la necesidad no solo de nuevas reglas, sino también de sistemas de medición de consumo abiertos a la ciudadanía para una mayor transparencia.

La extracción de metales se desarrolla principalmente a través de procesos de beneficio y de transformación. Los procesos de beneficio se realizan en medios húmedos, y consisten en métodos de extracción, lavado, trituración, molienda, homogenización, clasificación y flotación (mecanismos fisicoquímicos de separación que permiten la concentración de minerales), mientras que los procesos de transformación se refieren a la aplicación de técnicas hidrometalúrgicas, pirometalúrgicas y electrometalúrgicas para la producción de metales.

Los procesos de beneficio utilizan agua sin requerir de un título de concesión conforme al marco de la legislación vigente. Por su parte, los procesos de transformación usan agua que no es producto del laboreo de minas, es decir que requieren de un título de concesión en los términos que marca la Ley de Aguas Nacionales, sin importar si es de fuentes superficiales o subterráneas. Este volumen de agua está contabilizado en la base de datos del Registro Público de Derechos de Agua (Repda) en la categoría de “uso industrial”, que abarca a todos los sectores de la industria.

Para conocer el volumen asignado al sector minero es necesario realizar su desagregación del resto de la industria. En este aspecto, una dificultad para integrar la información es que muchos de los títulos están asignados al nombre del titular de la concesión y no a la razón social de la empresa, mientras que en otros casos algunos de estos títulos no fueron asignados a un tipo de industria. Al contabilizar el volumen de agua concesionada a nivel nacional para este sector, se estima que este ronda los 472.53 hm7. Este volumen representa el 7.3 % del volumen total nacional

Núm. 08, 2021

DOI: doi.org/10.24850/
b-imta-perspectivas-2021-08



concesionado al uso industrial, que es de 6,494.45 hm7, según datos del Repda actualizado al 2019.

El agua de uso libre inherente al laboreo de minas es producto de los escurrimientos debidos al desarrollo de obras mineras, como túneles, galerías y tajos, entre otras, que normalmente tienen contacto con acuíferos Este volumen de agua es usado regularmente en los procesos de beneficio.

En este contexto, el volumen de agua de uso libre, con base en las toneladas de metal producido, la ley promedio o porcentaje de metal contenido en los minerales e indicadores de metros cúbicos de agua por toneladas de mineral producido, es del orden de 1,128.9 hm7. Este volumen obtenido es 2.4 veces mayor que el volumen de agua concesionado, e incrementa en 14.34 % el volumen concesionado total nacional para uso industrial agregado, que integra los usos agroindustrial (4.6 hm7), de comercio (0.08 hm7), industrial sector minero (472.53 hm7), industrial otros sectores (6,021.92 hm7) y servicios (1,683.16 hm7), por lo que el volumen total (considerando el volumen de agua de uso libre para la minería) asciende a 9,354.98 hm7, de acuerdo con datos del Repda 2019. La suma del volumen concesionado al sector minero y el estimado de uso libre es equivalente al volumen asignado al uso del sector servicios. La estimación se hizo con valores promedio, por lo que en una siguiente etapa se sugiere precisar esta estimación desagregando esta industria en unidades mineras y caracterizándolas con base en el tipo de mineral extraído, el método de explotación, el proceso de beneficio utilizado y la tecnología aplicada en los procesos.

Esta estimación del volumen de agua de uso libre realizada recientemente por la Subcoordinación de Planeación Hídrica del IMTA es una primera aproximación en el ámbito nacional. Estos resultados son insumos para la actualización de los

estudios de disponibilidad de agua en acuíferos donde existe actividad minera, publicados en el DOF en 2019. Con el uso de sistemas de información geográfica (SIG) sería posible identificar las unidades mineras y los acuíferos con poca disponibilidad o en condiciones de sobreexplotación. A su vez, estos SIG contribuirían al desarrollo de un sistema integral de información que apoye las acciones de planificación y gestión de proyectos en la relación agua y minería, así como como el seguimiento de programas y acciones que redunden en una gestión participativa.

El sector hídrico en México debe avanzar en la generación de información sobre el uso indirecto del agua, priorizando las zonas de alto estrés hídrico, en aras de contribuir al equilibrio hídrico, mejorar la calidad del agua y reducir los impactos negativos al medio ambiente, entre otros. Como se menciona en este caso, los volúmenes de agua no contabilizados pueden llegar a ser importantes en un orden de magnitud del 240 % mayor al contabilizado en el Repda en el sector minero integrado al uso industrial.

Una administración del agua basada en la disponibilidad hídrica en cuencas y en delimitaciones político- administrativas con base en nuevas reglas y sistemas de medición abiertos a la sociedad iría en concordancia con el objetivo del estándar de la Alliance for Water Stewardship (AWS), que es impulsar la gestión sostenible del agua, que se define como “El uso del agua que es cultural y socialmente equitativo, ambientalmente sostenible y económicamente beneficioso, logrado a través de un proceso inclusivo de las partes interesadas que involucra acciones basadas en el sitio y en la cuenca”.

Asimismo, sería deseable elaborar planes de gestión para el uso sustentable del agua en la industria, tal como existen en otros países, mediante la aplicación metodológica de estándares, cuya implementación integre a todos los actores de las cuencas e incentive la aplicación de buenas prácticas en los usos del agua que reduzcan su desperdicio e incrementen su tratamiento y reúso.

Agua y minería (parte I)

Ramón Arturo Piña Sánchez, Jorge Humberto Salgado Rabadan y José Agustín Breña Naranjo

México se ubica entre los diez principales del mundo de 16 diferentes minerales (plomo, zinc, yeso, oro y cobre, entre otros) y es el líder mundial en la producción de plata.

Asimismo, en el 2018 tuvo uno de los más altos presupuestos de exploración de América Latina, ocupando el quinto lugar en la atracción de inversiones en la industria minera.

En términos territoriales, la superficie concesionada para explotación minera es actualmente de 34.7 millones de hectáreas, la cual representa el 17.7 % del territorio nacional. Más de la mitad de la producción de este sector se concentra en los estados de Sonora, Chihuahua y Zacatecas. No obstante, se estima que el 38 % de los proyectos mineros se ubican en zonas de acuíferos sobreexplotados, con precaria disponibilidad hídrica. Por otra parte, los conflictos socioambientales, muchos de ellos vinculados a la actividad minera, se han incrementado de manera significativa en los últimos años. En este sentido, dado que la explotación de fuentes de agua y la ocupación y uso del territorio ocasionan la mayoría de los conflictos sociales por esta actividad, el sector hídrico tiene la responsabilidad de conocer a detalle los beneficios que producen la disponibilidad y el uso del agua en los procesos mineros, pero también los impactos que generan en la disponibilidad del agua, tanto en cantidad como en calidad —especialmente en las poblaciones aledañas— y, con base en esto, implementar programas efectivos de gestión integrada de agua y territorio.

Aunado a la problemática de la escasez hídrica regional, existe poca precisión en la medición de los volúmenes de agua que consume la industria minera, ya que los procesos de explotación no solo utilizan los volúmenes concesionados por la Conagua a través de su Registro Público de Derechos de Agua (Repda), sino que el marco legislativo correspondiente permite un uso libre del recurso hídrico en los procesos de beneficio, sin requerir de una concesión.

Por otra parte, el mismo marco legislativo ha facilitado la concesión de tierras para la explotación minera sin los controles necesarios, lo cual ha permitido la generación de impactos en los ecosistemas y poblaciones, que a su vez originan cada vez más situaciones de conflicto entre las comunidades afectadas y las empresas del sector minero, especialmente en relación con el uso del agua. En cuanto al ciclo hidrológico en la industria minera, la escasez del recurso hídrico, tanto en México como en el resto del mundo, ha propiciado avances tecnológicos con el objetivo de reciclar una parte del del agua utilizada en sus procesos de producción y recuperar los volúmenes almacenados en sus presas de jales.

Fecha de publicación:
28 de febrero de 2021

Aunado a la problemática de la escasez hídrica regional, existe poca precisión en la medición de los volúmenes de agua que consume la industria minera.

Núm. 07, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021- 07



No obstante, la eficiencia del uso de agua en los procesos mineros puede llegar a ser insuficiente en regiones con un alto estrés hídrico. Asimismo, los residuos que no pueden ser reciclados o reutilizados para otros usos carecen de mecanismos adecuados y suficientes de supervisión, vigilancia y control para evitar que las descargas de sustancias químicas o materiales tóxicos degraden las aguas superficiales y subterráneas.

La falta de criterios más estrictos en la legislación y normatividad para la asignación de concesiones y de los impactos en el medio ambiente y en la salud de los habitantes contribuye en gran medida al surgimiento y evolución de gran parte de los conflictos hídrico-mineros existentes.

Asimismo, el marco regulatorio vigente y la evolución de los conflictos mineros asociados con el agua muestran que las políticas públicas ligadas a estos sectores en México son el origen de una buena parte de la problemática en torno al uso de los recursos hídricos en la minería. Por ello, se considera fundamental mejorar dos instrumentos básicos: la planificación participativa y la gestión integrada de los recursos que administran estos dos sectores, de tal manera que sus actividades estén mejor vinculadas y coordinadas. Igualmente, se requieren programas de desarrollo urbano y ordenamiento territorial, que parecieran no ser importantes en la relación agua y minería. Lo anterior implica la necesidad de crear un sistema integral de información que apoye las acciones de planificación y gestión de proyectos en la relación agua y minería, así como como el seguimiento de programas y acciones, tanto gubernamentales como de las empresas mineras privadas, que permitan una mejor comunicación con las comunidades afectadas por la minería y con la sociedad en general.

De manera más concreta, es necesario precisar la estimación del volumen de agua utilizado en la minería. Para esto se sugiere desagregar esta industria en unidades mineras con base en características tales como el tipo de mineral extraído, el método de explotación, el proceso de beneficio utilizado y la tecnología aplicada en los procesos, así como la disponibilidad de agua. Otras acciones a llevar a cabo para su incorporación dentro de este sistema integral de información podrían ser las siguientes:

- Actualizar la información geográfica de la disponibilidad de agua subterránea en acuíferos donde existe actividad minera, utilizando el Repda y los datos de disponibilidad publicados en el DOF de 2019.

- Desarrollar un sistema integral de información que apoye las acciones de planificación y gestión de proyectos en la relación agua y minería, así como como el seguimiento de programas y acciones que redunden en una mejor comunicación con la sociedad.

En este contexto, le corresponde al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) contribuir al fortalecimiento de la agenda investigativa de los principales problemas relacionados con el agua y la minería mediante la caracterización y el análisis de sus principales causas, así como recomendar elementos que coadyuven a la solución de los mismos. Esto incidirá en mejores prácticas en dicha relación y en la prevención o transformación de conflictos, generando así alternativas y oportunidades para el desarrollo de estos recursos con menores impactos socioambientales y de huella ecológica.

En el blog Perspectivas de la siguiente semana se presentará una actualización de la estimación del uso libre del agua en el sector minero de México con respecto al volumen concesionado total. El uso libre de agua puede llegar a inhibir la ejecución de buenas prácticas en los procesos mineros, ya que desincentiva la aplicación de nuevos métodos y tecnologías para eficientar su uso. Asimismo, estos datos adquieren mayor relevancia si se considera que los proyectos mineros en el país están localizados en zonas semidesérticas, con poca precipitación y con acuíferos de baja disponibilidad hídrica o en condiciones de sobreexplotación.

Instrumentos financieros y especulación del recurso hídrico

Agustín Breña Naranjo

En colaboraciones recientes se han abordado ciertas problemáticas que aquejan a nuestra sociedad, tales como la apropiación ilegal o el acaparamiento (legal, mas no ético) del agua.

En esta ocasión trataremos un tema que ha generado interés en el sector financiero pero que también ha causado controversia dentro de la comunidad hídrica: la cotización del precio futuro del agua (de California) dentro del mercado de derivados más grande del mundo, el Chicago Mercantile Exchange (CME), cuya razón de ser da entrada a la especulación de los precios de diferentes tipos de derivados existentes, tales como los metales preciosos, los hidrocarburos, los productos agrícolas y, más recientemente, el agua. El mecanismo de operación de estos mercados financieros es a través de "contratos a futuro", esto es, acuerdos de compra-venta que permiten a inversionistas, tanto individuales como institucionales, utilizar este instrumento para generar fluctuaciones a corto y mediano plazo con el único objetivo de obtener la mayor ganancia económica posible.

Si bien la existencia de este instrumento de inversión de futuros de agua (denominado Nasdaq Veles California Water Index) es incipiente y únicamente abarca los precios de los derechos de todas las aguas superficiales y cuatro acuíferos del estado de California, EUA, es necesario comprender las posibles consecuencias ambientales, así como los impactos socio-económicos que este instrumento financiero pudiese generar en la sociedad, principalmente en los sectores de la población más vulnerable, desde un contexto de seguridad hídrica y del derecho humano al agua.

Por un lado, existen opiniones a favor, las cuales justifican esta cotización del precio del agua bajo el argumento de que se trata de un instrumento financiero que ayuda a cubrir los precios del agua a los propietarios de títulos de concesión en California (principalmente agricultores) ante la creciente escasez hídrica derivada del crecimiento poblacional y el calentamiento global. De igual manera, los creadores de este índice de futuros de agua aseguran que no se puede llegar a influenciar el precio del índice de manera significativa, por parte de cualquier inversionista, ya que existen ciertos requisitos para poder participar en este mercado, como ser propietario de derechos de agua, así como especificar el uso que se le estaría dando a esta adquisición de derechos una vez que este contrato llegue a vencer. Finalmente, todos los contratos de compra-venta serán revisados por una agencia gubernamental de Estados Unidos.

No obstante, también se ha generado una cantidad importante de opiniones y comentarios de desconfianza y hasta de

Fecha de publicación:
7 de enero de 2021

La perspectiva de un inversionista o de alguna institución financiera está ligada al potencial de retorno de la inversión

Núm. 01, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021- 01



desaprobación. Algunas de ellas plantean la posibilidad de que esto sea en realidad una estrategia, por parte del poder financiero, para controlar los precios del agua y crear artificialmente una escasez que afecte todavía más a las poblaciones que viven en regiones con estrés hídrico permanente, o que se trate de un primer paso para la privatización masiva, a escala global, de este recurso.

Lo cierto es que, al día de hoy, existen más preguntas que respuestas. De ahí la necesidad de empezar a investigar cómo esta nueva actividad puede afectar la gestión y gobernanza del agua desde diferentes perspectivas, las cuales se enumeran a continuación:

1. Desde de un punto de vista hidrológico, la disponibilidad hídrica en cuencas y acuíferos es variable año con año y, bajo una lógica de libre mercado, como es el caso de California, la escasez física estaría asociada a un mayor precio del agua. Aunado a esto, los escenarios globales de cambio climático indican que, a finales de esta década, más de la mitad de la población estará viviendo en regiones con escasez hídrica, por lo que una inminente reducción en la disponibilidad de agua per cápita podría implicar una apreciación en el valor de este activo. Sin embargo, la variabilidad climática (los años lluviosos seguirán existiendo), así como una mayor eficiencia en el uso del agua, podrían romper esta probable tendencia alcista.

2. A pesar de contar con cierta regulación gubernamental, se desconoce si este mercado de precios a futuro pueda afectar, por ejemplo, los precios de ciertos productos agrícolas de California, principalmente aquellos con un alto uso consuntivo de agua, así como sus consecuencias en la seguridad alimentaria, el bienestar social y el aumento de la inflación. Cabe recordar que, a finales de la década pasada, la especulación en los precios de los productos agrícolas a corto plazo y del petróleo a mediano plazo provocaron una crisis alimentaria a nivel mundial sin precedentes. Con base en a esta experiencia, los especuladores estarían en la posibilidad de generar una nueva crisis alimentaria en aquellos países que permitan la cotización de precios de sus reservas de agua concesionadas en los mercados financieros mediante la manipulación en los precios de la energía o del agua.

3. Es importante señalar también que los mercados de agua legalmente constituidos (California, Chile, Australia, Sudáfrica) son escasos hasta la fecha y funcionan gracias al régimen jurídico prevaleciente. Esto limita la incorporación de nuevos índices de futuros de agua más allá de las regiones y países previamente mencionados. Por ejemplo, a diferencia del petróleo o de alguna materia prima, cuyos precios son definidos en mercados financieros globales, es muy poco probable que la comunidad internacional

permita la imposición de tarifas de agua uniformes por parte de los mercados internacionales. En caso de que hubiera la voluntad para lograrlos, se tendría que llegar a un consenso, por lo menos entre los países con las mayores reservas de agua en el mundo (una especie de OPEP hídrica), y posteriormente cada uno de estos países debería llevar a cabo las modificaciones necesarias a su marco jurídico para permitir a cualquier titular de derechos de agua comprarlos y venderlos. Si bien esto promovería una mayor transparencia en cuanto a la extracción y uso del agua, también implicaría cambios radicales en la planeación hídrica, en los instrumentos de gestión de agua (eficiencia física, tarifas, subsidios) y en los modelos de gobernanza actuales, con sus respectivos costos políticos y sociales.

4. Tomando en cuenta los puntos anteriores, la perspectiva de un inversionista o de alguna institución financiera está ligada al potencial de retorno de la inversión. Debido a esto, será interesante ver si los inversionistas consideran atractivo especular con los precios del agua tal como actualmente lo están haciendo con otros activos (p. ej. Bitcoin y otras criptomonedas) o si este precio seguiría un comportamiento parecido a otros recursos renovables (agricultura) o no renovables (oro, plata, petróleo), cuyos precios han seguido ciclos multianuales de precios bajos y altos en las últimas décadas. Otro aspecto importante a considerar es que, para los mercados financieros, la escasez física no siempre implica una apreciación en su valor, tal como se observó el año pasado cuando los precios a futuro del petróleo alcanzaron valores negativos.

Referencias

Delorit, J.D., Block, P.J., 2019. Using seasonal forecasts to inform water market-scale option contracts. J. Water Resour. Plann. Manage. 145 (5), 04019018. https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001068.

Endo, T., K. Kakinuma, S. Yoshikawa, and S. Kanae, 2018: Are water markets globally applicable? Environ. Res. Lett., 13, no. 3, 034032, doi:10.1088/1748-9326/aaac08.

O'Donnell, E. L., & Garrick, D. E. (2019). The diversity of water markets: Prospects and perils for the SDG agenda. WIREs: Water, 6(5), e1368.

Tadesse, G., Algieri, B., Kalkuhl, M. & von Braun, J. (2016). Drivers and triggers of international food price spikes and volatility. In Food Price Volatility and Its Implications for Food Security and Policy (pp. 59–82). Springer.

El agua virtual y la sustentabilidad hídrica en la agricultura

Adrián Pedrozo Acuña

En la última década, diversos investigadores han mostrado que la mayoría de las canastas agrícolas en el mundo dependen de un uso no sustentable del agua para la irrigación.

(Gleick and Palaniappan 2010, Konikow 2011, Gleeson et al 2012, Scanlon et al 2012, Kummu et al 2016, Mekonnen and Hoekstra 2016). Se denomina prácticas de riego no sustentable cuando el consumo de agua para este sector excede la disponibilidad de agua renovable de forma local. En estas condiciones la agricultura usa agua que debería estar destinada a los flujos ambientales, por lo que contribuye de manera directa a la degradación ambiental y el abatimiento de acuíferos (Rosa et al 2018a). Se ha contabilizado que cerca del 40% del agua mundial destinada para riego se usa a expensas de los flujos ambientales (Jägermeyr et al 2017) con efectos negativos sobre los habitats acuáticos, la biodiversidad riparia y servicios ecosistémicos (Dudgeon et al 2006, Richter et al 2012, Palmer and Ruhi 2019).

Más aún, en el mundo cerca del 20% del agua utilizada para riego se da a través de extracciones no renovables de acuíferos sobreexplotados (Wada et al 2012 Famiglietti 2014). Hoy día se reconoce que la dependencia de la producción de alimentos de un riego no sustentable, amenaza la seguridad alimentaria e hídrica de todo el mundo (Aeschbach-Hertig y Gleeson 2012, Turner et al 2019). De hecho, el problema se agrava cuando el nexo entre la producción agrícola que depende del riego y el consumo de alimentos, se da a través de interconexiones distantes que resultan de la globalización de la industria alimentaria y el agua por medio del comercio y las inversiones internacionales (D'Odorico et al 2018).

Cerca del 24% del agua mundial involucrada en la producción de alimentos a través de su huella hídrica (cantidad de agua utilizada en la producción de un bien), es transportada y comercializada en diferentes lugares del planeta por medio del comercio internacional (D'Odorico et al 2014). A esto se le conoce como agua virtual y representa la cantidad de agua que importan y exportan los países en los productos que comercializan de manera global. Existe un gran número de estudios que hoy día nos informan sobre la cantidad de agua virtual que se intercambia a través de los productos agrícolas (Hoekstra y Mekonnen 2012), pero pocos son los que se abocan a entender la dimensión global que tiene el uso del agua en regiones con conocida sobreexplotación.

La investigación relativa al agua virtual se ha enfocado en análisis cuantitativos de flujos de agua sin considerar los impactos ambientales de las transferencias de esa agua virtual y como el comercio internacional afecta la sustentabilidad de las prácticas de riego (Gawel y Bernsen 2013). Tanto de forma

Fecha de publicación:
20 de diciembre de 2020

En el mundo cerca del 20% del agua utilizada para riego se da a través de extracciones no renovables de acuíferos sobreexplotados.

Núm. 35, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-35



global (Dalin et al 2017) como en los Estados Unidos. existen estudios que evidencian que los intercambios de agua virtual han contribuido al abatimiento de acuíferos (Marston et al 2015). En contraste, para el caso del agua superficial poco se ha estudiado como el agua virtual contribuye a la pérdida de los flujos ambientales en los ríos. En general, no es del todo evidente hasta qué punto el consumo no sustentable del agua para riego contribuye a la muerte de ríos que a su vez sostienen la producción agrícola para la exportación. Sin embargo, hay pistas a lo largo y ancho del mundo, que indican que ha habido un uso del agua superficial por parte de la agricultura que degrada cuerpos de agua por la poca consideración para la conservación del medio ambiente (ej. Mar Aral, Lago Chad, etc.). La falta de atención a la dimensión de la sustentabilidad hídrica en las zonas de riego más importantes del mundo, ha redundado en hacer algo mal de una forma más eficiente y a costa de los ríos y acuíferos en lo local, motivados por la demanda internacional de productos agrícolas.

Estudios muy recientes indican que el 52% del uso de agua para riego es no sustentable, 15% es exportada de forma virtual, con un promedio de incremento del 18% entre los años 2000 y 2015. Cerca del 60% de las trasferencias de agua virtual se da a costa de un uso no sustentable de ríos y acuíferos y están dominados por exportaciones de algodón, caña de azúcar, frutas y vegetales. Un tercio del agua utilizada para riego en zonas con sobreexplotación de México, España, Turkmenistan, Sudáfrica, Marruecos y Australia está asociada con la demanda de los mercados de exportación. La globalización del agua a través del comercio contribuye al deterioro de ríos y acuíferos, cuestión que no se encuentra regulada por las políticas internacionales de comercio.

Por otro lado, este fin de año trajo consigo la noticia sobre la decisión del mercado de futuros de materias primas en Wall Street, de incluir al agua como un valor a cotizar similar al petróleo, lo que generó una gran polémica entre los que defienden que promoverá la eficiencia en su uso y los que la consideran un riesgo para la vida. Esta decisión establece un nuevo indicador NQH2O con influencia en la Bolsa norteamericana y con referencia a las cuencas hidrológicas del estado de California desde 2018. La idea central consiste en que las empresas puedan incluir dentro de sus activos los volúmenes de agua disponibles, influyendo con esto directamente su valor (a mayor volumen de agua en garantía, más valor de la empresa). La idea clave consiste en motivar a las empresas a lograr un uso más eficiente del agua que tienen en usufructo, para así poder disponer de los volúmenes ahorrados como activos dentro del mercado. De esta manera, se incrementa el valor de las empresas que hacen un uso eficiente del agua.

Con esta medida comercial se pierden una vez más, las dimensiones sociales de equidad y justicia en el manejo del agua. Necesitamos conducir una política hídrica que fomente la conservación y cuidado del agua, como ejes

para prevenir la recesión económica y la escasez hídrica. Es difícil pensar que las empresas por sí mismas, voltearán hacia el cuidado y conservación del agua a costa de sacrificar sus ganancias. El intento de mercantilización del agua representa una medida parcial que solo beneficia a las grandes empresas que pueden cotizar en la bolsa. Hemos visto que el comercio internacional ha incurrido en un peligroso fomento a la producción agrícola en regiones con sobreexplotación de ríos y acuíferos. Además, existen en todo el mundo un sinnúmero de conflictos sociales en torno al agua que indican que el mercado, las leyes y las regulaciones, han sido insuficientes para proteger tanto al agua, como sus funciones hidrológicas naturales que proveen salud ambiental y personal. Los promotores de esta decisión argumentan que la posibilidad de cotizar al agua motivará a las empresas a moverse a esquemas de ahorro de agua. Sin embargo, es justo reconocer que llevamos treinta años tratando de impulsar un uso eficiente del agua en la agricultura, sin un éxito real.

Por esta razón, requerimos evolucionar de un marco de trabajo puramente tecnocrático, a otro que incorpora a la sociedad como elemento fundamental para las decisiones, colocando a la vida y las personas en el centro. De esta manera, no podemos desligar a la justicia social de las conversaciones sobre productividad hídrica y eficiencia en el uso del agua. Fomentar que los beneficios del agua con su mercantilización se dirijan hacia aquellos productores o empresas que son capaces de acceder a una eficiencia más alta, de una forma más rápida, implica el sacrificio de pequeños agricultores en condiciones de alta vulnerabilidad, dado que estos son los que tienen menor capacidad económica y técnica para seguir el ritmo de la alta eficiencia y mayor producción.

En el IMTA estamos convencidos de que podemos avanzar hacia un desarrollo económico equitativo impulsado por la industria, pero necesitamos reconocer que el modelo de producción extractivo no es sustentable y está agotado, y que requerimos de la ética, tanto en el servicio público como en el quehacer comercial e industrial, de tal suerte que hacer lo correcto por el bien de todos se convierta en un impulso que motive nuestras acciones. Esto nos permitirá caminar como sociedad hacia un desarrollo económico equitativo, soportado por un uso sustentable e inteligente del agua. La humanidad ha demostrado capacidad transformativa a lo largo de la historia. Toca el turno al agua para movernos como beneficiarios hacia un uso que la conserve y la cuide como el elemento clave que da soporte a nuestra vida.

Referencias:

Aeschbach-Hertig W and Gleeson T 2012 Regional strategies for the accelerating global problem of groundwater depletion Nat. Geosci. 5 853

Dalin C, Wada Y, Kastner T and Puma M J 2017 Groundwater depletion embedded in international food trade Nature 543 700

D'Odorico P, Carr J A, Laio F, Ridolfi L and Vandoni S 2014 Feeding humanity through global food trade Earth's Future 2 458–69

D'Odorico P et al 2018 The global food-energy-water nexus Rev. Geophys. 56 456–531 Famiglietti J S 2014 The global groundwater crisis Nat. Clim. Change 4 945

Dudgeon D et al 2006 Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges Biol. Rev. 81 163–82

Gawel E and Bernsen K 2013 What is wrong with virtual water trading? On the limitations of the virtual water concept Environ. Plan. C31 168–81

Gleick P H y Palaniappan M 2010 Peak water limits to freshwater withdrawal and use Proc. Natl Acad. Sci. 107 11155– 62

Gleeson T, Wada Y, Bierkens M F and van Beek L P 2012 Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint Nature 488 197

Jägermeyr J, Pastor A, Biemans H and Gerten D 2017 Reconciling irrigated food production with environmental flows for sustainable development goals implementation Nat. Commun. 8 15900

Konikow L F 2011 Contribution of global groundwater depletion since 1900 to sea-level riseGeophys. Res. Lett. 38 L174010

Kummu M, Guillaume J H A, de Moel H, Eisner S, Flörke M, Porkka M, Siebert S, Veldkamp T I and Ward P J 2016 The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability Sci. Rep. 6 38495

Marston L, Konar M, Cai X and Troy T J 2015 Virtual groundwater transfers from overexploited aquifers in the United States Proc. Natl Acad. Sci. 112 8561–6

Mekonnen M M y Hoekstra A Y 2016 Four billion people facing severe water scarcity Sci. Adv. 2 e1500323

Palmer M and Ruhi A 2019 Linkages between flow regime, biota, and ecosystem processes: implications for river restoration Science 365 eaaw2087

Richter B 2014 Chasing Water: A Guide for Moving from Scarcity to Sustainability (Washington DC: Island Press) Rosa L, Rulli M C, Davis K F, Chiarelli D D, Passera C and D'Odorico P 2018a Closing the yield gap while ensuring water sustainability Environ. Res. Lett. 13 104002

Scanlon B R, Faunt C C, Longuevergne L, Reedy R C, Alley W M, McGuire V L and McMahon P B 2012 Groundwater depletion and sustainability of irrigation in the US high plains and central valley Proc. Natl Acad. Sci. 109 9320–5 Turner S W, Hejazi M, Calvin K, Kyle P and Kim S 2019 A pathway of global food supply adaptation in a world with increasingly constrained groundwater Sci. Total Environ. 673 165–76

Wada Y, Van Beek L P H and Bierkens M F 2012 Nonsustainable groundwater sustaining irrigation: a global assessment Water Resour. Res. 48 W00L06

Restauración de ríos, un paso hacia la sustentabilidad hídrica

Adrián Pedrozo Acuña

Las actividades de los seres humanos han ejercido una gran presión sobre los ríos, alterando su estado natural de forma dramática.

Fecha de publicación:
13 de diciembre de 2020

Las descargas no controladas de contaminantes disminuyen la calidad del agua y agotan el oxígeno que peces y demás especies acuáticas requieren para vivir (Palmer, 2005). La introducción de especies no nativas de forma accidental o intensional modifica las relaciones presa-depredador entre las comunidades nativas de estos ecosistemas, y la alteración del régimen natural de flujo por la presencia de represas tiene impactos sin precedentes en diversos cuerpos de agua de todo el mundo (Wohl, 2011). El término 'restauración de ríos' se utiliza para describir una variedad de modificaciones a los canales ribereños, las zonas riparias, las planicies de inundación, la calidad y cantidad del agua, los sedimentos y las descargas de los ríos (Bennett et al., 2001). Estas modificaciones comparten el objetivo de mejorar los procesos hidrológicos, geomórficos y ecológicos dentro de una cuenca degradada, de tal suerte que sea posible recuperar elementos perdidos o dañados del sistema natural (Wohl et al., 2005).

El término restauración de ríos' se utiliza para describir una variedad de modificaciones a los canales ribereños, las zonas riparias, las planicies de inundación, la calidad y cantidad del agua.

La decisión de restaurar un río se origina frecuentemente por un reclamo social cuando las comunidades ribereñas ven afectada su vida por la pérdida de los ecosistemas y los servicios que estos proporcionan, como la pesca comercial o de subsistencia, o cuando una especie acuática importante alcanza los límites de la extinción. La restauración del flujo requiere necesariamente un cambio en las prácticas de manejo de agua y territorio que tienen un efecto sobre el flujo del agua en el río. Esto puede incluir cambiar la cantidad de agua que se utiliza para algún uso, la forma en que el agua es controlada o almacenada en el río por las presas, e incluso cambiar diversas actividades económicas, como ciertas prácticas agrícolas o aprovechamientos forestales. Por si esto fuera poco, cabe mencionar que la determinación del equilibrio entre la salud de los ecosistemas acuáticos y las necesidades humanas es una actividad con un alto nivel de incertidumbre y representa una problemática común a todos los esfuerzos de restauración del mundo.

En años recientes, una forma práctica de enfrentar esta situación es aplicar el modelo de intervención conocido como gestión adaptativa (US EPA, 2000). Como su nombre lo indica, la gestión adaptativa incorpora cierto grado de flexibilidad y adaptación que también se conoce como "aprender haciendo". Con base en el conocimiento de ecología ribereña, los científicos trabajan de forma conjunta con ingenieros hidrólogos e hidráulicos para desarrollar experimentos de restauración de ríos, abocados a la recuperación de la salud ambiental de estos ecosistemas acuáticos. Esto involucra el monitoreo continuo del antes y después de la ejecución de los

Núm. 34, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-34



experimentos, para después, con base en los resultados y la evidencia, revisar las prescripciones de flujo definidas y, si es necesario, modificarlas para llevar el río hacia el estado de salud ecológica que se desea. Este es un proceso iterativo en el que la sociedad puede equilibrar sus necesidades hídricas con aquellas del medio ambiente y los ríos (USGS, 2002).

Muchas cuencas del mundo han generado programas de restauración de ríos con base en esta lógica iterativa; por ejemplo, el río Colorado (Getches), en el Gran Cañón; el río Trinidad, en California (Gillian y Brown, 1997), y el Kissimmee, en florida, EUA (Gillian y Brown), así como en el río Murray, en Australia (National Park Service).

Si bien cada uno de estos esfuerzos de restauración se encuentran en diferentes etapas de desarrollo y utilizan prácticas de gestión adaptativa de forma diferente, el proceso básico de evolución en cada caso es similar (figura 1).

Una de las actividades más importantes para definir claramente el programa de restauración es la definición de las metas ecológicas o ambientales que se desean alcanzar. Por ejemplo, la meta puede ser asegurar la subsistencia de una especie en particular o mejorar la salud integral del río. Una vez reconocidas estas metas ecológicas, se define el proceso de gestión adaptativa. En general, el primer paso consiste en definir, de la mano de la evidencia y los científicos, un modelo ecológico del ecosistema ribereño que permita ilustrar y evaluar los impactos que se esperan por la alteración del flujo (p. ej. de no flujo a pulsos o flujo base). Posteriormente se utilizan herramientas y métodos para definir el tipo de flujo en cantidad y calidad y su temporalidad, de tal suerte que sea posible alcanzar las metas. Finalmente se establece un sistema de monitoreo que permita dar seguimiento a las variaciones que resultan de la prescripción de flujo, para con ello determinar si tiene algún efecto en el cumplimiento de los objetivos planteados. Esto se hace a través de la respuesta a preguntas simples, como: ¿estamos recuperando suficientes miembros de la población de peces para sostener la presencia de la especie? o ¿está alcanzando el río el nivel de salud deseado? A medida que los tomadores de decisiones y los científicos evalúan el éxito de la prescripción del flujo para alcanzar las metas, se pueden incorporar cambios en una o más partes del modelo de gestión. Incluso es posible modificar algunas de las metas



Figura 1. *Gestión adaptativa de ríos.*

ecológicas, cambiar el modelo y revisar la prescripción del flujo, o bien se puede optar por diferentes estrategias para alcanzar los objetivos.

Un programa que utiliza como base un proceso de gestión adaptativa para la recuperación de ríos es el que se lleva a cabo para el río Roanoke, en Carolina del Norte, EUA, el cual constituye un ejemplo de cómo funciona el proceso. En este caso, una organización para la conservación del ambiente y la empresa, dueña de dos presas construidas en 1955 y 1963, dentro del marco de renovación de las licencias para su operación, se dio a la tarea de revisar y mitigar los impactos ambientales sobre el ecosistema. Estos impactos eran debidos a la operación de las presas y las consecuentes inundaciones generadas en la planicie en épocas del año en las que no se darían de forma natural. Los ecólogos abocados al estudio de este río habían notado que cada verano florecían pequeñas plántulas en el suelo del bosque, pero con la operación de las presas y los prolongados desfogues de agua, la persistente inundación generada de forma antrópica prevenía este proceso natural de renovación del bosque. Los ecólogos tenían ciertas hipótesis sobre el tirante de inundación que estas plántulas podrían soportar, pero con un alto grado de incertidumbre que no les permitía definir una política de operación que garantizara, por los próximos 30-50 años (tiempo que dura la licencia de operación), la renovación y subsistencia

del bosque. Sabían también que la empresa encargada de la operación de los embalses mostraría cierta resistencia a definir políticas de operación que cambiaran o disminuyeran sus ganancias económicas (p. ej. generación hidroeléctrica) sin tener, por otro lado, una garantía de la subsistencia y regeneración del bosque. Fue así que se llegó a la conclusión de definir una estrategia de gestión adaptativa.

En este sentido, los términos acordados entre la empresa generadora y los conservacionistas ambientales consistían en la reducción paulatina de inundaciones por la operación del embalse hasta un punto en el que el bosque alcanzara una taza de renovación sustentable. De forma específica, la empresa reduciría el desfogue de la presa en un 50 % durante los primeros cinco años de operación de esta nueva política, y continuaría con esta reducción a la mitad del flujo por los siguientes periodos de cinco años. Los ecólogos serían los encargados de monitorear la salud del bosque y su respuesta. Una vez alcanzadas las condiciones ecológicas deseadas se detendría la reducción de los desfogues.

Este tipo de metodología adaptativa propuesta para el río Roanoke posee diversos rasgos notables: los conservacionistas están seguros de que las condiciones ecológicas de salud deseadas serán alcanzadas, a pesar de que tomará un tiempo llegar a ese punto; por otro lado, la compañía de electricidad se asegura también de que los cambios impuestos en su política de operación no sobrepasarán lo que realmente sea necesario para alcanzar un equilibrio ecológico, en virtud de que se usan pasos de restauración definidos por periodos de cinco años. Adicionalmente, esos pasos permiten a la compañía desarrollar ajustes para compensar las pérdidas económicas por la reducción en la generación de energía eléctrica en este río.

De esta manera, la gestión adaptativa aquí presentada para la restauración de ríos se ofrece como una herramienta poderosa para la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, que ha iniciado un plan ambicioso para la recuperación de diversos ríos de nuestro país, entre los que destacan el río Atoyac, en Tlaxcala y Puebla; el Yaqui, en Sonora, y el Grijalva, en Tabasco, por mencionar solo algunos. En todos estos casos es evidente la necesidad de conocimiento de punta y modelos hidrológicos y ecológicos que nos permitan revisar los impactos de las medidas, o cambios en las políticas de operación de las presas, a fin de revisar la recuperación de la salud ambiental de los ríos y mantener los beneficios económicos que se derivan de la presencia de estos ecosistemas. Claramente, el conocimiento del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua será clave para que nuevas políticas de operación de embalses o las acciones puntuales en territorio tengan éxito en hacer del agua el elemento clave de bienestar ambiental y social y de desarrollo equitativo de todas y todos los mexicanos.

Referencias

Bennett, S. J., A. Simon, J. M. Castro, J. F. Atkinson, C. E. Bronner, S. S. Blersch, and A. J. Rabideau (2011), The evolving science of stream restoration, in Stream Restoration in Dynamic Fluvial Systems: Scientific Approaches, Analyses, and Tools, Geophys. Monogr. Ser., vol. 194, edited by A. Simon et al., pp. 1–8, AGU, Washington, D. C Getches, D.H., The metamorphosis of Western water policy: Have Federal Laws and local decisions eclipsed the State's role? Stanford Environmental law Journals 0(1):3-22.

Gillian D.M, Brown, T.C. 1997. Instream Flow prediction: seeking a balance in western water use, Washington DC, Inland Press.

National Park Service Organic Act of 1916, citado en Gillian y Brown Instream Flow Protection pág. 182 Palmer, M. A., et al. (2005), Standards for ecologically successful river restoration, J. Appl. Ecol., 42, 208–217. US EPA, 2000. New England Office, "Ensuring Adequate Instream Flows in New England", Boston.

US Geological Survey, 2002, Concepts for the national assessment of water availability and use, Reston, VA, USA. Wohl, E. (2011), What should these rivers look like? Historical range of variability and human impacts in the Colorado Front Range, USA, Earth Surf. Processes Landforms, 36, 1378–1390

Wohl, E., P. L. Angermeier, B. Bledsoe, G. M. Kondolf, L. MacDonnell, D. M. Merritt, M. A. Palmer, N. L. Poff, and D. Tarboton (2005), River restoration, Water Resour. Res., 41, W10301, doi:10.1029/2005WR003985.

Inundaciones y sociedad: interacción dinámica en espacio y tiempo

Adrián Pedrozo Acuña

Aquí nos referimos a la hipótesis común de suponer que los problemas hídricos tienen su origen en una crisis de gobernanza y en la noción de que la solución está dada por una gobernanza "buena" o "adaptativa".

Fecha de publicación:
29 de Noviembre de 2020

Aquí nos referimos a la hipótesis común de suponer que los problemas hídricos tienen su origen en una crisis de gobernanza y en la noción de que la solución está dada por una gobernanza "buena" o "adaptativa".

Las inundaciones representan una amenaza natural a las sociedades modernas de todo el mundo.

La planeación de medidas estructurales (p. ej. bordos, presas) y no estructurales (p. ej. ordenamiento territorial) para prevenirlas requiere de una evaluación del riesgo actual y futuro, que se define en términos de la combinación de la probabilidad de ocurrencia de eventos de tormenta (p. ej. lluvias o huracanes) y sus potenciales consecuencias adversas.

En las evaluaciones tradicionales de riesgo por inundación se consideran por separado los sistemas hídricos y humanos mediante la implementación no acoplada de modelos hidrológicos y metodologías socioeconómicas (Pappenberger et al., 2012; Winsemius et al., 2013). Por lo general, los estudios hidrológicos se enfocan en la probabilidad de ocurrencia de los eventos de inundación (amenaza), mientras que los estudios socioeconómicos evalúan las potenciales consecuencias adversas de la inundación a través de la identificación y cuantificación de la exposición, vulnerabilidad o resiliencia del sistema social, las cuales no son específicas a una amenaza en particular (Creutin et al., 2013, O´Keefe et al., 1976). Sin embargo, ambas componentes del riesgo están profundamente relacionadas. Los cambios en la amenaza o probabilidad de inundación tienden a detonar cambios en la vulnerabilidad (p. ej. falsa seguridad por la construcción de un bordo) y viceversa. Ninguno de los dos procesos, hidrológicos o sociales, son estáticos en el tiempo; ambos cambian e interaccionan modificándose uno a otro.

La figura 1 muestra un ejemplo de esta interrelación conocida en la literatura internacional como el "efecto del bordo". Muchos asentamientos humanos se ubican en planicies de inundación debido a la fertilidad del suelo, lo que hace propicio llevar a cabo actividades económicas relativas al comercio y la agricultura. El panel superior de la figura 1, ilustra una de las opciones más comunes para reducir el riesgo por inundación de una comunidad asentada en una planicie, p. ej. la construcción de un embalse o laguna de retención que sirva para almacenar agua y atenuar la inundación. Sin embargo, al paso de veinte o cincuenta años, y como resultado de esta intervención ingenieril, los residentes locales perciben de forma natural una disminución en el riesgo por inundación del asentamiento, por lo que se motivan inversiones y una expansión del área urbana (ver panel inferior). Por lo tanto, si miramos la dinámica del riesgo por inundación después

Núm. 32, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-32



de la construcción del embalse, observamos que en un primer momento se reduce la probabilidad de inundación y, por tanto, el riesgo, pero con el tiempo, este proceso de implementar medidas estructurales de control de inundaciones detona un incremento de consecuencias potencialmente adversas. En este sentido, en la arena internacional, algunos académicos indican que es probable que estemos frente a una paradoja global en el largo plazo que relaciona el incremento del riesgo de inundación con la construcción de obras o medidas estructurales de protección. El ejemplo de la figura 1 es solo esquemático, y demuestra las interacciones existentes entre las componentes sociales y físicas del riesgo por inundación. La dinámica real del riesgo por inundación que emerge de la compleja relación entre inundaciones y sociedad está también conformada por la experiencia real del paso de eventos extremos que, junto con la comunicación del riesgo, moldean la evolución de la percepción y conciencia del riesgo dentro de la sociedad (Buchecker et al., 2013; Otway y Wynne, 1989). Adicionalmente, estas consecuencias adversas no están distribuidas de forma equitativa entre todos los miembros de la sociedad. El riesgo por inundación está diferenciado según los grados de vulnerabilidad dentro de los asentamientos, frecuente y tristemente de acuerdo con las condiciones económicas e incluso étnicas (Downey, 1998). De hecho, la paradoja descrita por el "efecto del bordo" fue identificada en los años cuarenta por Gilbert F. White (White, 1963). A pesar de esto, actualmente carecemos de una buena comprensión de las interacciones entre sociedad e inundaciones, así como los mecanismos de retroalimentación asociados (Di Baldassarre et al., 2013; Sivapalan et al., 2013). Esto da como resultado una evidente falta de conocimiento para estimar con cierto grado de seguridad el riesgo asociado a inundaciones futuras en escalas temporales de veinte o cincuenta años. La falta de confiabilidad en las proyecciones son una preocupación seria, en virtud de que esta incertidumbre se puede convertir en un factor que incremente el riesgo por inundación en el futuro, limitando con ello el uso de medidas de planeación y ordenamiento territorial para su manejo.

Si nos referimos al ejemplo de nuestra figura, cuando se diseñan obras estructurales de retención o almacenamiento, los modelos hidrodinámicos más avanzados pueden evaluar la correspondiente reducción en la probabilidad de inundación al asentamiento. Sin embargo, todavía tenemos poco conocimiento sobre cómo esa reducción en la amenaza de inundación puede hacer sentir más seguras a las personas, y por lo tanto activar un incremento de las consecuencias potenciales. Tampoco podemos estimar cómo esto último dará como resultado la necesidad de construir más medidas de protección estructural. Por lo tanto, si bien hemos avanzado en el conocimiento de evaluaciones estáticas del riesgo por inundación, tenemos todavía una evidente carencia en los métodos para

la evaluación de las condiciones dinámicas que construyen el riesgo futuro por inundación. Esto es, requerimos un nuevo marco de trabajo para entender una realidad dominada por un ambiente en constante cambio y procesos de retroalimentación entre factores antropogénicos y naturales (sociohidrología).

Limitaciones del método para la evaluación del riesgo

Dentro del ámbito académico abocado a la investigación sobre la dinámica del riesgo por inundación se tienen identificadas tres limitaciones principales que han impedido que tengamos una comprensión completa de los procesos que afectan este dinamismo del riesgo asociado a eventos hidrometeorológicos extremos.

La primera de ellas se refiere a la visión tradicional y unidisciplinaria con la que se comenzó a estudiar este fenómeno, lo cual ha redundado en una visión fragmentada y parcial de la realidad. Los estudios unidisciplinarios, en esencia, ignoran o, en el mejor de los casos, asumen a otras disciplinas como forzamientos externos que afectan al objeto de estudio. Por esta razón, en la mayoría de los estudios de riesgo por inundación, las interacciones humanas son simplemente ignoradas. Si, por el contrario, los seres humanos y sus procesos sociales son considerados, por lo general se les toma en cuenta como una fuerza externa o una condición de frontera a la inherentemente natural planicie de inundación, sin representar los efectos de retroalimentación entre los procesos sociales e hidrológicos. En la actualidad, esto comienza a cambiar, pero todavía permanece como la corriente principal de pensamiento en el tema (Lane et al., 2011; Lane et al., 2013). En las ciencias sociales existe cierto progreso en el entendimiento de cómo las relaciones sociales se desenvuelven y organizan (Budds, 2009; Barnes y Alatout 2012).

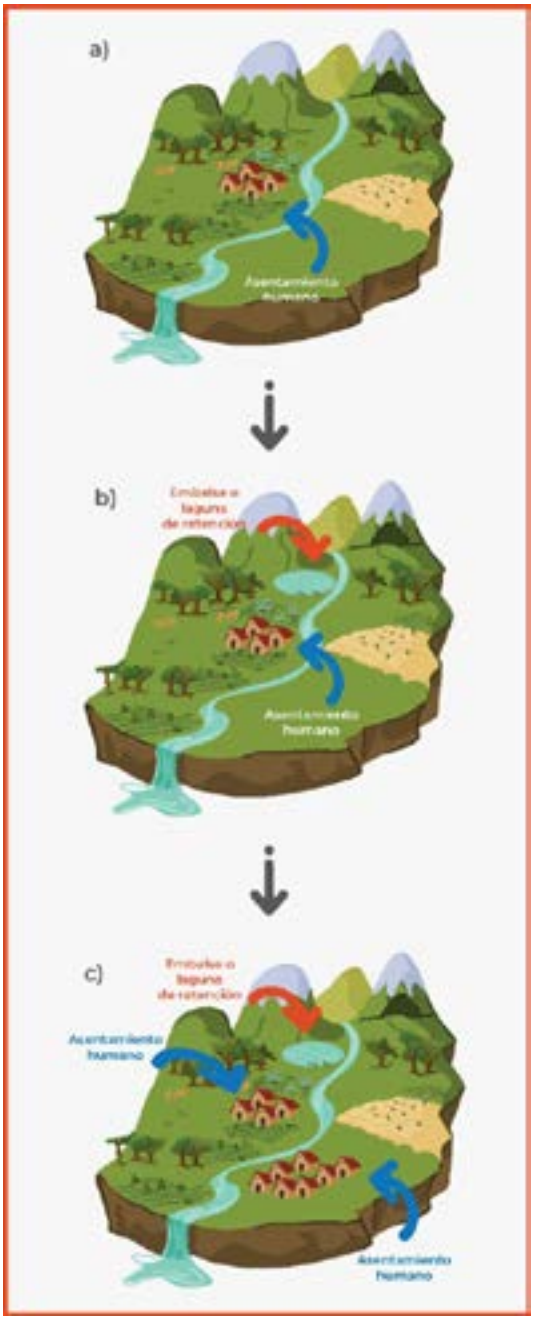
En los casos en los que la investigación toma una perspectiva multi o interdisciplinaria para entender la dinámica del riesgo por inundación, se identifica una segunda limitante respecto a los métodos predominantes para su atención, particularmente relativa a la postura normativa que se considera en la comprensión de las respuestas sociales ante el riesgo por inundación. Aquí nos referimos a la hipótesis común de suponer que los problemas hídricos tienen su origen en una crisis de gobernanza y en la noción de que la solución está dada por una gobernanza "buena" o "adaptativa". Por ejemplo, cuando encontramos asentamientos irregulares en las planicies de inundación se produce un incremento en el riesgo y se cree que la solución consiste simplemente en reforzar las reglas o leyes para no permitir este tipo de asentamientos humanos en zonas propensas a inundarse. Sin embargo, en este caso, se entiende a la gobernanza como una caja de herramientas técnicas y administrativas que pueden ser utilizadas en diferentes contextos para alcanzar un objetivo; por ejemplo, reforzar cierta política hídrica (Castro, 2007).

Este entendimiento coloca un velo sobre la postura normativa que nos indica qué es lo bueno y para quienes es buena una decisión, y representa una sobresimplificación de la complejidad de los procesos sociales. El resultado es que las políticas, por lo general, no siempre alcanzan los objetivos para las que fueron creadas, y casi siempre acarrean consecuencias no esperadas (Lowndes 2005; Mosse 2004). Por lo tanto, actualmente existe una tesis que argumenta que el futuro de la investigación sobre la dinámica del riesgo por inundación y su prevención requiere una comprensión más politizada de la gobernanza, para considerarla un proceso en el que proyectos alternativos, y frecuentemente contrapuestos, son debatidos y negociados a través de interacciones complejas entre actores y el ambiente socionatural (Castro, 2007).

La tercera limitación de las metodologías convencionales para investigar el riesgo por inundación se refiere a la conceptualización de uno de los principales objetos de estudio: los seres humanos. En la mayoría de estudios de inundación, las personas son consideradas como ignorantes a quienes se les debe generar cierta conciencia sobre los riesgos, y una vez informados, se presume que tomarán decisiones racionales en función de un balance entre costo y beneficio de una determinación. Esta conceptualización de las personas es reducida y simplista. El énfasis sobre la falta de información y las decisiones racionales soslaya las inequidades históricas y las difíciles condiciones sociales de los individuos, y da por sentado que los ciudadanos pueden actuar sin considerar su contexto social, económico y político (Elson 1995, Ahlers y Zvarteveen, 2009).

Por esta razón, se requiere una perspectiva científica en torno al agua que impulse la investigación transdisciplinaria de los

problemas y riesgos hídricos. Es evidente que existe una interacción entre los procesos sociales y el ciclo hidrológico. Una mejor interpretación de la interacción entre las inundaciones y las sociedades tiene el potencial de mejorar nuestro entendimiento sobre la variación espaciotemporal del riesgo por inundación, y este es el primer paso para caminar hacia la mejora de los planes que permitan atender la prevención de daños. Es precisamente a través de los grandes eventos de inundación que seguimos registrando en todo el mundo que se aprecia la urgente necesidad de integrar agua, territorio y personas; relacionar los procesos de interacción entre estos elementos nos ofrece un nuevo paradigma de estudio y generación de soluciones. Dada la magnitud de los impactos esperados bajo condiciones de un clima cambiante, más nos vale comenzar ahora.



Ejemplo esquemático *de la dinámica espaciotemporal del riesgo por inundación.*
A)Asentamientos humanos *en planicies de inundación.*
B)Embalses o *lagunas de retención construidas para atenuar las inundaciones y, por tanto, su probabilidad de ocurrencia.*
C) La *reducción en la probabilidad de ocurrencia por la construcción de la obra detona el desarrollo de asentamientos (formales o irregulares) en las planicies de inundación dada la sensación de seguridad de la obra.*

Referencias:

Ahlers R, Zwarteveen M. The water question in feminism: water control and gender inequities in a neo-liberal era. Gender Place Cult 2009, 16:409–426.

Barnes J, Alatout S. Water worlds: introduction to the special issue of social studies of science. Soc Stud Sci 2012, 42:483–488.

Budds J. Contested H2O: science, policy and politics in water resources management in Chile. Geoforum 2009, 40:418–430.

Buchecker M, Salvini G, Di Baldassarre G, Semenzin E, Maidl E, Marcomini A. The role of risk perception in making flood risk management more effective. Nat Hazards Earth Syst Sci 2013, 13:3013–3030. doi: 10.5194/nhess-13-3013- 2013

Castro JE. Water governance in the twentieth-first century. Ambiente Soc 2007, 10:97–118

Creutin JD, Borga M, Gruntfest E, Lutoff C, Zoccatelli D, Ruin I. A space and time framework for analyzing human anticipation of flash floods. J Hydrol 2013, 482:14–24.

Di Baldassarre G, Viglione A, Carr G, Kuil L, Salinas JL, Bloeschl G. Socio-hydrology: conceptualizing human-flood interactions. Hydrol Earth Syst Sci 2013,17:3295–3303. doi: 10.5194/hess-17-3295-2013.

Downey L. Environmental injustice: is race or income a better predictor? Soc Sci Q 1998, 79:766–778. Elson D. Gender awareness in modeling structural adjustment. World Dev 1995, 23:1851–1868.

Lane SN. Acting, predicting and intervening in a sociohydrological world. Hydrol Earth Syst Sci Discuss 2013,10:10659–10717. doi: 10.5194/hessd-10-10659-2013.

Lane SN, Odoni N, Landstrom C, Whatmore SJ, Ward N, Bradley S. Doing flood risk science differently: an experiment in radical scientific method. Trans Inst Br Geogr 2011, 36:15–26.

Lowndes V. Something old, something new, something borrowed. Policy Stud 2005, 26:291–309.

Mosse D. Is good policy unimplementable? Reflections on the ethnography of aid policy and practice. Dev Change 2004, 35:639–671.

O'Keefe P, Westgate K, Wisner B. Taking naturalness out of natural disasters. Nature 1976, 260:566–567. Otway H, Wynne B. Risk communication: paradigm and paradox. Risk Anal 1989, 9:2.

Pappenberger F, Dutra E, Wetterhall F, Cloke HL. Deriving global flood hazard maps of fluvial floods through a physical model cascade. Hydrol Earth Syst Sci 2012, 16:4143–4156.

Sivapalan M, Savenjie HG, Bloeschl G. Sociohydrology: a new science of people and water. Hydrol Proc 2013, 26:1270–1276.

White GF. Human Adjustments to Floods, Department of Geography Research, Paper no. 20, 29, Chicago, The University of Chicago, 1963

Winsemius HC, Van Beek LPH, Jongman B, Ward PJ, Bouwman A. A framework for global river flood risk assessments. Hydrol Earth Syst Sci 2013, 17:1871–1892.

La perspectiva del uso del agua subterránea

Adrián Pedrozo Acuña

Aprovechamiento del agua subterránea

Por ejemplo, se sabe que cerca del 60 % del agua que se utiliza en el sureste asiático para la producción de granos proviene de fuentes subterráneas. El rápido crecimiento en el uso de agua subterránea en estas y otras regiones del planeta ha sido un factor primordial en el incremento de producción de granos, transformando la producción y las estrategias de sustento de millones de pequeños productores que proveen de alimentos a los centros urbanos en pleno crecimiento.

La extracción de una mayor cantidad de agua subterránea motivada por este crecimiento económico ocasiona problemas asociados a la sustentabilidad y la calidad del agua. En India y China, por ejemplo, el abatimiento de los niveles freáticos es muy evidente y pone en cuestionamiento la forma en la que utilizamos y utilizaremos este recurso en el futuro. En otras regiones del mundo, como el Medio Oriente y el norte de África, el excesivo uso de agua subterránea ha incluso caído en el extremo de extraer agua fósil, la cual es considerada como no renovable dada la gran cantidad de tiempo necesaria para su renovación (miles de años). Por esta razón, cualquier uso de agua fósil debe hacerse bajo el amparo de una estrategia de desarrollo de largo plazo que considere los impactos que tendrá agotar estas fuentes de suministro en la seguridad de abasto de futuras generaciones. Además del uso de agua subterránea por el sector agrícola, las ciudades y la industria comprenden usuarios adicionales que compiten por esa agua, lo cual hace aún más complicado para pequeños agricultores y comunidades rurales asegurar sus fuentes de abastecimiento. Esto se debe a que el abatimiento de los niveles freáticos por una extracción inmoderada incrementa los costos de operación de los pozos, pues a mayor profundidad de extracción, mayor energía para aprovechar el agua. Por si esto fuera poco, la contaminación inducida por el uso de fertilizantes y nutrientes en el sector agrícola, así como los desechos de las industrias y ciudades por la falta de tratamiento de las descargas, degradan de manera continua el agua contenida en el subsuelo. Además, la alta velocidad a la que estamos extrayendo el agua subterránea tiene también un efecto sobre el gasto base de los ríos, que representa la conexión entre el agua subterránea y superficial, pues comprende la porción del agua subterránea que contribuye al agua que fluye por los ríos. Esto tiene un efecto innegable sobre los ecosistemas ribereños, y un efecto en cascada sobre las comunidades rurales que viven de ellos.

Si bien se reconoce que el problema de sobreexplotación de acuíferos es el más visible, es necesario que, en un contexto de desigualdad social y económica, hagamos también visible el vínculo entre el agua subterránea y su capacidad para generar bienestar y reducir la pobreza. Algunos países del África

Fecha de publicación:
27 de septiembre de 2020

En las últimas décadas, el aprovechamiento del agua subterránea ha desempeñado en todo el mundo un papel predominante en el desarrollo del sector agrícola.

Núm. 23, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-23



subsahariana y de Centroamérica nos han dado ejemplos de ello. Sin embargo, incluso en regiones comúnmente asociadas con la sobreexplotación existen áreas con poca utilización. Un ejemplo de lo anterior lo encontramos en la parte este de la India, donde casi no se ha desarrollado el uso de agua subterránea.

Los problemas de gestión del agua subterránea en el mundo en vías de desarrollo no son únicos por región. Sin embargo, en estos países, esta gestión sí pone sobre la mesa un conjunto de retos únicos asociados con este elemento. En contraste con el agua superficial, el agua subterránea no se ve, es "invisible" y, por lo tanto, esto hace más complicada su conceptualización y medición. Más aún, es muy importante que entendamos que las escalas de tiempo a las que fluye el agua en el subsuelo son mucho mayores a aquellas que se aprecian a simple vista en un río o en la lluvia, y que además existe un retraso temporal entre la incidencia de una tormenta y la recarga de un acuífero. Por ello, es mejor pensar la relación entre la lluvia, el almacenamiento del agua en los acuíferos y el uso de esta a través de las extracciones en escalas temporales, ya sea en términos de años, décadas o incluso siglos. Es posible afirmar que el agua subterránea es un recurso de acceso abierto. Un acuífero con niveles freáticos cerca de la superficie, ubicado debajo de varias granjas de pequeños productores, se convierte en una fuente de fácil acceso para cualquiera de ellos, quienes pueden extraer el agua con tecnología de bombeo relativamente barata. En muchos países densamente poblados, esto significa que la gestión del agua requiere la coordinación de cientos e incluso miles de usuarios, una característica que hace más complicada para todos, usuarios y gobierno, la coordinación y medición de los acuíferos.

Para hacer frente de manera exitosa a los retos relacionados con el agua subterránea es fundamental entender la física de su movimiento y medirla, pero también debemos entender la sociología de los usuarios del agua y la economía política de los sectores hídrico y agrícola. El reto es mayúsculo. Lo que se encuentra en juego es el futuro de nuestros hijos y nietos. En el IMTA estamos seguros de que el uso adecuado del agua es la llave de acceso para reducir la pobreza. Sin embargo, como vemos en todo el mundo, para hacer de esto una realidad es necesario revisar con detalle aquello que no ha funcionado o que ha resultado incompleto. En el caso del agua subterránea, una de las posibilidades señaladas ya desde hace tiempo por este Instituto es el reconocimiento de los acuíferos como unidades regionales de flujo, lo que implica una nueva delimitación de acuerdo con la hidrogeología local, es decir, con la realidad del subsuelo. Además, es urgente avanzar en la actualización de la metodología para el cálculo de la disponibilidad y recarga de estos sistemas, lo que nos permitirá caminar hacia la estabilización de acuíferos sobreexplotados y la conservación de aquellos en los que todavía existe disponibilidad.

Hacia una agricultura eficiente y sustentable

Adrián Pedrozo Acuña

La semana pasada establecimos en este blog a posibilidad que existe en todo el mundo de llevar el consumo de agua por la industria hacia una huella hídrica cero. En esta ocasión hablaremos del mayor consumidor de agua en el planeta: la agricultura.

Fecha de publicación:
13 de septiembre de 2020

El mayor consumidor de agua en el planeta: la agricultura.

En el sector agrícola no es posible aplicar el concepto de huella hídrica cero. La transpiración de las plantas es esencial para su crecimiento y para el proceso de fotosíntesis que realizan. Las estrategias de reducción de huella hídrica en la agricultura deben dirigirse, por tanto, a reducir el volumen de agua no productiva asociada con el proceso hidrológico, conocido como evapotranspiración (la suma de la evaporación y la transpiración de las plantas). Esto es posible mediante el uso de formas específicas de arado y abono de tierras (Jalota y Prihar, 1998; Nouri et al., 2019). Además, se debe considerar el uso de mejores prácticas agrícolas para incrementar los rendimientos de los cultivos por unidad de evapotranspiración. La mayoría de las veces, sobre todo en pequeños productores, los rendimientos de los cultivos suelen ser muy bajos, no como resultado del clima o del suelo, sino más bien por utilizar prácticas agrícolas rudimentarias (Molden, 2007).

La productividad hídrica se define como el cociente del rendimiento entre la evapotranspiración, y es posible incrementarla no solo reduciendo la evaporación, sino también incrementando los rendimientos. Existe un sinnúmero de medidas que un agricultor puede implementar para mejorar sus rendimientos, desde la mejora de la estructura del suelo y su fertilidad, hasta la selección de variedades de cultivos y patrones de siembra apropiados, lo cual requiere conocimiento detallado de la gestión agrícola y del contexto local. Por lo general no hay una solución única definitoria, sino que lo adecuado es la selección de una combinación de medidas para cada caso.

Parte de la estrategia que hemos seguido para incrementar los rendimientos agrícolas reside en el uso de sistemas de riego. Sin embargo, si estos no se diseñan y usan de forma adecuada, la evapotranspiración en los campos regados resulta mucho mayor que los rendimientos, lo que se traduce en una menor productividad hídrica. En el caso del trigo, por ejemplo, el rendimiento promedio global para zonas de riego es un tercio más grande que el de las zonas de temporal (que dependen del agua de lluvia). Sin embargo, la huella hídrica por tonelada de trigo en zonas de riego es ligeramente mayor que en zonas de temporal. Aparentemente, el riego puede dar lugar a una menor productividad hídrica, algo que suena totalmente contraintuitivo. Normalmente, la lluvia es irregular, mientras que el riego se aplica a propósito cuando se considera necesario. ¿Cómo es posible, entonces, que la productividad hídrica sea mayor en zonas de temporal que en zonas de riego? La razón

Núm. 21, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-21



de esto es que, con gran frecuencia, el riego no se realiza de forma óptima desde el punto de vista del consumo de agua.

La eficiencia en el riesgo versus la eficiencia en el uso del agua

Con frecuencia existe confusión entre los términos de eficiencia en el riego y la eficiencia en el uso del agua. Esto lleva a pensar que la eficiencia en el uso del agua aumenta si mejora la eficiencia en el riego. Sin embargo, este no es necesariamente el caso. El término de 'eficiencia en el riego' se refiere al porcentaje de agua extraída de un acuífero, río o lago que finalmente beneficiará a un cultivo (transpirado por la planta) (Perry, 2007). Este se define como el cociente de la transpiración del agua azul entre la cantidad total de agua utilizada en el riego (Zhuo y Hoekstra, 2017). Los ingenieros enfocan sus esfuerzos en aumentar la eficiencia del riego mediante la reducción de las pérdidas de agua en los canales de riego. Las pérdidas ocurren durante el almacenamiento, transporte, distribución y aplicación de la lámina de riego. La eficiencia promedio del sistema se define generalmente como la multiplicación de la eficiencia de conducción por la eficiencia de la aplicación de la lámina de riego. El primer término considera las pérdidas en todos los canales y conducciones hasta su aplicación en el campo y el segundo toma en cuenta la pérdida de agua posterior a la aplicación de la lámina de riego. En este sentido, la pérdida por conducción depende directamente de la longitud de los canales. Si los canales no están impermeabilizados, afecta el tipo de suelo y la permeabilidad de las márgenes, así como el estado físico de los canales y la temperatura de la región, que influye directamente en la evaporación. Típicamente, la eficiencia de conducción varía de 60 a 95 %, si los canales se encuentran en muy buenas condiciones (Brouwer el al., 1989). Es necesario mencionar que la falta de mantenimiento en esta infraestructura es capaz de reducir la eficiencia a la mitad. La eficiencia de aplicación en campo varía desde el 60 % (riego por surcos) o 75 % (riego por aspersión), hasta el 90 % (riego por goteo). El promedio de las eficiencias en los sistemas de riego varía entre el 20 y el 85 %, y en algunos casos puede ser hasta del 95 % si el agua es bombeada y distribuida a través de tuberías con un sistema optimizado de riego por goteo. De forma notable, el promedio global de la eficiencia en el riego se estima en el orden del 35 % (Wallace y Gregory, 2002). Las pérdidas de agua entre la conducción y el aprovechamiento del agua por la planta o cultivo se refieren a la evaporación no benéfica (que se presenta en los embalses, canales o en el campo mismo), la filtración (en cualquier etapa) y el escurrimiento en el extremo final de los campos de cultivo.

Es importante aclarar que no es lo mismo reducir las pérdidas en el riego que reducir la huella hídrica azul de la agricultura de riego (cantidad de agua utilizada por unidad de cultivo). Dado que el concepto de huella hídrica azul se refiere a la evapotranspiración, la reducción de la pérdida en el sistema de riego es equivalente a la reducción de la huella hídrica azul solo si se refiere a la reducción de las pérdidas por evaporación. Los flujos de filtración y escurrimiento permanecen activos dentro de la cuenca y pueden ser reutilizados. Desde una perspectiva de cuenca, estos flujos no son considerados como pérdida. La definición de 'pérdida' que utilizan los ingenieros que diseñan los sistemas de riego es diferente a la que utilizan los administradores de una cuenca, quienes están más preocupados por uso consuntivo del agua (huella hídrica azul) dentro de la misma. El término 'eficiencia en el uso de agua' (o productividad hídrica) se refiere a la relación entre el rendimiento de un cultivo y el consumo total de agua. En general, incrementar la eficiencia de un sistema de riego por medio de la reducción de las pérdidas no benéficas por evaporación ayuda a incrementar la eficiencia en el uso de agua. Sin embargo, incrementar la eficiencia del riego a través de la reducción de las pérdidas de infiltración no tendrá el mismo efecto. A pesar de la importante diferencia entre eficiencia de riego y eficiencia en el uso del agua, las técnicas más eficientes de riego y las estrategias de aplicación podrán también reducir considerablemente la huella hídrica azul. El uso de sistemas de riego por goteo, en lugar de sistemas de riego por aspersión o surcos, y el uso de agricultura de precisión para la aplicación de la lámina de riego tienen el potencial de reducir la evaporación sustancialmente, al mismo tiempo que se incrementan los rendimientos en los diferentes cultivos. Lo anterior, siempre y cuando los agricultores que logren una mejor eficiencia no quieran extender su superficie de cultivo.

Evaluacion comparativa de la huella hídrica en la agricultura

En todo el mundo, la comparación del consumo de agua por unidad de cultivo representa una herramienta poderosa para mejorar el uso del de los recursos hídricos en la agricultura (Mekonnen y Hoekstra, 2014). Por ejemplo, se sabe que el promedio mundial de huella hídrica consuntiva para el cultivo del trigo es de 1,620 l/kg, pero cerca del 20 % de la producción global de trigo se genera con huellas hídricas consuntivas de menos de 1,000 l/kg. Lo mismo ocurre en el caso del algodón, que tiene un consumo de agua promedio de 3,600 l/kg por semilla de algodón, y el 20 % de la producción de algodón más eficiente con una huella hídrica consuntiva de 1,820 l/kg o menos. Es posible realizar un análisis como este para otros cultivos y a diferentes escalas espaciales (regiones, países o estados). La variabilidad de las huellas hídricas para cada cultivo entre regiones, países y dentro de estos nos permite establecer un análisis comparativo que define referencias respecto al consumo eficiente del agua. Adicionalmente, nos permite identificar a aquellos productores que no utilizan el agua de la manera más racional, ubicando con ello las áreas de oportunidad para la mejora en el uso de este vital líquido. Esto habilita la posibilidad de definir umbrales en el consumo de agua por cultivo que sean considerados eficientes, por ejemplo, estableciendo que los productores no excedan en su producción la huella hídrica definida por el 10-30 % de los productores con valores menores (más eficientes). También se pueden definir de forma regional, de tal suerte que sea posible considerar las diferencias en las condiciones ambientales (clima y suelo) y de desarrollo económico de los productores. Inclusive, es posible hacer esta definición de forma global, en virtud de que para cada cultivo existe un nivel de productividad hídrica (huella hídrica) que puede ser alcanzado en cada sitio del mundo y que es adecuado para ese cultivo (Mekonnen y Hoekstra, 2014). Según Zhuo et al. (2016), si consideramos cualquier diferencia geográfica en los umbrales de huella hídrica, el factor más importante es el de la diferencia entre climas, como se demostró para el caso del trigo en China.

Otra manera de establecer los umbrales de huella hídrica por cultivo o para cualquier actividad que consuma agua es identificar la mejor tecnología disponible y tomar la huella hídrica asociada con esa tecnología como el umbral de consumo deseado (Chukalla et al., 2015). En el caso del campo, la agricultura de precisión y las técnicas de microirrigación son mucho más avanzadas que el uso de aspersores, así que se pueden utilizar como base para definir los umbrales de consumo por cultivo. Los ahorros de agua que se generen por el uso de mejores prácticas pueden ser enormes. Se sabe que, si redujéramos la huella hídrica consuntiva de los cultivos en todo el mundo, para que todos los productores tuvieran a un nivel similar al 10° percentil de aquellos que mejor usan el agua, el ahorro

de esta sería de un 52 % respecto al nivel actual de consumo. En el caso de huellas hídricas grises relativas al uso de nitrógeno en la producción de alimentos, si lleváramos el valor de la huella hídrica gris al nivel del 10° percentil de los productores que usan menos nitrógeno, la contaminación del agua se reduciría hasta en un 79 % (Mekonnen y Hoekstra, 2014).

El punto clave para países como el nuestro estriba en la gran desigualdad económica y disparidad social entre los pequeños y grandes agricultores, lo que necesariamente afecta su capacidad para acceder a la tecnología que puede permitir estos ahorros de agua. Por lo anterior, y por lo estratégico del agua, además de la necesidad de hacer un uso más eficiente se requiere de programas nacionales, como el de Producción para el bienestar, que estén respaldados por el mejor conocimiento disponible, el cual es generado por instituciones de investigación como el IMTA. Asimismo, además del apoyo económico que reciben estos pequeños productores, es necesario que se les brinde capacitación y tecnología de bajo costo que les permita acceder a los conocimientos y la tecnología que hagan posible estos ahorros en beneficio de toda la población mexicana.

Referencias:

Brouwer, C., Prins, K., Heibloem, M. (1989) Irrigation scheduling, Irrigation Water Management Training Manuel No. 4, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Chukalla, A.D., Krol, M.S., Hoekstra, A.Y., (2015) Green and blue water footprint reduction in irrigated agriculture: Effect of irrigation techniques, irrigation strategies and mulching. Hydrology and Earth System sciences, 19(12): 4877-4891.

Jalota S.K., Prohar, S.S. (1998) Reducing soil water evaporation with tillage and straw mulching, Iowa State University Press, Ames, IA, USA.

Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2014) Water Footprint benchmarks for crop production: A first global assessment. Ecological Indicators, 46: 214-223.

Molden, D. (ed) (2007) Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture. Routledge Earthscan, London, UK.

Nouri, H., Stokvis, B., Galindo, A., Blatchford, M., Hoekstra, A.Y. (2019) Water scarcity alleviation through water footprint reduction in agriculture: The effect of soil mulching and drip irrigation, Science of the Total Environment, 653:134-139.

Perry, C. (2007) Efficient irrigation; Inefficient communication; Flawed recommendations. Irrigation and Drainage, 56(4):367-378. Wallace, J.S.,

Gregory, P.J. (2002) Water resources and their use in food production systems. Aquatic Sciences, 64(4):363-375.

Zhuo, L., Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2016) The effect of inter-annual variability of consumption, production, trade and climate on crop related green and blue water footprints and inter-regional virtual water trade: A study for China – with a focus on crop production, consumption and trade. Environment International, 94:211-222.

Zhuo, L., Hoekstra, A.Y. (2017) The effect of different agricultural management practices on irrigation efficiency, water use efficiency and green and blue water footprint. Frontiers of Agricultural Science and Engineering, 4(2):285-294.

Huella hídrica cero en la industria: piedra angular para el desarrollo económico equitativo

Adrián Pedrozo Acuña

Fecha de publicación:
06 de septiembre de 2020

La demanda de agua para la producción de alimentos, bebidas, combustibles y textiles está colocando una enorme presión sobre este elemento en diversos lugares del mundo.

La demanda de agua para la producción de alimentos, bebidas, combustibles y textiles está colocando una enorme presión sobre este elemento en diversos lugares del mundo.

El incremento global de la demanda de agua y la observada sobreexplotación de ríos y acuíferos han dado lugar a una mayor escasez hídrica, recesión económica y conflictos sociales por el agua.

Este complicado panorama de alta competencia ha sido identificado por diversos autores como una evidencia más de la necesidad global de definir los umbrales locales de los usos del agua (huella hídrica) que varían en el tiempo, al igual que el ciclo hidrológico. Teniendo en mente la sustentabilidad ambiental del planeta, es vital caminar hacia la certeza de que la apropiación del agua para usos antrópicos permanezca dentro de los límites planetarios.

La demanda de agua para la producción de alimentos, bebidas, combustibles y textiles está colocando una enorme presión sobre este elemento en diversos lugares del mundo. Actualmente, 500 millones de personas viven en regiones del planeta que están afectadas durante todo el año por la escasez hídrica (Mekonnen y Hoekstra, 2016). La falta de agua limpia en cantidad suficiente está desacelerando el crecimiento económico (World Bank, 2016), mientras que la sobreexplotación de los sistemas hídricos tiene un efecto directo que se manifiesta en la reducción de biodiversidad y resiliencia de los ecosistemas acuáticos que proveen de funciones de soporte a la vida (Vörösmarty et al., 2016). Más aún, la escasez hídrica desempeña un papel prominente en diversos conflictos hídricos que se aprecian en territorios en los que hay evidencia clara de agitación social (Gleick 2019, Kundzewickz y Kowalcczak, 2009).

Las proyecciones a futuro anticipan un crecimiento sustancial de la demanda de agua a escala global (Greve et al., 2018). En algunos casos, escenarios alarmantes anticipan, para 2050, que la mitad de la población mundial vivirá en lugares con insuficiente tierra y agua para satisfacer las necesidades de producción alimentaria (Foley et al., 2011; Ibarrola-Rivas et al., 2017). Por ello, una de las grandes preocupaciones se cierne sobre la incertidumbre de poseer agua suficiente, disponible para llevar a cabo la transición energética definida por la Agencia Internacional de Energía, en particular la que se refiere a los límites de producción de bioenergéticos que demandan agua (Holmatov et al., 2019).

Como se mencionó en el blog Perspectivas de la semana pasada, el tema clave consiste en reconocer que en muchos lugares del planeta estamos sobrepasando los límites sustentables de uso de agua, lo que necesariamente restringe

Núm. 20, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-20



alcanzar las metas de desarrollo sustentable de las Naciones Unidas, y no solo aquellas directamente relacionadas con el agua, establecidas en el objetivo 6, en virtud de que el agua es fundamental para habilitar el cumplimiento de otros objetivos (Jägermeyr et al., 2017).

Por una industria con huella hídrica cero

La transición hídrica por la vida requiere un cambio en nuestras formas de ver y utilizar el agua. En el caso del uso industrial, un usuario cualquiera puede incrementar su eficiencia hídrica al producir la misma cantidad con menos agua o al producir más con el mismo volumen. En ambos casos, la huella hídrica por unidad de producto disminuye. Por lo general, la industria se enfoca en la reducción del consumo de agua en un nivel de producción, perdiendo de vista que es posible dirigirse hacia una huella hídrica cero en sus operaciones. Por ejemplo, la huella hídrica azul (uso de agua proveniente de ríos y acuíferos) puede reducirse a cero a través de la eliminación de las pérdidas por evaporación. Cuando toda el agua extraída se regresa a la cuenca (en buena calidad) o es reutilizada, la industria en automático cancela su huella hídrica azul. Por otro lado, es posible también anular la huella hídrica gris de una industria al evitar la contaminación difusa y al asegurar que sus efluentes sean tratados dentro del perímetro de la industria de una forma adecuada. De esta manera, cualquier concentración de algún químico utilizado en un proceso industrial estará por debajo o igual a su concentración en el agua originalmente extraída y utilizada en el proceso. Adicionalmente, la contaminación térmica también puede ser eliminada a través de la recaptura del calor de los efluentes antes de su descarga a un cuerpo de agua o drenaje.

Esta idea de huella hídrica cero en la industria se denomina también economía circular, en la que los recursos no son desperdiciados, sino reutilizados o reciclados. Por lo tanto, la contaminación no encaja en la idea de la economía circular, en virtud de que los medios de contaminación, es decir, los químicos utilizados en la industria —que tienen un alto costo económico— son dispersados en el ambiente en lugar de ser capturados y reutilizados. El concepto de huella hídrica azul para la industria tampoco es compatible con el de economía circular, porque esto significa que el uso consuntivo de agua dentro de una industria trabaja con un ciclo de agua abierto, consumiendo agua de calidad a costa de condiciones hidrológicas cambiantes que definen un futuro de precariedad hídrica.

Existe solo una excepción en la que las industrias tienen que ir más allá del concepto de huella hídrica cero, y esto es cuando sus productos necesitan agua incorporada en sí mismos además de la necesaria en el proceso de producción. Este es justamente el caso de la industria de bebidas, que requieren del agua como un ingrediente.

Probablemente, muchas plantas embotelladoras de agua o bebidas azucaradas del mundo cuentan ya con una huella hídrica operacional que no sobrepasa el agua incorporada en las botellas. Un ejemplo de lo anterior se encuentra en los Países Bajos, en la planta embotelladora de Coca-Cola

(TCCC y TNC, 2010). En este sentido, conviene distinguir que no es lo mismo la huella hídrica nula que el no uso de agua. La esencia de la definición y determinación de la huella hídrica orbita alrededor del uso consuntivo de agua y su contaminación. El uso de agua en sí mismo no es un problema, siempre y cuando el agua que es extraída sea regresada al ambiente de donde proviene, con al menos la misma calidad con la que fue extraída. Esto ocurre justamente en el caso de un reciclado completo de agua dentro de una industria, en la que toda el agua requerida viene de su propio efluente o descarga. Tecnológicamente, no existen obstáculos para movernos hacia una huella hídrica cero en todas las industrias (solo permitiendo el uso consuntivo del agua para la incorporación de la misma en los productos).

Podemos avanzar hacia un desarrollo económico impulsado por la industria que utilice el agua como un insumo, pero necesitamos reconocer que, para ello, uno de los grandes retos consiste en mover la voluntad y el dinero de aquellos usuarios industriales para dirigirse hacia una huella hídrica cero. Por un lado, esto depende, desde luego, de un marco jurídico y normas que lo fomenten, y que podemos ir diseñando de forma participativa de la mano del mejor conocimiento disponible. Por otro, debemos también reconocer dos cosas: 1, que el modelo de producción extractivo no es sustentable y está agotado (solo veamos el número de conflictos por el agua en el mundo) y 2, que requerimos de la ética tanto en el servicio público como en el quehacer industrial, de tal suerte que hacer lo correcto por el bien de todos se convierta en un impulso que motive nuestras acciones, independientemente del sector donde estemos. Esto nos permitirá caminar como sociedad hacia un desarrollo económico equitativo, soportado por un uso sustentable e inteligente del agua. La humanidad ha demostrado capacidad transformativa a lo largo de la historia. Toca el turno al agua para movernos como beneficiarios hacia un uso que la conserve y la cuide como el elemento clave que da soporte a nuestra vida.

Referencias:

Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., et al. (2011). Solutions for a cultivated planet. Nature, 478, 337.

Gleick, P. H. (2019). Water as a weapon and casualty of armed conflict: A review of recent water-related violence in Iraq, Syria, and Yemen. Wiley Interdisciplinary Reviews Water, 6(4), e1351.

Greve, P., Kahil, T., Mochizuki, J., Schinko, T., Satoh, Y., Burek, P., et al. (2018). Global assessment of water challenges under uncertainty in water scarcity projections. Nature Sustainability, 1(9), 486–494

Holmatov, B., Hoekstra, A. Y., & Krol, M. S. (2019). Land, water and carbon footprints of circular bioenergy production systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 111, 224–235.

Ibarrola-Rivas, M. J., Granados-Ramírez, R., & Nonhebel, S. (2017). Is the available cropland and water enough for food demand? A global perspective of the land-water-food nexus. Advances in Water Resources, 110, 476–483.

Jägermeyr, J., Pastor, A., Biemans, H., & Gerten, D. (2017). Reconciling irrigated food production with environmental flows for Sustainable Development Goals implementation. Nature Communications, 8, 15900.

Kundzewicz, Z. W., & Kowalczak, P. (2009). The potential for water conflict is on the increase. Nature, 459, 31.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. Science Advances, 2(2), e1500323. https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323

TCCC, TNC (2010) Product Water Footprint assessments: Practical application in corporate water stewardship, The Coca-Cola Company, Atlanta, GA, USA and The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.

Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., et al. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. Nature, 467(7315), 555–561. https://doi.org/10.1038/nature09440

World Bank (2016). High and dry: Climate change, water, and the economy. Washington, DC: World Bank.

PERSPECTIVAS IMTA
Núm. 18, 2020
Autor: Agustín Breña Naranjo
DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020- 18

Autor:

Fecha de publicación:
24 de agosto de 2020

Sociohidrología: el paradigma multidisciplinario de las ciencias hídricas para el siglo XXI

Agustín Breña Naranjo

Fecha de publicación:
06 de septiembre de 2020

Tradicionalmente, la planeación y gestión de los recursos hídricos se han organizado alrededor de cuatro componentes (Loucks et al., 2005):.

Planeación y gestión de los recursos hídricos.

1) los recursos naturales que involucran las aguas superficiales y subterráneas; 2) la infraestructura hidráulica asociada a estos recursos naturales, como son los canales, las presas, los pozos y las plantas de bombeo, entre otros; 3) el componente socioeconómico relacionado con el uso consuntivo y su atribución a las actividades humanas, y 4) el sistema institucional de administración, legislación y regulación del agua.

No obstante, en la comunidad científica se ha impulsado cada vez más en los últimos años la idea de trabajar de manera multidisciplinaria para una mejor toma de decisiones en el sector hídrico. Por ejemplo, los aspectos físicos del ciclo hidrológico dominaron la mayor parte de la investigación en hidrología la última mitad del siglo XX. Posteriormente, a principios de este siglo, la investigación de frontera se enfocó hacia el estudio de los aspectos biofísicos y biogeoquímicos del ciclo hidrológico. Probablemente este fue el primer ejemplo de colaboración multidisciplinaria, en el que dos ciencias tradicionalmente separadas —la hidrología y la ecología— dieron luz a lo que se conoce actualmente como ecohidrología (Rodriguez-Iturbe, 2000).

Si bien el involucramiento de nuevas ciencias y disciplinas en el estudio del ciclo hidrológico ha sido notable en las últimas dos décadas, en este mismo lapso de tiempo los problemas hídricos se han vuelto más complejos, debido a la velocidad a la que el ser humano está modificando las diferentes interfaces del ciclo hidrológico (Wagener et al., 2009) y sus consecuencias van desde la escala local hasta el ámbito global. Esta nueva complejidad se sincroniza con un cambio gradual en los valores y preferencias de la sociedad y se ha visto reflejada en grandes proyectos de infraestructura hídrica o en concesiones a grandes usuarios de agua. Por ejemplo, durante el siglo pasado, los grandes proyectos, como los hidroeléctricos o los agroindustriales, tenían un solo objetivo: el de asegurar el abastecimiento de agua con la suficiente cantidad y calidad para garantizar la operación del proyecto. Sin embargo, a nivel

Núm. 18, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-18



global, otros objetivos, como los ecológicos y sociales, se fueron incorporando poco a poco a los objetivos de estos proyectos (Gleick, 2000) y surgió la necesidad de extender los horizontes en la planeación y gestión de dichos proyectos hacia el largo plazo (Loucks, 2000). Más recientemente, ejemplos reales sobre la descentralización de las políticas hídricas y su respectiva toma de decisiones para darle un mayor peso a la participación comunitaria han dado lugar a nuevos modelos de gobernanza hídrica (Carr et al., 2012). Las interacciones entre la sociedad y el agua han existido desde la antigüedad (Dunning et al., 2012); no obstante, estas han evolucionado a lo largo de los siglos y han dado lugar a fenómenos emergentes de tipo sociohidrológico, los cuales han sido clasificados de acuerdo con las preferencias y objetivos que la sociedad valora más. Sivapalan y Blöschl (2015) han propuesto una clasificación sociohidrológica en función de la capacidad de una sociedad de cambiar sus valores o preferencias con respecto al uso y gestión de los recursos hídricos en el tiempo, así como de las diferencias espaciales que surgen entre los actores involucrados. A continuación se enumeran algunos ejemplos dentro de cada categoría, así como sus respectivos riesgos:
Sistemas sociohídricos en los que no se implementan cambios ni surgen diferencias en sus valores/preferencias a través del tiempo y del espacio, respectivamente: riesgo de colapso del sistema (p. ej. mar Aral, lago Chad) y abatimiento de acuíferos (sistemas agrícolas en regiones áridas).

Sistemas sociohídricos en los que no se implementan cambios, pero sí surgen diferencias en sus valores/preferencias a través del tiempo y del espacio, respectivamente: conflictos entre usuarios aguas arriba y aguas abajo, trasvases entre cuencas hidrológicas para cumplir con los objetivos del receptor a costa de los objetivos del donador, y políticas de operación en proyectos hidroeléctricos donde se minimiza la producción eléctrica a corto plazo, pero se reduce el riesgo de inundación a largo plaza aguas abajo.

Sistemas sociohídricos en los que sí se implementan cambios, pero no surgen diferencias en sus valores/preferencias a través del tiempo y del espacio, respectivamente: restauración de corredores fluviales mediante la remoción de obras hidráulicas e implementación de estrategias de saneamiento, y aumento de la huella hídrica agrícola (a pesar de un incremento en la eficiencia de riego) como resultado de una mayor superficie de riego incentivada por cambios tecnológicos y objetivos económicos.

Sistemas socio-hídricos en los que sí se implementan cambios y surgen también diferencias en sus valores/preferencias a través del tiempo y del espacio, respectivamente: comercio de agua virtual (transferencia de productos agrícolas desde países de Sudamérica hacia Asia dentro de un contexto de seguridad alimentaria a largo plazo) e hipoxia en zonas

costeras (agricultura intensiva a gran escala, pero degradación ambiental a largo plazo en aguas oceánicas).

Claramente, la sociohidrología, el nuevo paradigma que describe las interacciones entre los procesos hídricos y sociales, así como sus consecuencias y retos a corto y largo plazos (provocados por fenómenos rápidos y lentos, respectivamente), explica muchas de las problemáticas más apremiantes que la humanidad enfrenta en términos de sustentabilidad: conflictos por el agua entre usuarios (y a veces entre naciones); dependencia alimentaria (pero también estrés hídrico en ciertas zonas agrícolas); apropiación hídrica por parte de las élites (a costa de la inseguridad hídrica para el resto de los usuarios, incluyendo a los ecosistemas); trasvases hídricos a gran escala, y expansión de la frontera agrícola provocada (paradoja de eficiencia).

Como parte de la transformación del sector ambiental, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua se encuentra apoyando al resto del gobierno federal en la búsqueda de soluciones a problemas socioambientales con la ayuda de equipos de especialistas multidisciplinarios y estrategias de acción que consideran al agua como un recurso fundamental para el desarrollo social, cultural y económico de nuestra nación.

Bibliografía

Carr, G., G. Blöschl, and D. P. Loucks (2012), Evaluating participation in water resource management: A review, Water Resour. Res., 48, W11401, doi:10.1029/2011WR011662.

Dunning, N. P., T. P. Beach, and S. Luzzadder-Beach (2012), Kax and Kol: Collapse and resilience in lowland Maya civilization, Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 109, 3652–3657.

Gleick, P. H. (2000), A look at twenty-first century water resources development, Water Int., 25(1), 127–138. Loucks, D. P. (2000), Sustainable water resources management, Water Int., 25(1), 3–10.

Loucks, D. P., E. Van Beek, J. R. Stedinger, J. P. Dijkman, and M. T. Villars (2005), Water Resources Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models and Applications, 680 pp., UNESCO, Paris.

Rodriguez-Iturbe, I. (2000). Ecohydrology: A hydrologic perspective of climate-soil-vegetation dynamics. Water Resources Research, 36(1), 3–9.

Sivapalan, M., and G. Blöschl (2015), Time scale interactions and the coevolution of humans and water, Water Resour. Res., 51, doi:10.1002/ 2015WR017896.

Wagener, T., M. Sivapalan, P. A. Troch, B. L. McGlynn, C. J. Harman, H. V. Gupta, P. Kumar, P. S. C. Rao, N. B. Basu, and

J. S. Wilson (2010), The future of hydrology: An evolving science for a changing world, Water Resour. Res., 46, W05301, doi:10.1029/2009WR008906.

Evolución del enfoque: De región geográfica a una perspectiva de producción responsable

Adrián Pedrozo Acuña

En las últimas semanas, el espacio de Perspectivas IMTA ha introducido la discusión sobre la importancia de cuantificar las huellas hídricas azul, verde y gris dentro de las áreas definidas geográficamente, que pueden ser cuencas, subcuencas o acuíferos.

Fecha de publicación:
09 de agosto de 2020

El concepto de sustentabilidad es aplicable a una escala sistémica.

En ese contexto, las huellas hídricas azul y verde se contrastan con sus respectivas disponibilidades, mientras que la huella hídrica gris se contrasta con el volumen de agua disponible para asimilar un contaminante dado. Estas comparaciones permiten identificar regiones críticas (cuencas, subcuencas y acuíferos), donde el uso del agua azul, verde y gris no es sustentable, lo que a su vez nos otorga la posibilidad de anticipar impactos o conflictos socioambientales y económicos que resultan de una evidente sobreexplotación del agua en esas zonas. Con creciente frecuencia nos interesa saber si una forma específica de producción o consumo de bienes es sustentable o no, de tal manera que podamos ajustar los patrones de consumo y producción hacia orientaciones que nos permitan conservar nuestro medio ambiente y sus recursos naturales.

Estrictamente hablando, no es posible caracterizar ciertos procesos de producción, productos o patrones individuales de consumo como sustentables o no. Esto se debe a que el concepto de sustentabilidad es aplicable a una escala sistémica. Para poder decir algo sobre la sustentabilidad es necesario observar el efecto agregado de todas las huellas hídricas en un área dada, y compararlas respecto a la capacidad de carga del sistema hídrico de esa misma región. A pesar de esto, es posible discutir sobre la sustentabilidad de la producción y el consumo a través de una mirada exploratoria hacia su contribución respecto a la sustentabilidad regional. De esta manera, podemos decir que si un producto creado o consumido tiene su origen en una cuenca en la que ríos o acuíferos están sobreexplotados, este producto contribuye justamente a la no sustentabilidad. O si no consideramos su origen, podemos decir que los productos que son inherentemente muy demandantes de agua en su producción contribuyen de manera agregada a la demanda global de agua y, de esta forma, también a los problemas de escasez que ya se viven.

¿Qué es una producción sustentable?

Los productos que se crean en zonas de sobreexplotación y que consumen o contaminan cantidades sustanciales de agua contribuyen a exacerbar las condiciones de no sustentabilidad y por ende pueden ser denominados como no sustentables. Por ello, surge la tentación de categorizar los

Núm. 16, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-16



productos en dos clases: en no sustentables a aquellos que son producidos completa o parcialmente en áreas en las que los umbrales de sustentabilidad para las huellas hídricas han sido excedidos, y en sustentables a aquellos que son completamente producidos en áreas geográficas donde estos niveles no han sido rebasados. Esta última categoría suele ser no muy clara. Para ejemplificar lo anterior, supongamos que tenemos dos cuencas hipotéticas (A y B), que tienen la misma superficie. La cuenca A es relativamente árida y cuenta en un año con 50 unidades de agua disponibles, valor que define su umbral máximo para uso sustentable del agua. Sin embargo, el nivel de consumo es de 100 unidades de agua para producir 100 unidades de cultivo. Por otro lado, la cuenca B tiene más agua disponible: 250 unidades al año, pero es menos eficiente en su uso. Los agricultores de esta segunda cuenca consumen 200 unidades de agua para producir 100 unidades de cultivo, la misma cantidad de producción que en la cuenca A, pero utilizando el doble de agua por unidad de cultivo. Un análisis geográfico muestra que en la cuenca B la huella hídrica (200) está por debajo del umbral máximo de uso sustentable (250), por lo que es sustentable el uso del agua de forma local en esa región. En contraste, en la cuenca A, la huella hídrica

(100) excede por mucho el nivel máximo de uso sustentable (50) lo que naturalmente cataloga el uso de agua en esta cuenca A como no sustentable. La pregunta clave es: ¿Deberíamos de categorizar los cultivos que se originan en la cuenca A como no sustentables y los que se originan en la cuenca B como sustentables? Desde una perspectiva geográfica, la respuesta a esta interrogante es afirmativa. En la cuenca A es necesario reducir la huella hídrica para la producción de cultivos. Sin embargo, desde una perspectiva de producción, es evidente que la huella hídrica por unidad de cultivo en la cuenca B es dos veces mayor a aquella registrada en la cuenca A. Si los agricultores de la cuenca B utilizaran el agua de una forma más eficiente y alcanzaran los niveles de producción de la cuenca A, producirían el doble de unidades de cultivo sin incrementar la huella hídrica del cultivo en la cuenca. Bien podría ser que los agricultores en la cuenca A ya no pudieran incrementar su productividad hídrica, con lo que —si el objetivo es mantener la producción global del cultivo en el mismo nivel— la única solución sería reducir la huella hídrica del cultivo en la cuenca A a un nivel sustentable, a través de la reducción de la producción en esta cuenca en 50 %. Al mismo

tiempo, se debería incrementar la producción de la cuenca B por medio de la mejora de la productividad hídrica (reducir la huella hídrica). Si la cuenca B lograra alcanzar niveles de productividad similares a los de la cuenca A, las dos cuencas de forma conjunta incrementarían la producción global, al mismo tiempo que se reduciría a la mitad la huella hídrica de la cuenca A y se mantendría el mismo consumo de agua en la cuenca B.

Desafortunadamente, este ejemplo no es sólo un ejemplo teórico. En el mundo real se tienen registradas un gran número de regiones semiáridas en las que el agua es relativamente usada de forma eficiente en la producción, pero su origen está asociado a acuíferos o ríos completamente sobreexplotados. Por otro lado, existen muchas regiones húmedas donde el agua abunda y en las que no se tiene registrada la sobreexplotación del agua, pero que gozan de una productividad hídrica muy baja. Desde una perspectiva geográfica, los puntos frágiles en el sistema se ubican en las regiones identificadas con sobreexplotación de ríos y acuíferos, donde la huella hídrica total es muy alta, mientras que, desde una perspectiva de producción, los puntos débiles del sistema se ubican en regiones con baja productividad hídrica, donde la huella hídrica por unidad de producción es innecesariamente grande. Para dirigir el sistema hacia una dirección sustentable se requiere que ocurran dos cosas de forma simultánea: por un lado, necesitamos reducir la huella hídrica total en aquellas áreas geográficas en las que los niveles de sustentabilidad han sido rebasados y, por otro, tenemos que reducir las huellas hídricas por unidad de producción en aquellas regiones en las que esto se pueda lograr de manera más sencilla. Desde una perspectiva global, se acepta que la sustentabilidad requiere que los niveles máximos de huella hídrica para todas las áreas geográficas individuales sean definidos y respetados. Para ello necesitamos mejorar las eficiencias de uso de agua en todo el mundo, cuando sea posible, incluso en regiones donde el agua es abundante.

Ahora bien, antes de embarcarnos en la ruta planteada por la perspectiva global, vale la pena preguntarnos: ¿Por qué hay regiones del mundo en las que hemos rebasado los límites de la sustentabilidad hídrica a costa una mayor producción agrícola? ¿A qué se deben estas diferencias de capacidad técnica entre los agricultores hipotéticos de nuestras cuencas A y B? Los conceptos técnicos de eficiencia en el uso del agua y productividad agrícola deben estar siempre acompañados de un lente local que permita evaluar a la luz de los beneficios que quedan en las personas que habitan en el territorio y viven de lo que en él se produce. En virtud de que ambos conceptos técnicos no son socialmente neutros (Roa-García, 2014). Por lo general, una mayor eficiencia en el uso del agua está asociada a una mayor capacidad de producción agrícola, que se traduce en capacidad económica para adquirir la tecnología que la habilita. Esta característica da una clara ventaja a los grandes productores, que son los primeros beneficiados por ser los primeros en adoptar la tecnología de alta eficiencia dada su capacidad económica; esto, a su vez, incrementa la brecha de desigualdad hídrica y económica en ambas escalas: la local y la regional.

De esta manera, no podemos desligar a la justicia social de las conversaciones sobre productividad hídrica y eficiencia

en el uso del agua. Fomentar que los beneficios del agua se dirijan hacia aquellos productores que son capaces de acceder a una eficiencia más alta, de una forma más rápida, implica el sacrificio de pequeños agricultores en condiciones de alta vulnerabilidad, dado que estos son los que tienen menor capacidad económica y técnica para seguir el ritmo de la alta eficiencia y mayor producción (Boelens y Vos, 2012).

De esta manera, un producto agrícola no puede ser considerado como sustentable simplemente por haber sido producido en una región en la que los niveles máximos de huella hídrica son respetados. A la luz de la discusión que hemos hecho, necesitamos también verificar que estos productos hayan sido generados por una amplia diversidad de productores, lo cual es fácilmente demostrable en lo local, a través del seguimiento de los beneficios económicos y sociales de una mayor eficiencia y productividad hídricas en el territorio.

Lo anterior requiere evolucionar a nuevos paradigmas de investigación en temas de agua, que involucren además de una perspectiva interdisciplinaria en su acción, una interlocución directa con diversos actores en el territorio (p.ej. pueblos originarios, agricultores pequeños, industria), de tal suerte que todas las realidades sean visibles y consideradas en las decisiones. Esto permitirá co-construir el conocimiento necesario para distribuir de forma más equitativa, en lo local, los recursos naturales que todos tenemos derecho a disfrutar, con particular énfasis en la atención prioritaria de los olvidados y los más vulnerables. Por el bien de todos, vamos desde el IMTA tras esa misión.

Referencias

Boelens R. y Vos J. (2012) The danger of naturalizing water policy concepts: Water productivity and efficiency discourses from field irrigation to virtual water trade. Agricultural Water Management, 108, 16-26.

Roa-García, C. (2014) Equity, efficiency and sustainability in water allocation in the Andes: Trade-offs in a full world. Water alternatives, 7(2), 298-319.

La huella hídrica gris y la sustentabilidad

Adrián Pedrozo Acuña

La huella hídrica gris

Por tanto, representa la apropiación antropogénica del agua por medio de la contaminación y nos provee de una herramienta que permite evaluar la sustentabilidad, eficiencia y equidad en el uso de los recursos hídricos (Franke et al., 2013) En muchos países del mundo, el uso de este indicador, junto con el marco de trabajo relativo a las estimaciones de las huellas hídricas azul y verde, ha permitido a diferentes usuarios industriales y agrícolas, así como a gobiernos y organizaciones de la sociedad civil, caminar hacia la construcción de un mejor manejo del agua en el ámbito local.

Estimaciones indican que tan sólo en el año 2000, cerca de dos terceras partes de las cuencas del planeta registraban una huella hídrica gris no sustentable, relativa a la contaminación por nitrógeno (N) y fósforo (P) (Liu et al., 2012). En esas cuencas, la capacidad de asimilación de estos contaminantes había sido completamente agotada, con lo que las concentraciones presentes de N y P exceden por mucho los estándares internacionales de calidad del agua. Posteriormente, un estudio global enfocado solo en la contaminación por presencia de N estimó que el área equivalente de las cuencas en donde la huella hídrica gris relacionada con N ha excedido la capacidad de asimilación de los ríos cubren un área cercana al 17 % de la superficie global terrestre, contienen casi el 9 % del escurrimiento superficial global y albergan a 48 % de la población global (Mekonnen y Hoekstra, 2015). Notablemente, 64 % de la contaminación global por N ocurre en Asia y casi el 23 % de la huella hídrica gris global por N se debe a aguas residuales domésticas, carga que evidentemente se puede reducir por medio de la instalación y operación de infraestructura adecuada para el saneamiento. La segunda fuente más grande de contaminación por N (18 %) se debe a los campos de cultivo de cereales en los que el N se añade como fertilizante. La tercera fuente se origina por la lixiviación de N de fertilizantes utilizados en los campos de cultivo de vegetales. Es posible reducir esta contaminación difusa debida a las actividades agrícolas por medio de la aplicación de medidas que incluyen el uso de fertilizantes orgánicos, la reducción de la labranza del suelo o la mejora de los canales de riego (Chukalla et al., 2018[a]). Por otro lado, estudios globales similares pero relacionados con el fósforo P indican que la huella hídrica gris relativa a este contaminante excede la capacidad de asimilación de cuencas que representan 38 % de la superficie terrestre total y 37 % del escurrimiento superficial global, y proveen un hogar a 90 % de la población global (Mekonnen y Hoekstra 2018). Una vez más, en todo el mundo, las descargas domiciliarias representan la fuente más grande de contaminación por P, y Asia es el contribuyente más grande.
No existe un reporte completo de diversos parámetros de calidad del agua que informe sobre el deterioro de los ríos en

Fecha de publicación:
02 de agosto de 2020

La huella hídrica gris es un indicador del volumen de agua necesario para asimilar una carga contaminante en un cuerpo de agua.

Núm. 15, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-15



el mundo, pero es claro que su degradación es un proceso global que está en marcha y del que no se escapa ninguna cuenca (Meybeck, 2003). Probablemente, a nivel mundial, sean muy pocos los ríos en los que la calidad del agua cumpla con los estándares normativos durante todo el año. Si bien los excesos en la cantidad de N y P son solo una de las muy variadas formas de contaminación de estos cuerpos de agua, existen otras formas de contaminación igualmente presentes, como son los pesticidas, metales y patógenos; además del problema emergente relativo a las cargas de medicamentos y plásticos que alcanzan nuestros ríos.

Límites de huella hídrica gris

Por lo expuesto anteriormente, es necesario cuantificar la huella hídrica gris a nivel de cuenca. De hecho, diversos autores señalan que acordar este indicador es incluso más sencillo que encontrar un acuerdo sobre los límites de huella hídrica azul a nivel cuenca, en virtud de que en la mayoría de los países se cuenta con estándares de calidad del agua ambiental en la normatividad existente. Junto con las concentraciones naturales y el volumen del escurrimiento superficial de los ríos es posible estimar una carga de contaminante crítica por cada compuesto químico que se desee regular. El umbral máximo de huella hídrica gris para asegurar la sustentabilidad de una cuenca se define cuando en un cuerpo de agua la carga total de un compuesto es igual a la carga crítica estimada. En este caso, la huella hídrica gris es igual al volumen del escurrimiento superficial en un río. El reto en este caso estriba en traducir racionalmente los estándares de calidad del agua por químico a un valor de carga crítica por cuerpo de agua y acordar los mecanismos institucionales para asegurar que las cargas críticas no sean excedidas. Por lo tanto, las fuentes difusas de contaminación no deben ser ignoradas. En la mayoría de las cuencas del mundo, este tipo de contaminación es

práctica común (p. ej. la proveniente del uso de fertilizantes y pesticidas en la agricultura) y no está regulada. Por ello, los pasos que ha dado el gobierno de México, a través de la Semarnat, respecto a la prohibición del glifosato en actividades agrícolas son importantes y se encaminan en esta dirección. Para el caso de fuentes puntuales de contaminación, por lo general ocurre que los estándares de las descargas no son lo suficientemente estrictos o que no hay manera de darles seguimiento, dado el número de permisos de descarga emitidos, que se suman a las descargas ilegales que también existen. Como resultado, las cargas críticas son fácilmente superadas. Otro problema que ha sido identificado a nivel global es que los estándares de descarga son definidos en concentraciones del efluente y no con respecto a la carga total en función de la masa por unidad de tiempo.

Límites de huella hídrica por usuario

Conducir la gestión del agua hacia la construcción de acuerdos que permitan definir las cargas críticas por contaminante y cuerpo de agua (acuífero o cuenca) y la huella hídrica azul representaría un gran paso hacia el uso sustentable y sabio del agua en el mundo. El problema de la sobreexplotación y contaminación de acuíferos y ríos se debe a la ausencia de mecanismos o regulaciones que definan límites claros para su prevención. La definición de estos límites de una forma clara representa un firme paso adelante hacia una mejor regulación. En un paso siguiente, el reto será traducir los niveles máximos de consumo y carga crítica a un nivel de usuario individual, lo que algunos investigadores proponen se realice a partir de la definición de licencias de huella hídrica gris por unidad de actividad.

Es necesario, además, reconocer que los umbrales de huella hídrica se deben definir de forma espacial—por cuenca y subcuenca— y temporalmente, por ejemplo, por mes. Debemos dedicar una atención especial a los problemas relacionados con la variabilidad interanual, en virtud de que una trampa potencial consiste en definir los límites con base en un promedio anual, lo que inevitablemente acarreará problemas en años menos húmedos o durante los eventos de sequía. En Australia, por ejemplo, este tipo de problema ha sido documentado en la cuenca del río Murray-Darling, donde el sobre- concesionamiento de agua se origina en la emisión de concesiones con base en una evaluación demasiado optimista de la disponibilidad. Una vez que se definan los umbrales de huella hídrica azul en el río, se requiere un monitoreo continuo para verificar que esos niveles sean apropiados, pues estamos ante las condiciones de un clima cambiante y la evolución del conocimiento sobre los requerimientos ambientales del caudal ecológico.

Referencias

Chukalla AD, Krol MS, Hoekstra AY, 2018. Grey water footprint reduction in irrigated crop production: Effect of nitrogen application rate, nitrogen form, tillage practice and irrigation strategy, Hydrology and Earth System Sciences, 22(6), 3245-3259.

Franke NA, Boyacioglu H, Hoejstra, AY. 2013. Grey Water Footprint Accounting. Research Report Series No. 65. UNESCO-IHE.

Liu C, Kroeze C, Hoekstra AY 2012. Past and future trends in grey water footprints of anthropogenic nitrogen and phosphorous inputs to major world rivers. Ecological Indicators, 18:42-49.

Mekonnen, MM, Hoekstra AY, 2015, Global grey water footprint and water pollution levels related to anthropogenic nitrogen loads to fresh water. Environmental Science and Technology, 49(21): 12860-12868.

Mekonnen, MM, Hoekstra AY, 2018. Global anthropogenic phosphorous loads to fresh water and associated grey water footprints and water pollution levels: A high-resolution global study. Water Resources Research, 54(1), 345- 358.

Meybeck, M. 2003. Global analysis of river systems: from Earth system controls to Anthropocene syndromes. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 358(1440): 1935-1955.

El consumo global del agua y la sustentabilidad

Adrián Pedrozo Acuña

Uso consuntivo de acuíferos y ríos

En años recientes se ha observado en la mayoría de los países un incremento acelerado, en términos absolutos y relativos, en el uso de agua subterránea. Solo en un pequeño número de naciones se ha logrado la estabilización —e incluso la recuperación— de los sistemas hídricos subterráneos. Wada et al. (2014) estiman que las extracciones de agua subterránea entre 1979 y 2010 crecieron de 610 mil millones a 1 billón 200 mil millones de m7/año, lo que representa un incremento de 85 %, mientras que el porcentaje que representa el agua subterránea de las extracciones totales incrementó de 32.5 a 36.4 % en ese mismo periodo. Durante el periodo de 1979 a 1990, la extracción global de agua subterránea se incrementó en el orden de 1 % al año; sin embargo, de forma notable, en el periodo de 1990 a 2010, caracterizado por un modelo de desarrollo extractivista, el incremento anual se triplicó, lo que dio como resultado un incremento anual en las extracciones del tres por ciento.

Esto indica una creciente presión sobre el agua subterránea a nivel global, que se explica por la lógica de un modelo que contempla al agua como un recurso a ser explotado y que, en el caso del agua subterránea, la convierte en un fusible ante la escasez de agua superficial y la reducción en la construcción de presas de almacenamiento a nivel global. En Europa, las extracciones de agua subterránea corresponden al 30 % del total de extracciones, y estas no se han visto incrementadas de forma sustancial en las últimas décadas; caso contrario a lo que ocurre en Norteamérica y Centroamérica, donde las extracciones de agua subterránea se han incrementado en más del 40 % en el periodo de 1979 a 2010, alcanzando un valor relativo del 60 % respecto a las extracciones totales. En el oeste asiático, la extracción de agua subterránea se triplicó, y representaba el 70 % de las extracciones de agua en 2010. En el sur y este de Asia, las extracciones de agua subterránea casi se duplicaron en ese mismo periodo, mientras que, en el norte de África, las extracciones de agua subterránea representan casi 30 % del total. En otras regiones del mundo abundantes en ríos, como son el sureste asiático o Sudamérica, las extracciones de agua subterránea para diversos usos representan menos del 20 % del total.

Gleeson et al. (2012) reportan que, a nivel global, las extracciones de agua subterránea exceden la disponibilidad de los acuíferos en un 20 %, definiendo la disponibilidad de agua subterránea como como el valor de recarga menos la contribución del agua subterránea a los flujos ambientales o gasto base. Por si esto fuera poco, cerca de 1,700 millones de personas en el mundo vive en regiones donde las extracciones exceden la disponibilidad, lo que pone en riesgo no solamente su seguridad hídrica, sino la salud de los ecosistemas. Según

Fecha de publicación:
26 de julio de 2020

En muchos lugares de todos los continentes se ha registrado un uso consuntivo de acuíferos y ríos que excede por mucho los niveles deseados de sustentabilidad.

Núm. 14, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-14



este estudio, los lugares con los mayores niveles de sobreexplotación de acuíferos son: India, Pakistán, Arabia Saudita, Irán, México, Estados Unidos de América, el norte de África, China y Europa del este. En los acuíferos correspondientes a la cuenca alta del Ganges y el bajo Indo, en la frontera de India y Pakistán, los valores relativos de las extracciones de agua subterránea respecto a la disponibilidad promedian 54 y 18, respectivamente. En los acuíferos del norte y sur de Arabia Saudita, estos valores son de 48 y 39, respectivamente, mientras que en el los acuíferos del Medio Oriente, en Siria e Irán, al sur del mar Caspio, estos valores son de 20 y 98, respectivamente. En los acuíferos de las Altas Llanuras y del Valle Central en los Estados Unidos, estos valores rondan 9.0 y 6.4. En Egipto, el acuífero del delta del río Nilo da un valor de 32. En los acuíferos de la llanura y del norte de China estos valores son de 7.9 y 4.5. En el caso del acuífero de la cuenca del Danubio, debajo de partes de Hungría, Austria y Rumania, esta proporción es de 7.4. Por último, en el caso de México, para los acuíferos del oeste y centro el país, se reportan valores de 27 y 9.1, respectivamente.

En un estudio anterior, Wada et al. (2012) encontraron que, en el año 2000, las extracciones de agua subterránea no renovable constituyeron cerca del 20 % del total de agua utilizada para riego, reportando las mayores extracciones de agua subterránea no renovable para uso agrícola en India, Pakistán, Estados Unidos de América, Irán, China, México y Arabia Saudita. Más aún, encontraron que, globalmente, las extracciones de agua subterránea no renovable se triplicaron en el periodo de tiempo definido entre los años 1960 y 2000.

Adicionalmente, Hoekstra y Mekonnen (2012) comprobaron que algunos de los países con los mayores niveles de sobreexplotación de agua subterránea se encuentran también entre los más grandes exportadores; es decir, entre los países que utilizan agua subterránea para producir alimentos de exportación. Estos son: Estados Unidos, China, India y Pakistán. De hecho, India ha sido reconocido como el exportador de agua virtual más grande del mundo, mientras que Estados Unidos se encuentra en tercer sitio. Análisis posteriores han demostrado que incluso en países como Egipto e Irán, con balanza positiva en agua virtual (valor que compara el volumen de agua utilizada para exportaciones respecto a aquella recibida en importaciones), el valor del agua virtual de las exportaciones es también sustancial (Karandish y Hoekstra, 2017; Aabdelkader et al., 2018).

Cabe señalar que las estimaciones de extracciones de agua subterránea y las tasas de recarga de los acuíferos son variables que contienen un cierto porcentaje de incertidumbre, y la única forma de reducirla es a través de la medición adecuada de ambas. De acuerdo con Margat y Van der Gun (2013), en el año 2010, las extracciones totales de agua subterránea rondaron los 982 mil millones de m7/año. Reportaron también que la agricultura es responsable del 70 % de las extracciones globales de agua subterránea, mientras que el suministro de agua potable es responsable del 20 % y la industria del nueve por ciento.

Wada et al. (2014) proveen una amplia reseña de diferentes estimaciones de extracciones de agua subterránea que resultan de un conjunto de modelos globales, que varían de entre 545 mil millones m7/año (Siebert et al. 2010; solo considerando agua subterránea para uso agrícola) hasta 1billón 700 mil millones de m7/año (Wiseer et al. 2010). La debilidad de las estimaciones indirectas, que tienen su base en estadísticas nacionales, es que dependen de valores cuya confiabilidad y exactitud es completamente desconocida, mientras que las estimaciones de modelos contienen incertidumbre epistémica asociada a las hipótesis de los mismos y a los datos de entrada que se utilizan para su calibración y ejecución.

En este sentido, es importante hacer notar que los valores de extracción de agua subterránea deben ser considerados con un alto margen de error. Lo mismo se sostiene para la estimación de las tasas de recarga. De acuerdo con FAO et al. (2016), cuyo estudio se basó en valores provenientes de estadísticas nacionales, las extracciones globales de agua subterránea equivalen al 8 % de la media global de recarga. Este valor global evidentemente esconde, por la escala, las muy grandes diferencias regionales que se mostraron en los estudios de Gleeson et al. (2012) o Margat y Van der Gun (2013). A pesar de la incertidumbre asociada a la estimación de extracciones de agua subterránea en muchos acuíferos, es claro, por los reportes de las personas que habitan estos territorios, que los niveles piezométricos se están abatiendo drásticamente.

Cuando consideramos el consumo de agua azul total en ríos y la comparamos con su disponibilidad, obtenemos una imagen igualmente desalentadora. Mekonnen y Hoekstra (2016) realizaron un estudio global a alta resolución espacial, encontrando que en el año 2000, dos tercios de la población mundial (4 mil millones de personas en ese momento) vivían en áreas con escasez hídrica severa al menos un mes al año; casi la mitad de esas personas con residencia en China e India. El número de personas que habitan en áreas con escasez hídrica severa entre 4 y 6 meses al año fue de 1,800 millones a 2,900 millones, mientras que 500 millones de personas viven en lugares con escasez severa de agua durante todo el año. En ese estudio, la disponibilidad de agua azul se calculó como el escurrimiento menos las necesidades del medio ambiente, definidas por los flujos ambientales (que se supone son del 80 % del escurrimiento natural).

Se han definido cuatro niveles de escasez hídrica: baja, moderada, alta y severa. La escasez baja indica que la huella hídrica

azul (consumos) no excede la disponibilidad. La huella hídrica azul es, por tanto, menor del 100 % de la disponibilidad de agua (menor al 20 % del escurrimiento natural). Suponiendo que los requerimientos ambientales no son invadidos, este representa el nivel de condiciones de sustentabilidad en una región.

La escasez moderada se refiere a que la huella hídrica azul está entre 100 y 150 % de la disponibilidad (entre 20 y 30 % del escurrimiento natural) y donde se presume que los flujos ambientales no son considerados.

La escasez hídrica alta se da cuando la huella hídrica azul está entre 150 y 200 % de la disponibilidad (entre 30 y 40 % del escurrimiento natural).

Por último, se determina escasez hídrica severa cuando la huella hídrica azul es mayor de 200 % de la disponibilidad (mayor a 40 % del escurrimiento natural).

En un estudio anterior, Hoekstra et al. (2012) mostraron que la huella hídrica azul era no sustentable al menos un mes al año en el 55 % de las 405 cuencas más grandes del mundo. Las cuencas analizadas de forma conjunta comprenden el 69 %del escurrimiento superficial global, 75 % del área global bajo riego y 65 % de la población mundial. La severidad y duración de la escasez son muy importantes cuando se consideran los impactos sociales, económicos y ambientales asociados a este fenómeno. Por ejemplo, de este estudio se desprende que la cuenca más poblada que enfrenta una escasez hídrica severa durante todo el año se ubica en el norte de China (la cuenca de Yongding He), con una superficie de 214,000 km2 y una densidad de población de 425 personas por kilómetro cuadrado.

Estos estudios globales, acompañados de la evidencia indirecta registrada por los conflictos entre usuarios de agua a nivel local en zonas con una reconocida escasez, nos señalan la necesidad urgente de regionalizar las conclusiones para las cuencas de nuestro país. En el IMTA estamos ciertos de que es posible avanzar a un México sin desigualdad, con desarrollo económico y con calidad ambiental de la mano del uso sustentable del agua. Pero para ello, requerimos utilizar la evidencia científica moderna, el pensamiento crítico, la ética y la transparencia de la información, que nos permitan construir una solución con la sociedad.

Referencias:

Aabdelkader A, Elshorbagy A, Tuninetti M, Laio F, Ridolfi L, Fahmy H, Hoekstra AY, (2018) National water, food and trade modeling framework: The case of Egypt. Science of the Total Environment, 639: 485-496.

FAO, UNESCO, IAH, World Bank Group, GEF (2016) Global diagnostic on groundwater governance, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

Gleeson T, Wada Y, Bierkens MFP, van Beek LPH (2012) Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. Nature, 488 (7410): 197-200.

Hoekstra AY, Mekonnen, MM, Chapagain, AK, Mathews RE, Richter BD (2012) Global monthly water scarcity: Blue water footprints versus blue water availability. PLoS ONE, 7(2): e32688.

Hoekstra y Mekonnen (2012) The water-footprint of humanity. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(9): 3232-3237.

Karandish MM, Hoekstra, AY (2017) Informing national food and water security policy through water footprint assessment: The case of Iran. Water 9(11): 831.

Margat y Van der Gun (2013) Groundwater around the world: A geographic synopsis, CRC Press, Leiden, the Netherlands.

Mekonnen y Hoekstra (2016) Four billion people facing severe water scarcity. Science Advances, 2(2): e1500323. Siebert S, Burke J, Faures JM, Frenken K, Hoogeveen J, Döll P, Portmann FT (2010) Groundwater use for irrigation: A global inventory, Hydrology and Earth System Sciences, 14: 1863-1880

Wada Y, Van Beek LPH, Bierkens, MFP. (2012) Nonsustainable groundwater sustaining irrigation: A global assessment. Water Resources Research, 48: W00L06.

Wada Y, Wisser D, Bierkens, MFP (2014) Global modeling of withdrawal, allocation and consumptive use of surface water and groundwater resources. Earth System Dynamics, 5: 15-40.

Wiseer D, Fekete, NM, Vörösmaty, CJ, Schumann, AH. (2010) Reconstructing 20th century global hydrography: A contribution to the global Terrestrial Network-Hydrology (GTN-H). Hydrology and Earth System Sciences, 14(1): 1-24.

La sustentabilidad hídrica y el conocimiento del ciclo del agua

Adrián Pedrozo Acuña

Disgregación del ciclo del agua

El uso de la tierra, el agua y la energía por parte de los seres humanos deja irremediablemente una huella de nuestras actividades sobre ele planeta

La definición sobre la sustentabilidad ambiental de nuestras actividades como especie se puede determinar a través de la suma de la huella ambiental local, regional o global de todas las actividades humanas, lo cual no es sencillo (Hoekstra, 2015). El hecho comprobado es que las actividades humanas añaden gases de efecto invernadero a la atmósfera a un ritmo nunca antes visto en la historia, lo que amenaza con trastocar el delicado equilibrio de los ciclos energético, de carbono y del agua a nivel global. En el año 2014 se identificó un problema similar con la huella ecológica de la humanidad. Lin et al. (2018) presentaron un estudio que confirmaba que la huella ecológica de la humanidad había excedido la capacidad de la Tierra en un 70 %, lo que indica que se requieren 1.7 planetas para sostener nuestro actual tren de vida. Esto señala que hoy día, nuestro ritmo de vida se mantiene a expensas de la sobreexplotación del planeta, lo que necesariamente acelera su degradación. Lo complicado es que no es posible asociar esta conclusión de manera distintiva a una sola actividad humana, sino que es el resultado de la agregación de actividades a una escala global.

Dentro de una cuenca, la disponibilidad del agua está limitada por la cantidad de lluvia que cae de la atmósfera. El agua que proporciona la lluvia sobre una cuenca saldrá de la misma por dos vías: a través de la evaporación (de regreso a la atmósfera) o de los ríos (hacia el océano). El flujo invisible asociado a la evaporación (conocido también como agua verde) puede tomar una ruta alternativa de transpiración en cultivos y bosques antes de evaporarse, con lo que se le aprovecha para la producción de alimentos (p. ej. cultivos) y la generación de servicios hidrológicos ambientales de los bosques (p. ej. recarga, generación de lluvia). Por otro lado, la utilidad del flujo azul, caracterizado por el agua superficial y subterránea disponible en ríos, lagos, embalses y acuíferos, es posible a través de las extracciones de agua destinadas a los usos doméstico, industrial y agrícola. En esta lógica, y para el caso de los ríos, esta agua es utilizada antes de dejarla seguir su camino hacia la desembocadura de los ríos al océano.

En un primer vistazo, y a un nivel de cuenca, podríamos pensar que es posible hacer uso de toda el agua azul y verde disponible en un cierto periodo de tiempo. Sin embargo, es necesario señalar que temporalmente es posible utilizar más agua que la que hay disponible en una cuenca, si estamos dispuestos a sobreexplotar nuestros ríos y acuíferos. Desde luego, esta acción tiene consecuencias graves en el largo plazo, pues equivale a extraer más agua de la que naturalmente se

Fecha de publicación:
19 de julio de 2020

El uso de la tierra, el agua y la energía por parte de los seres humanos deja irremediablemente una huella de nuestras actividades sobre ele planeta

Núm. 13, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-13



repone en la cuenca o acuífero. El límite máximo inextensible para el uso consuntivo del agua en una cuenca o acuífero está siempre definido por la lluvia, pero este límite requiere ser ajustado a un límite máximo real considerablemente por debajo de ese volumen, debido a la necesidad de dejar grandes porciones del flujo azul y verde para la naturaleza. La aparente pérdida de una porción del ciclo hidrológico por evapotranspiración en bosques o de los flujos de agua en ríos que llegan sin aprovecharse al océano no representan pérdidas reales, pues mantienen funcionales a los ecosistemas de los que depende la sociedad.

Una posible vía alterna para alcanzar la sustentabilidad del agua en el planeta es a través de la definición de umbrales de huella hídrica azul y verde para las actividades humanas. Por ejemplo, es posible definir los niveles máximos para el uso de agua azul por acuífero y cuenca, que permitan la sustentabilidad, al mismo tiempo que se determinan la huella hídrica verde máxima por bioma o región ecológica.

Necesidades naturales de agua azul

El límite superior del agua azul disponible por cuenca está definido por el escurrimiento superficial total, menos el llamado gasto ecológico. Esta necesidad ambiental o flujo ecológico representa el volumen que requiere permanecer disponible en el río para sostener los ecosistemas ribereños y estuarinos, así como las vidas humanas que dependen de esos ecosistemas. Actualmente existe un consenso mundial sobre la incorrecta idea de utilizar la totalidad del escurrimiento superficial de un río. La biodiversidad a lo largo de los ríos y deltas depende de la presencia de agua en estos sistemas. Como un indicador grueso, es necesario mantener cerca del 80 % del flujo natural de un río para prevenir cambios drásticos en la estructura natural del ecosistema (Richter et al., 2012). Como regla general, la disponibilidad máxima de agua azul en una cuenca es tan solo del 20 % del escurrimiento de la misma. De hecho, ese 20 % disponible para los distintos usos no está del todo disponible para ser utilizable o explotable, en virtud de que

existe una variación temporal en esta disponibilidad, con lo que no todo estará disponible en la temporada de crecimiento de cultivos, cuando aumentan las demandas agrícolas de agua. De esta manera, el volumen disponible de agua azul que puede ser utilizado de forma sostenible variará de una cuenca a otra.

Del mismo modo, es necesario preservar las extracciones de agua subterránea a un nivel que garantice la sustentabilidad de los acuíferos. El flujo subterráneo conforma en gran medida los escurrimientos base de los ríos, que son esenciales para mantener a los ecosistemas. En una primera mirada, uno podría pensar que es posible extraer un volumen de agua igual al definido por la recarga natural de los acuíferos, pero esto es un error, ya que los acuíferos son sistemas dinámicos en los que el gasto de salida responde al gasto de entrada. En un equilibrio natural, el gasto de salida es idéntico al gasto de entrada. Si extraemos agua del acuífero, la entrada neta de agua al acuífero se reduce, lo que afecta al flujo de salida y, en consecuencia, al gasto base de los ríos. Por lo tanto, estudios recientes indican que, para alcanzar la sustentabilidad hídrica de los acuíferos, el uso de agua subterránea debe estar limitado a solo una fracción de la recarga natural de los mismos (Hoekstra, 2018). Otra razón importante es que la extracción de agua subterránea de un acuífero siempre afectará los niveles piezométricos: a mayor extracción, mayor abatimiento o caída de los niveles piezométricos. Gleeson y Richter (2018) sugieren que, para proveer una adecuada protección ecológica, la extracción de agua subterránea debería reducir mensualmente no más de un 10 % el gasto base natural, sobre todo para aquellos lugares en donde no se hayan realizado evaluaciones científicas detalladas del caudal ecológico.

Necesidades naturales de agua verde

El agua verde está conectada a la tierra, por lo que la definición de cuánta agua verde hay disponible para las actividades humanas depende de la respuesta a la pregunta de cuánta tierra existe disponible para uso humano. Necesitamos la tierra para vivir, trabajar, para la infraestructura de transporte y para actividades como la minería, el almacenamiento de residuos, los cultivos, los bosques y los pastizales. En este sentido, existe consenso en que sería poco inteligente utilizar toda la tierra disponible en el planeta para las necesidades humanas. Los estudios científicos más recientes estiman que es necesario proteger zonas de alto valor ecológico para asegurar la preservación de biodiversidad y las funciones de los ecosistemas, lo que es posible por medio de la protección de alrededor del 25 y 75 % del área total de estas regiones (Baille y Zhang, 2018). A nivel global, con el objeto de proteger la biodiversidad, este número fue estimado en 50 % de la superficie terrestre (Wilson, 2016). El agua verde disponible en una región (p. ej. una cuenca) depende de la cantidad de bosques, cultivos y zonas ecológicas, teniendo en mente que no toda el área disponible puede ser utilizada con propósitos agrícolas o forestales, pues necesitamos un cierto porcentaje del área total para asentamientos humanos, infraestructura, desiertos y algunas áreas puede que no sean apropiadas para la producción. De esta forma, la disponibilidad máxima de agua verde en una cuenca es tan solo una fracción del flujo total de evaporación (Hoekstra et al., 2011). Un estudio reciente estima que solo el 25 % del flujo verde global (evapotranspiración) está disponible para uso humano (Schyns et al., 2019). La disponibilidad y escasez de agua verde no ha sido lo suficientemente estudiada ni considerada en los debates y discusiones de política pública sobre la escasez de agua. Con el uso de la tierra para propósitos específicos, como bosques y humedales, se asignan de manera automática volúmenes de agua verde, por lo que la gestión territorial ecológica es una importante herramienta para la planeación y gestión del agua.

Tiempo y lugar para la disponibilidad

Es importante resaltar que las variabilidades de tiempo y lugar son dos variables que no se incluyen en la estimación de disponibilidades de agua a nivel nacional. Ambos flujos aquí descritos, el azul y el verde, son altamente dependientes del tiempo y el lugar. Por ejemplo, una huella hídrica azul para un uso dado puede representar un cambio menor en una cuenca tropical dada (p. ej. el sureste de México), mientras que ese mismo volumen puede significar la sobreexplotación del agua en una cuenca árida (p. ej. en el norte de México). Este mismo matiz puede ocurrir de forma temporal en una misma cuenca, mientras que un volumen dado puede parecer menor en la época de lluvias, este puede ser considerado como muy grande durante los meses de estiaje. En las cuencas del mundo, cuando agregamos las huellas hídricas asociadas a los usos de actividades humanas en los doce meses del año, hablamos de huella hídrica azul anual, pero no tiene sentido comparar esta huella hídrica global

anual con la disponibilidad de agua azul agregada en un año; es decir, la falta de agua en una cuenca no puede ser compensada o relacionada con el exceso de agua en otra. Asimismo, la falta de agua en un mes específico no puede ser relacionada con la abundancia de agua en otro mes. La escasez, sobreexplotación y contaminación del agua se manifiestan de forma local en regiones y tiempos específicos.

Por todo lo anterior, el IMTA trabaja en la generación de marcos de trabajo modernos que nos permitan identificar las diferencias de tiempo y lugar en la disponibilidad, de tal suerte que sea posible avanzar con pasos firmes a la gestión adecuada del agua a nivel nacional.

Referencias

Baille J. y Zhang ZP, (2018) Space for nature. Science, 361 (6407):1051.

Gleeson T., Richter B, (2018) How much groundwater can we pump and protect environmental flows through time? Presumtive standards for conjunctive management of aquifers and rivers. River research and applications, 34(1):83- 92.

Hoekstra, AY,Chapagain AK, Aldaya MM, Mekonnen MM, (2011) The water footprint assessment manual: Setting the global standard, Routledge Earthscan, London, UK.

Hoekstra, AY, (2015) The sustainability of a single process, production process or product. Ecological indicators, 57:82-84.

Hoekstra, AY, (2018) Global food and trade dimensions of groundwater governance. In: Villholt, KG, López-Gunn, E, Conti, KI, Garrido, A, Van der Gun, J, (es) Advances in groundwater governance, CRC Press, Leiden, The Netherlands, pp. 353-366.

Lin D, Hanscom L., Murthy A., Galli A, Evans M., Neill E., Mancini MS, Martindill J, Medouar F-Z, Huang S, Wackernagel M, (2018) Ecological footprint accounting for countries: Updates and results of the national footprint accounts, 2012-2018. Resources, 7(3):58.

Richter BD, Davis MM, Apse C, Konrad C, (2012) A Presumptive standard for environmental flow protection. River research and applications, 28(8):1312-1321.

Schyns JF, Hoekstra AY, Booij MJ, Hogeboom RJ, Mekonnen MM, (2019) Limits to the world`s green water resources for food, feed, fibre, timber and bioenergy. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(11): 4893-4898.

Wilson EO, (2016) Half-Earth: Our planet´s fight for life, WW Norton and Company, New York, USA.

¿Lograr la seguridad alimentaria e hídrica de manera conjunta?

Agustín Breña Naranjo

Seguridad alimentaria

Hoy en día existen varios riesgos capaces de afectar la seguridad alimentaria. Por ejemplo, la contingencia sanitaria provocada por la pandemia de COVID-19 ha complicado el acceso a los alimentos de la población en diversos países y ha tenido efectos en diversos niveles, desde retrasos en su producción, hasta un colapso parcial en su red de distribución. Por otro lado, tradicionalmente han existido riesgos hídricos (principalmente aquellos asociados a déficits en los sistemas hidrológicos) que pueden impactar la seguridad alimentaria de un país o de una región, ocasionando una caída abrupta en su producción agropecuaria. Con el objetivo de contrarrestar dichos efectos, desde hace casi tres décadas, los conceptos de huella hídrica y agua virtual se han vuelto cada vez más populares cuando se busca plantear soluciones al problema de la agricultura insostenible, dentro de un contexto hídrico.

La huella hídrica (el agua total usada para producir los bienes y servicios consumidos) y el comercio de agua virtual (el intercambio nacional o internacional de la huella hídrica de estos bienes y servicios) nos sirven para tomar conciencia acerca del costo real del agua. Por ejemplo, un plato de arroz consumido en México podría tener un alto costo ambiental, en el caso de que este haya sido importado de Vietnam (huella energética y de CO2 alta, por la distancia recorrida) o si proviene de algún acuífero sobreexplotado ubicado en Colima (huella energética e hídrica alta, por el bombeo de agua subterránea que está siendo extraída a un ritmo por arriba de su tasa de renovación natural), pero también podría tener un costo ambiental moderado o bajo si el insumo fue producido en un distrito de temporal tecnificado en Veracruz.

Las condiciones del sistema de comercio mundial en los últimos veinte años han permitido que el agua virtual esté cada vez más globalizada. En países ricos y economías emergentes, la amplia variedad y disponibilidad de productos alimenticios durante todo el año implica una gran cantidad de producción agropecuaria importada de países en vías de desarrollo, que en muchas ocasiones proviene de regiones semiáridas y áridas, cuyas principales fuentes de abastecimiento son acuíferos sobreexplotados.

Aunado a esta problemática, una buena parte de los subsidios al sector agrícola han tenido consecuencias negativas para los sistemas hidrológicos. Si bien los objetivos de estos subsidios son bien intencionados, prácticas como el subsidio al bombeo agrícola han acelerado el abatimiento de cuerpos de agua subterránea. Sería deseable que el costo ambiental de la degradación y del uso consuntivo no sustentable se viera reflejado en el precio final del producto o servicio.

Fecha de publicación:
14 de junio de 2020

Garantizar la seguridad alimentaria es actualmente unos de los retos más apremiantes en todo el mundo.

Núm. 09, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-09



Dicho de otra manera, la información brindada por la huella hídrica y el comercio virtual del agua nos permite conocer las regiones más aptas para producir nuestros alimentos y las tecnologías más adecuadas para ahorrar la mayor cantidad de agua y diseñar las mejores estrategias de comunicación para informar a la sociedad sobre los impactos hídricos asociados a su estilo de vida, tales como sus patrones de consumo y hábitos alimenticios. Conforme exista una mayor conciencia sobre nuestras decisiones como consumidores, tendremos una mayor posibilidad de exigir y elegir marcas con prácticas y cadenas de suministro más sostenibles con respecto a las que actualmente tenemos.

El diseño e implementación de políticas enfocadas en lograr la seguridad alimentaria tienen que ir acompañadas de una menor huella ecológica (agua, emisiones de CO2 y metano y energía). El comercio de agua virtual puede ser utilizado como una herramienta para equilibrar objetivos sociales, económicos y ambientales. Las políticas agrícolas, comerciales e hídricas de la 4T deberán tomar en cuenta riesgos y oportunidades adicionales, como el cambio climático y las tecnologías exponenciales, así como el cumplimiento de los derechos humanos.

PERSPECTIVAS IMTA
Núm. 7, 2020
Autor Adrián Pedrozo Acuña
DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020- 07

Autor:

Fecha de publicación:
1 de Junio de 2020

Fecha de publicación:
01 de junio de 2020

Agua segura para la salud, el bienestar y la productividad económica

Un futuro sensible al agua

Adrián Pedrozo Acuña

Las decisiones relativas a los recursos hídricos implican procesos a través de los cuales las sociedades proveen agua segura para la salud, e bienestar y la productividad económica.

Desde tiempos antiguos, las naciones, regiones y ciudades se han empeñado en incrementar la capacidad de los sistemas para compensar los impactos de sequías e inundaciones y atender al mismo tiempo demandas de agua en competencia. Dados estos retos, no sorprende que las decisiones en torno al agua se centren en la formulación e implementación de planes para modificar ríos, aprovechar acuíferos y tratar las aguas residuales por medio de obras públicas de gran escala diseñadas para proteger bienes de la sociedad y el riego, y para apagar la sed de las grandes urbes, generarando así beneficios económicos de regiones enteras. A pesar de que algunas de estas metas han cambiado con el tiempo, esta aproximación a las decisiones del agua ha persistido durante los años, lo que se explica a través de un fenómeno inercial en nuestro pensamiento, que limita la exploración de nuevas avenidas. Sin embargo, con el pasar de los años, esta tendencia y paradigma comienza a cuestionase por otros factores. Las urgencias provocadas por los extremos climáticos y el creciente clamor social por decisiones más incluyentes y democráticas han dado lugar a un nuevo paradigma. Uno que está caracterizado por dos amplias estrategias:
Primero, tenemos la tesis central de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), que incorpora nuevas formas de provisión y manejo de agua, como la reutilización, la captación

Núm. 09, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-09



de agua de lluvia, las medidas no estructurales para la gestión de inundaciones, los esquemas de adaptación a la sequía, medidas de conservación y aproximaciones con base en infraestructura verde. Desde el punto de vista de la toma de decisiones, la GIRH considera que el agua que se ahorra o conserva con la implementación de estas medidas es potencialmente una nueva fuente de abastecimiento. Por ello, esta estrategia es altamente dependiente del conocimiento del ciclo hidrológico y del clima. Sin embargo, considera exclusivamente al agua como un recurso que puede ser estudiado y dominado técnicamente, soslayando su dimensión socioambiental y la importancia que este tiene para las comunidades que habitan en territorios donde se encuentran ríos y acuíferos.

Por esta razón, nace en el mundo un segundo enfoque que da lugar a un paradigma que fomenta una mayor participación ciudadana. Esta inclusión de la sociedad se incorpora no sólo en el entendido de que facilita la adopción de alternativas innovadoras en el territorio, sino como una causa socialmente justa en sí misma. Por ejemplo, el punto de partida para entender el significado de las demandas sociales durante la Revolución Mexicana, no fue la exigencia de parcelas de labor exclusivamente, sino siempre y enfáticamente de tierras, montes y agua; en una palabra, territorio.

El agua es parte de ese territorio y de la identidad local. A través de ella se vinculan los valores culturales, éticos y morales de las comunidades del país y del planeta entero. Por esta razón, se necesitan formas más efectivas de participación ciudadana, porque su punto de partida surge de una premisa ética: cualquier persona que quiera debe incluirse en las decisiones, al menos en los niveles adecuados para su vida personal. Este argumento de inclusión implica que diferencias de raza, etnicidad, ingreso y género no deben ser barreras para ejercer influencia sobre la distribución y protección del agua. La participación, el compromiso y la inclusión no solo son

buenas y deseables para la sociedad, en el sentido de que estas maximizan las oportunidades de todos los grupos relevantes, sino también lo son para el medio ambiente y empoderan a todos y cada uno de los miembros de la comunidad para convertirse en guardianes del agua y para opinar sobre su situación futura.

El gran reto es la construcción de una gobernanza del agua, basada en el interés social o público, que considere equidad, justicia, inclusión, participación e innovación en todas las etapas de la política pública, lo que implica un entendimiento de las formas en las que se construyen socialmente las escalas espaciales del territorio y los hidropaisajes. Desde luego, no hay un conjunto de medidas disponible para resolver esta encrucijada, ni una solución simple a este problema.

La inclusión y la participación son vías importantes para construir acuerdos. Esto implica reconocer que no hay grupos sociales, élites, o expertos que tengan el monopolio del conocimiento del agua, lo cual abre la puerta a una participación amplia e incluyente, que pueda implementar soluciones adaptativas a los problemas hídricos (por ejemplo, soluciones de pequeña escala, incrementales y reversibles si fallan) y permita asegurar que todas las formas de control sobre el agua se atemperen a través de la justicia y la responsabilidad social. Si existiera algún grupo de interés que se sintiera excluido del proceso de toma de decisiones, podría, a través de un proceso democrático, buscar consensos y evitar un conflicto. En todo el mundo, el diseño de un marco de trabajo que acomode estas aspiraciones sigue siendo un reto formidable. A pesar de ello, existen ejemplos de esfuerzos colaborativos en regiones pequeñas y cuencas donde las comunidades locales, las organizaciones de la sociedad civil y los académicos trabajan de manera conjunta para diseñar soluciones, identificar fuentes de financiamiento y compartir información. No existe una panacea global para atender todos los conflictos sociohídricos. Pero está claro que toda persona debe ser bienvenida en las mesas de discusión donde se debatan las decisiones importantes. Los expertos de disciplinas técnicas y sociales deben acercarse a las comunidades y permitir la expresión de sus preocupaciones éticas, culturales y sociales relacionadas con el agua y su manejo.

Este es quizá el reto de nuestro tiempo. Los riesgos del fracaso de lograr lo anterior nunca habían sido tan grandes, pero depende de todos nosotros asegurar el éxito, o al menos intentarlo. Las generaciones futuras y el medio ambiente cuentan con nosotros para lograrlo.

El IMTA trabaja de la mano de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en la ciudadanización de la política ambiental y participamos juntos en todas las mesas de díalogo con las comunidades afectadas; ignoradas en el pasado. Por ejemplo, en el Plan de Justicia Yaqui, en Sonora, y en la Restauración de la Zona de Tula, en Hidalgo, dando así los primeros pasos para la construcción de nuevos acuerdos y de un nuevo México.

Tzolkin: monitor mesoamericano de sequía

Mauricio Osorio González

La sequía en Mesoamérica

· Herramienta de acceso libre y abierto, disponible en: http://galileo.imta.mx/Sequias

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, en conjunto con la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, ha desarrollado Tzolkin, un monitor de sequías para la región de Mesoamérica.

Tzolkin es una herramienta de acceso libre y abierto; es decir, toda la información está disponible al público de manera gratuita, desde la información de sequía que se despliega en una página web (1) hasta el código fuente que la genera (2). Inclusive la información hidrológica, que sirve de insumo para Tzolkin, a pesar de que es propiedad de un tercero (NASA), es información pública; por lo que el usuario puede reproducir paso a paso la información presentada por este monitor, lo que la hace una herramienta totalmente transparente.

Tzolkin es una palabra maya que significa “la cuenta ordenada de los días”, que es la versión maya del ciclo sagrado, el cual fue utilizado en la Mesoamérica precolombina, entre otras cosas, para la calendarización del cultivo del maíz.

La sequía en Mesoamérica

La sequía es un fenómeno que afecta a todo el mundo. Sin embargo, regiones como la mesoamericana son particularmente vulnerables, debido a la importancia de la agricultura de temporal en las economías nacionales y a otros factores socioeconómicos. En Centroamérica, el daño asociado a la sequía ha tendido a ser más frecuente, especialmente en las regiones asociadas al corredor seco (principalmente Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Honduras). En este corredor, la sequía es la principal amenaza a la producción de cultivos como el maíz y el frijol, los cuales, además de tener gran importancia cultural y económica, representan la base de la alimentación de la población más pobre (Orgaz, 2019).

La mitad de los pequeños productores de granos básicos que existen en Centroamérica se encuentran en la zona del Corredor Seco (entre el 54 y el 67 % en función del país). Estas familias viven en zonas con infraestructura y servicios limitados, y apenas cuentan con recursos para hacerle frente al fenómeno. Es por esto que se es necesario desarrollar herramientas que permitan disminuir los riesgos. Mejorar el monitoreo y la caracterización de la sequía contribuye a este propósito (Bonilla-Vargas, 2014).

Fecha de publicación:
18 de mayo de 2020

Trabajo de cooperación interinstitucional e internacional para el monitoreo de sequías en Mesoamérica.

Núm. 05, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-05

Definicion y caracterización de la sequía

De acuerdo con la Sociedad Meteorológica Americana, la sequía es un fenómeno climático natural que se manifiesta como un periodo de déficit de agua, cuya duración es suficientemente prolongada como para causar desequilibrios hidrológicos significativos. Sin embargo, existen otras definiciones de sequía que se orientan hacia los distintos impactos de este fenómeno, las cuales se pueden clasificar en cinco principales: sequía meteorológica, sequía agrícola, sequía hidrológica, sequía hidrogeológica y sequía socioeconómica. Para cada tipo de sequía se han propuesto índices para cuantificar su severidad. Por ejemplo, el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) (McKee, 1993) es utilizado para caracterizar la sequía meteorológica. Este tipo de índices consideran una sola variable. Otros índices de este tipo son el Índice Estandarizado de Escurrimiento Superficial (SRI) (Shukla & Wood,2008) y el Índice Estandarizado de Humedad de Suelo (SSI) (Hao y Aghakouchak, 2013). Posteriormente se comenzó a explorar la posibilidad de incorporar, probabilísticamente, más de una variable para caracterizar la sequía, dando lugar a los índices estandarizados multivariados de sequía (MSDI) (Hao y Aghakouchak, 2014). Estos índices demostraron su utilidad al mostrar las cualidades de cada índice en un solo indicador.

Otro aspecto importante a considerar en la caracterización de la sequía es la calidad y cantidad de datos. Los procesos del ciclo hidrológico se miden generalmente con estaciones climatológicas e hidrométricas; en regiones donde estas son escasas o nulas, no es posible caracterizar la sequía de manera adecuada. Para resolver el problema de la escasez de datos, en las últimas décadas se han desarrollado diversos proyectos en el mundo sobre reanálisis. Estos son productos que asimilan información satelital y observaciones terrestres para reproducir variables climáticas y procesos de la superficie terrestre.

Tzolkin es una herramienta de consulta en línea que obtiene datos de precipitación, humedad de suelo y escurrimiento de la base de datos MERRA-2 (Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications versión 2 (MERRA-2; Rienecker, et al., 2011) y calcula los siguientes índices:

- índice estandarizado de precipitación (SPI)
- índice estandarizado de humedad del suelo (SSI)
- índice estandarizado de escurrimiento (SRI)
- índice estandarizado multivariado de precipitación y humedad del suelo (MSDI-PreSMo)
- índice estandarizado multivariado de precipitación y escurrimiento (MSDI-PreRun)
- índice estandarizado multivariado de precipitación, humedad del suelo y escurrimiento (MSDI- PreSMoRun)

Estos índices pueden visualizarse mediante mapas georreferenciados. Las escalas temporales disponibles son de 1, 3, 6, 9 y 12 meses, lo que ayuda a identificar la proporción de los periodos secos. Además, se pueden realizar consultas dinámicas de series de tiempo de intensidad, magnitud de sequía y porcentaje de área afectada para cada país de Mesoamérica.

El objetivo de Tzolkin es contribuir al desarrollo y la seguridad alimentaria de la región a través de una herramienta robusta y al alcance de todos, que presente información diversa para la caracterización de sequías y que sirva en la toma de decisiones para reducir los riesgos asociados a la sequía.

(1) Disponible en: http://galileo.imta.mx/Sequias

(2) Disponible en: https://github.com/rrealrangel/droughtMoPro

Referencias

Bonilla-Vargas, A. (2014). Patrones de sequía en Centroamérica (1). Obtenido el 11 de mayo de: https://www.gwp.org/en/search/?query=-Patrones+de+sequ%C3%ADa+en+Centroam%C3%A9rica&lng=es

Hao, Zengchao & AghaKouchak, Amir. (2013). Multivariate Standardized Drought Index: A parametric multi-index model. Advances in Water Resources. 57. 12-18. 10.1016/j.advwatres.2013.03.009.

McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Eight Conference on Applied Climatology, January 17-22, Anaheim, California.

Orgaz, C. J. (2019). ¿Qué es el Corredor Seco y por qué está ligado a la pobreza extrema en casi toda Centroamérica? Obtenido el 11 de mayo de: https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-48186820

Rienecker, M.M., Suarez, M.J., Gelaro, R., Todling, R., , J.T., Liu, E., Bosilovich, M.G., Schubert, S.D., Takacs, L., Kim,

G.K., Bloom, S., Chen, J., Collins, D., Conaty, A., Da Silva, A., Gu, W., Joiner, J., Koster, R.D., Lucchesi, R., Molod, A., Owens, T., Pawson, S.,

Pegion, P.J., Redder, C.R., Reichle, R.H., Robertson, F.R., Ruddick, A.G., Sienkiewicz, M., Woollen, J., 2011. MERRA: NASA's modern-era retrospective analysis for research and applications. Journal of Climate 24, 3624–3648.

Shukla, S., Wood, A.W., 2008. Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought. Geophysical Research Letters 35, 1–7.

Acuíferos sustentables: conceptos, mitos y percepciones

Agustín Breña Naranjo

Acuíferos sustentables

La sustentabilidad hídrica de las cuencas y acuíferos depende en gran medida de aspectos cuantitativos (ej. disminución de caudales mínimos y abatimiento de niveles piezométricos) y cualitativos (presencia de contaminantes, pérdida continua de nutrientes), entre otros. A nivel global, un número importante de acuíferos han registrado una caída en su disponibilidad hídrica, evidenciada a través de mediciones in situ (1) u observaciones mediante percepción remota (2).

Fecha de publicación: 27 de abril de 2020

La sustentabilidad hídrica de las cuencas y acuíferos depende en gran medida de aspectos cuantitativos y cualitativos.

Si bien el agua es un recurso natural considerado como renovable, existen sistemas de agua subterránea a nivel regional y local, cuyas características geológicas han dado lugar a almacenamientos confinados, localizados a profundidades que van de cientos a miles de metros. Debido a las condiciones climáticas actuales, la mayor parte de estos sistemas han sido y siguen siendo explotados en zonas áridas y semi- áridas, ante la falta de otras fuentes alternativas existentes como los arroyos, ríos o lagos. Una característica importante de algunos de estos sistemas radica en el tiempo de renovación de sus aguas subterráneas, también conocidas como fósiles, cuya edad remonta al inicio del holoceno (hace 12,000 años aproximadamente). Por lo general, en estos acuíferos las tasas de extracción de agua actuales sobrepasan la recarga (ocurrida hace cientos o miles de años) de estos sistemas, lo cual se ha reflejado en el declive de su volumen almacenado.

La explotación de las aguas fósiles para diferentes usos (como es el caso del acuífero de la Ciudad de México, o el acuífero del norte del Sahara para fines de riego) ha generado controversia respecto a la sostenibilidad de dichos sistemas a largo plazo. Dicha discusión ha llevado a realizar estudios importantes para determinar el origen del agua subterránea, así como para cuantificar el tiempo de residencia de las aguas subterráneas en dichos acuíferos, esto es, la edad del recurso hídrico que se está extrayendo para satisfacer las diferentes actividades que la sociedad requiere. Recientemente, se estimó que aproximadamente el 6 por ciento del agua subterránea en los 2000 m más someros de la superficie terrestre tiene una edad menor a los 50 años. El 94 por ciento restante, con un volumen equivalente a 21 millones de kilómetros cúbicos, es el resultado de los mecanismos de recarga ocurrida hace más de 50 años. Estas cifras nos dan una perspectiva acerca de la distribución de edad del agua subterránea, en donde las aguas viejas y fósiles predominan dentro de los sistemas de aguas subterráneas (3).

El conocimiento de la composición de las diferentes edades del agua dentro del mismo acuífero (por lo general, a mayor profundidad, mayor edad) ha favorecido a crear el mito de que la sustentabilidad hídrica se mida en función de la edad

Núm. 02, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-02



y tiempo de residencia de su volumen extraído. Sin embargo, la reciente evidencia sobre el dinamismo de los sistemas de agua subterránea y sus vastos volúmenes de almacenamiento han llevado a proponer un cambio de paradigma (5) acerca de la sostenibilidad de las aguas subterráneas basándose en indicadores más constructivos como la estabilidad de los niveles piezométricos, la calidad del agua y los caudales ambientales.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua cuenta con el conocimiento y la infraestructura necesaria para emprender este tipo de estudios vitales que ayuden a comprender mejor las aguas subterráneas de nuestro país y así mejorar la planeación y gestión de los acuíferos dentro de un contexto más sostenible.

Referencias

(1) Döll, P., H. Müller Schmied, C. Schuh, F.T. Portmann, and A. Eicker (2014), Global-scale assessment of groundwater depletion and related groundwater abstractions: Combining hydrological modeling with information from well observations and GRACE satellites, Water Resour.Res., 50, 5698–5720, doi:10.1002/2014WR015595

(2) Famiglietti, J. S. (2014), The global groundwater crisis, Nat. Clim. Change, 4(11), 945–948, doi:10.1038/nclimate2425.

(3) Gleeson, T., Befus, K. M., Jasechko, S., Luijendijk, E., & Cardenas, M. B. (2016). The global volume and distribution of modern groundwater. Nature Geoscience, 9(2), 161.

(4) Ferguson, G., Cuthbert M. O., Befus, K., Gleeson, T., & McIntosh, J. C. (2020). The groundwater age-sustainability myth. Preprint submitted to EarthArXiv.

Calidad de agua y ecología



La actualización de la norma sobre agua potable

Jennifer Alexis Bañuelos Diaz

Sin agua no hay vida, y sin agua limpia no hay salud. Por ello, en 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al abastecimiento de agua y al saneamiento, pues todas las personas deben disponer de agua suficiente, salubre, físicamente accesible, asequible y una calidad aceptable para uso personal y doméstico (ONU).

Para dar cumplimiento a lo anterior en lo que a calidad del agua se refiere, en México, la norma NOM- 127-SSA1-1994, modificación del año 2000, es la normatividad vigente que marca los límites permisibles de la calidad del agua potable; una norma con límites discutibles en cuánto a algunos parámetros que no son lo suficientemente estrictos comparados con la normatividad internacional o de la Organización Mundial de la Salud, como la concentración segura de arsénico, por ejemplo.

Finalmente, después de una larga espera, se publicó el pasado 2 de mayo en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la norma NOM-127-SSA1-2021, que sustituye a la NOM-127-SSA1-1994, modificación del año 2000, y que deberá entrar en vigor a los 360 días naturales contados a partir del día siguiente de su publicación en el DOF (Segob-DOF). Sin duda, este acontecimiento fue recibido de manera grata por el sector ambiental y de salud, pues se había retrasado desde el año 2017, cuando se aprobó el anteproyecto de la norma. Sin embargo, para los organismos responsables de los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados, la noticia no solo fue sorpresiva, sino preocupante.

Los parámetros que más preocupación generan a priori en los organismos operadores son los de arsénico y fluoruros, pues no es un secreto que, lamentablemente, en nuestro país existen pozos contaminados con estos elementos químicos en concentraciones que rebasan la normatividad actual. Actualmente falta mucho por hacer para reducir la concentración de dichos elementos al límite permisible de 0.025 mg/l y 1.5 mg/l, respectivamente. Al reducir estos límites hasta 0.01 mg/l para arsénico y 1.0 mg/l para fluoruros se requerirá muy probablemente de procesos de potabilización más robustos y costosos, en más sitios que los que actualmente se tienen identificados.

Además, otro parámetro que disminuye su concentración permitida de 0.025 mg/l a 0.01 mg/l es el plomo; situación similar al arsénico y fluoruros, pues con estos nuevos límites será necesario invertir en la potabilización de más fuentes de abastecimiento, que pasarán de calidad aceptable a contaminadas. Sin embargo, estos límites permisibles no han sido seleccionados al azar o por capricho de nadie, han sido modificados con base en estudios de riesgo a la salud

Fecha de publicación:
15 de mayo de 2022

El IMTA está trabajando constantemente en la investigación y el desarrollo tecnológico para la creación de nuevos y mejores sistemas de potabilización.

Núm. 17, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-17



y en análisis comparativos con la normatividad internacional. Porque, cuando de salud se trata, no se debe escatimar en acciones ni en recursos técnicos y económicos para proporcionar a la población agua segura, pues no es una cuestión solo de color y sabor, sino de contenido químico y biológico. Por otro lado, un tema muy controversial entre académicos, industria, organismos operadores, comisiones estatales de agua, etc., es lo citado en el apartado 5.1 de la norma: "El agua de los sistemas de abastecimiento no debe tener como fuente de abastecimiento agua residual tratada". Este enunciado no refleja con claridad si el uso indirecto de agua residual tratada será o no permitido; es decir, se entiende que el efluente de una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) no puede ser usado como fuente de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, pero ¿qué pasa si el efluente de una PTAR que cumple con la norma NOM-001-SEMARNAT-2021 es vertido en un cuerpo de agua superficial, mismo que a su vez será la fuente de abastecimiento de una planta potabilizadora que entregará agua potable después de pasar por múltiples barreras de tratamiento? Esto se conoce como reúso potable indirecto. La sequía y escasez de agua en el mundo es evidente. Debido a ello, diversos países, como Singapur, han recurrido al reúso potable indirecto, cubriendo el 30 % de la demanda de agua de sus habitantes mediante sistemas de potabilización avanzados que aseguran una calidad de agua 100 % potable (PUBNewater). Ciertamente son tratamientos costosos en su inversión, operación y mantenimiento, pero ¿quién querría escatimar en un tratamiento que tiene como origen, aunque diluida, agua residual tratada? El futuro está más cercano de lo que quisiéramos, y al no contar con suficiente agua de calidad aceptable, tendremos que recurrir, como otros países, al reúso potable indirecto; incluso en algún punto se tendrá que optar por el reúso potable directo.

Otro punto importante que considera la norma de agua potable en comento es la adición de yodo residual libre y plata total para los procesos de desinfección, ya que la norma anterior solo consideraba la medición de cloro residual libre, por ser este el desinfectante de mayor uso años atrás; sin embargo, así como la tecnología lo ha hecho, los sistemas de tratamiento han evolucionado y avanzado, implementando nuevos procesos, como el uso de plata coloidal como bactericida, debido a la resistencia que han desarrollado algunas bacterias ante el cloro. De ahí la importancia de regular el uso de estos agentes en la desinfección, estableciendo límites permisibles que sean seguros.

Sin duda, la nueva norma trae consigo una serie de grandes esfuerzos para conseguir que sea aplicada y cumplida en todos sus parámetros, generando controversia en cuanto a si los organismos responsables de los sistemas de abastecimiento de agua se encuentran preparados para asumir tal reto o si debió primero trabajarse en el fortalecimiento de sus capacidades técnicas, administrativas y económicas para luego entonces exigir su cumplimiento. No hay que olvidar que en la misma situación se encuentran los laboratorios encargados de realizar las determinaciones de los parámetros que se adicionaron, pues, seguramente, muchos de estos no se encuentran aún acreditados ante la Entidad Mexicana de Acreditación. De lo que podemos estar seguros es que la salud no espera, y que el vital líquido debe ser distribuido con la calidad requerida para que esta no se vea afectada.

En este sentido, el IMTA está trabajando constantemente en la investigación y el desarrollo tecnológico para la creación de nuevos y mejores sistemas de potabilización que sean capaces de solucionar las problemáticas que se presentan en el país en materia de agua potable de una manera eficiente y económicamente viable. Además, realiza el acompañamiento a los organismos operadores en la selección del proceso más adecuado según el problema de calidad del agua, pues se trata de diseñar un tren de tratamiento a la medida, invirtiendo así solo los recursos económicos necesarios y generando con ello un ahorro importante, en comparación con opciones que pueden parecer las más atractivas, pero no ser las requeridas. Asimismo, se realiza la supervisión de la puesta en marcha de la planta potabilizadora y la capacitación a los operadores.

Aunque falta mucho por hacer, y esto apenas comienza, los primeros pasos ya se están dando, y la muestra es la reciente publicación de actualización de la norma sobre agua potable que contempla límites permisibles más estrictos para reducir la contaminación en el agua para uso y consumo humano y evitar así el deterioro de la salud de la población. No debemos olvidar que, independientemente del cumplimiento de la norma, deben identificarse de manera clara y definida las áreas de atención prioritarias para promover la reducción de la contaminación de nuestros cuerpos de agua con la finalidad de disminuir la complejidad y los costos de potabilizar el agua.

Referencias

PUBNewater https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/newater#:~:text=Today%2C%20there%20are%20five%20NEWater,of%20Singapore's%20future%20water%20demand.

ONU https://news.un.org/es/story/2010/07/1196761

Segob-DOF https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02%2F05%2F2022&fbclid=IwAR2r2i-xdEoZLzKCpgSfjsiECf9NLidw4bbvwFPOEmOWpG4m0naPbxGo3dU

La actualización de la norma sobre descargas de aguas residuales

Adrián Pedrozo Acuña

Los límites de descarga tradicionales incluyen una hipótesis implícita: que los estándares de nutrientes, oxígeno disuelto, metales pesados y bacterias protegen los valores de los cuerpos de agua receptores.

Fecha de publicación:
12 de septiembre de 2021

Los límites de descarga tradicionales incluyen una hipótesis implícita: que los estándares de nutrientes, oxígeno disuelto, metales pesados y bacterias protegen los valores de los cuerpos de agua receptores..

En la última semana hemos visto en nuestro país un revuelo en la discusión pública sobre la reciente aprobación de la norma NOM001-SEMARNAT-2021) que tiene como propósito la regulación de las descargas de aguas residuales a los cuerpos de agua nacionales. Por un lado, observamos una larga lista de agrupaciones industriales que se manifiestan en contra del proyecto aprobado y, por otro, grupos ambientalistas que se congratulan por la misma.

En todo el mundo, la regulación de las descargas de aguas residuales ha impuesto un debate centrado en dos posiciones encontradas: una que hace referencia al cuidado de la vida y la sustentabilidad y otra que pone de manifiesto los costos necesarios para el cuidado del medio ambiente y la limitación de la actividad económica en un territorio dado. Esta división binaria en los puntos de vista nos determina dos posiciones aparentemente irreconciliables que dificultan la posibilidad de acuerdos y que limitan la capacidad de escucha entre los involucrados. Mientras se desarrolla este debate, los cuerpos de agua en todo el mundo continúan degradándose, incrementando la escasez hídrica en lo local y afectando la salud de las personas y el medio ambiente que todos compartimos. Lo anterior quedó de manifiesto en el reporte de las Naciones Unidas (UN WWAP, 2017) que dio cuenta de que, globalmente, el 80 % del drenaje no recibe ningún tipo de tratamiento previo a ser descargado a ríos y océanos.

En este sentido, el reto consiste en pensar estrategias para mover voluntades y recursos económicos hacia un mejoramiento de nuestros sistemas de tratamiento y el cuidado de los cuerpos de agua, considerando al mismo tiempo que vivimos un acelerado crecimiento poblacional. En un ámbito de transformación y cuidado de la vida, aunado a la escasez de recursos que hoy se vive en todo el mundo, necesitamos trascender los discursos de antaño y poner distancia entre posiciones anacrónicas que llevan instaladas en el sector hídrico más de veinte años (p. ej. la inacción como consecuencia de la falta de financiamiento). Es momento de una verdadera innovación que involucre no solo el diseño de nueva tecnología, sino también la incorporación de nuevos enfoques para el manejo del agua, que consideren, además de la factibilidad económica, temas relativos a la ética, la equidad y la justicia sociales y la aplicabilidad institucional, con el fin último de proteger la vida (Balkema et al., 2002; MoUD, 2008; Molinos-Senante et al., 2010, 2015; Ganoulis, 2012; Wichelns et al., 2015; Ricart et al., 2019).

Núm. 34, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-34



La regulación de descargas por medio de la determinación de límites permisibles de contaminantes específicos o estándares de cantidad y calidad del agua para los efluentes representa la base metodológica de la mayoría de los marcos normativos en el mundo (Xenarios y Bithas, 2012). Los límites de descarga tradicionales incluyen una hipótesis implícita: que los estándares de nutrientes, oxígeno disuelto, metales pesados y bacterias protegen los valores de los cuerpos de agua receptores, y su falta de cumplimiento generalmente está acompañada de un sistema de multas financieras, conforme a la máxima de que el que contamina paga. Sin embargo, es justo reconocer que conforme se incrementa nuestro conocimiento sobre cómo los sistemas acuáticos reaccionan a diferentes efluentes de agua residual, este modelo resulta cada vez menos efectivo (Hering et al., 2010), lo cual indica que esta estrategia metodológica puede resultar no suficiente para salvaguardar la vida y la salud.

Al igual que el flujo de un río, o el clima en una cuenca, las descargas de agua residual evolucionan en el tiempo, volviéndose más complejas y dañinas para la salud en ciertos casos (ver, por ejemplo, la situación ambiental actual del río Atoyac). Por esta razón, y contrario a lo que hemos leído en algunas posturas del debate público en México, no es casualidad que en algunos países se hayan incorporado más variables a los estándares, como son las pruebas de toxicidad, el monitoreo biológico y algunos contaminantes emergentes.

En el caso de la modificación recientemente aprobada para la norma NOM001-SEMARNAT-2021, son tres nuevos parámetros y una modificación, los nuevos son: toxicidad del agua, la demanda química de oxígeno, y el color del agua; mientras que para la temperatura se redujo el límite máximo en 5 grados. Entre los argumentos que se han esbozado en contra de esta actualización están la falta de evidencia científica y que las modificaciones propuestas no están implementadas en otros países del mundo. Con el propósito de contribuir con información veraz para un debate abierto y propositivo, en la tabla 1 presentamos un resumen de las regulaciones normativas de descargas de aguas residuales implementadas en diferentes países del mundo. Tal y como se aprecia en la tabla, en varios de estos países son obligatorias las pruebas de toxicidad, la demanda química de oxígeno, la temperatura y el color. Incluso algunos países, como Canadá, incorporan límites específicos a efluentes en función de la actividad industrial que se requiere vigilar (p. ej. textil o minera). De esta forma, la decisión tomada por la Secretaría del Medio Ambiente y el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Comarnat) forma parte de un ejercicio ético de la política ambiental, que tiene su base en el cuidado de la vida.

El reto está no solamente en asegurarnos de que la infraestructura de saneamiento o la industria cumplan con esta actualización (existen ejemplos en el país que indican que la norma diseñada en 1996 no se cumple, en algunos

casos superando límites permisibles hasta en un 1000 %), sino también en crear un cambio en el paradigma mediante el cual se habiliten nuevas avenidas para que industria, sociedad y gobierno podamos hacernos responsables de nuestra carga contaminante en lo local. El enfoque pasado, que prefería la solución centralizada de una planta de tratamiento operada por un municipio, no ha funcionado. Esta salida recargó sobre los organismos operadores responsabilidades de tratamiento de agua residual muy compleja, por la combinación de agua residual doméstica e industrial, que requiere de trenes de tratamiento más sofisticados y de mayor consumo energético. Nuestro país y sus municipios son diversos y viven bajo diferentes condiciones de estrés hídrico, tanto por la disponibilidad de agua existente como por las actividades económicas que se llevan a cabo dentro de ellos. Por esta razón, tenemos la obligación de generar, entre todos, nuevos caminos.

Si quienes se oponen de forma abierta a la actualización de la norma utilizaran la misma energía para buscar avenidas para transitar hacia una descarga líquida cero, o hacia sistemas de reutilización de agua en sus locales o predios, la discusión de los estándares o límites máximos permisibles no sería problema. Por esta razón, es momento de innovar, lo cual requiere una mente abierta y la disposición para dejar atrás el pensamiento que creó los problemas ambientales que vemos hoy en nuestro país. Desde el IMTA, como brazo técnico de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de México, estamos dispuestos a construir con todos (industria y sociedad) un ecosistema de cooperación y construcción conjunta. Ejemplo de lo anterior es la próxima publicación de guías para el tratamiento de descargas de aguas residuales por industria, con el objetivo de acompañar a las empresas mexicanas con conocimiento de punta para fomentar el cuidado del agua y la vida.

Desde luego, la cooperación no debe terminar ahí, necesitamos diseñar también esquemas financieros que permitan habilitar los recursos económicos necesarios para esta modernización, que no solo es tecnológica, sino también de pensamiento. ¡Vamos por la continuidad de la vida y por el uso del agua como elemento clave para la prosperidad y el bienestar de todas y todos los mexicanos!

Referencias

Balkema, A. J., Preisig, H. A., Otterpohl, R., and Lambert, F. J. D. (2002). Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems. Urban Water 4, 153–161. DOI: 10.1016/S1462- 0758(02)00014-6

Ganoulis, J. (2012). Risk analysis of wastewater reuse in agriculture. Int. J. Recycl. Org.Waste Agric. 1:3. doi: 10.1186/2251-7715-1-3

Hering, D., Borja, A., Carstensen, J., Carvalho, L., Elliott, M., Feld, C.K., et al., 2010. The European Water Framework Directive at the age of 10: a critical review of the achievements with recommendations for the future. Sci. Total Environ. 408, 4007–4019.

Molinos-Senante, M., Hanley, N., and Sala-Garrido, R. (2015). Measuring the CO2 shadow price for wastewater treatment: a directional distance function approach. Appl. Energy 144, 241–249. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.02.034

Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F., and Sala-Garrido, R. (2010). Economic feasibility study for wastewater treatment: a cost–benefit analysis. Sci. Total Environ. 408, 4396–4402. doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.07.014

MoUD (2008). National Urban Sanitation Policy. Ministry of Urban Development. Available online at: http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/nusb.pdf.

Ricart, S., Rico, A. M., and Ribas, A. (2019). Risk-Yuck factor nexus in reclaimed wastewater for irrigation: comparing farmers' attitudes and public perception. Water 11:187. DOI: 10.3390/w11020187

UN WWAP (United Nations World Water Assessment Programme) (2017). The United Nations World Water Development Report (2017). Wastewater: The Untapped Resource. Paris: UNESCO.

Wichelns, D., Drechsel, P., and Qadir, M. (eds.). (2015). "Wastewater: economic asset in an urbanizing world," in Wastewater (Dordrecht: Springer), 3–14.

Xenarios, S., Bithas, K., 2012. The Use of Environmental Policy Instruments for Urban Wastewater Control: Evidences from an International Survey. 22. Environmental Policy and Governance, pp. 14–26

Las aguas residuales porcícolas en Yucatán y su tratamiento

César Guillermo Calderón Mólgora, Lina María Cardoso Vigueros, Violeta Eréndira Escalante Estrada, Mercedes Esperanza Ramírez Camperos y Ana Cecilia Tomasini Ortiz.

Dentro de la gastronomía yucateca hay varios platillos emblemáticos preparados con carne o, al menos, manteca de cerdo: cochinita pibil, lechón al horno, Poc chuc y, Pib o mucbipollo (para el Festival de la Ánimas), que aunque el nombre detone otra proteína, también suele llevar cerdo.

En fin, el cerdo como alimento está presente en forma importante dentro de las tradiciones culturales de Yucatán. Además de las costumbres gastronómicas, la cría de ganado porcino es una actividad importante dentro del estado.

Desde 2015, Yucatán ocupa el quinto lugar del país en la cría de ganado porcino. En 2020, la actividad pecuaria porcina produjo 1,819,970 cabezas y presentó un ingreso de 7 241.4 millones de pesos. Yucatán provee 9 % de la producción nacional. Los números indican que la producción local va en aumento, ya que esta industria crece a 4.5 % anual, un porcentaje incluso mayor que el de Sonora y Jalisco (2.6 y 1.7 %, respectivamente), principales productores de carne de cerdo en México (OCDE, 2019).

En términos económicos, esta actividad es un beneficio evidente para Yucatán; sin embargo, la producción porcícola es la causa de problemas ambientales, como la contaminación del agua subterránea (Drucker et al., 2003; Cheng et al., 2020); la contaminación de la atmósfera (Radon et al., 2007; Wing et al., 2008; Loftus et al., 2015); la degradación del suelo (Aguilar et al., 2011); e incluso daños a la salud humana (Borlée et al., 2015; Smit et al., 2017), pues en Yucatán cada año se reportan nuevos casos del virus AH1N1 (influenza porcina) (Secretaría de Salud, 2018).

La selva maya de la península de Yucatán es un reservorio de biodiversidad asombroso: protege el suelo contra la erosión al acumular materia orgánica y evita tanto el arrastre de sustratos como el azolve en otros sitios; genera agua para el consumo humano y para riego; suministra oxígeno, y capta dióxido de carbono. De hecho, la selva maya es considerada el principal sumidero de dióxido de carbono del país, el cual mitiga el calentamiento global, aporta recursos vegetales y animales aprovechables como alimentos y medicinas, y proporciona servicios ambientales. Asimismo, la península de Yucatán es la reserva hidrológica de aguas subterráneas más importante a nivel nacional, ya que alberga cuatro acuíferos con una recarga media de 25,316 hm3, más del 32 % de la recarga media de todo el país (Segura, et al., 2005).

De las granjas porcícolas identificadas en el estado, 42 se ubican en áreas o sitios de atención prioritaria, como el anillo de cenotes (36 granjas), o en reservas naturales, ya sean

Fecha de publicación: 13 de agosto de 2021

La Semarnat busca esquemas que permitan dar un tratamiento adecuado en función del tamaño de las granjas porcícolas.

Núm. 31, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-31



estatales, como la Reserva Estatal Biocultural del Puuc (2 granjas), o municipales, como Cuxtal (4 granjas).

Además, se identificaron 122 granjas porcinas (47 % de las granjas de la zona) establecidas en regiones consideradas sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad. Las granjas en sitios de conservación suman 20, mientras que las localizadas en sitios de restauración son 102, 65 % de las cuales se encuentran en lugares de prioridad extrema.

Batllori (2016) refiere que, de acuerdo con el Registro Público de Derechos de Agua de la Conagua, a finales de 2013, en los estados de la península de Yucatán se generaban 374 descargas pecuarias, con un total de 9 millones de metros cúbicos anuales, de los cuales 77 % correspondía a Yucatán, 17 % a Campeche y 6 % a Quintana Roo. Esta situación, en conjunto con la dificultad de contar con drenaje sanitario en la región (por la dureza del suelo y lo plano del terreno), ha provocado que las aguas subterráneas hayan sufrido un deterioro de su calidad.

Méndez Novelo y colaboradores estimaron el potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán (2009). Un importante número de granjas porcícolas se ubica en zonas donde el acuífero presenta mayor vulnerabilidad a la contaminación. Una de las conclusiones que presentan es que las granjas deberían ubicarse en las zonas del acuífero de menor vulnerabilidad a la contaminación, principalmente hacia la zona sur y suroriente del estado, pero ¿qué tan factible es llevar a cabo dicha reubicación?

Por otra parte, el seguimiento a los aspectos ambientales de las granjas porcinas ubicadas en la península de Yucatán no parece ser minucioso. Con base en información pública de distintos registros gubernamentales, como el Registro Público de Derechos de Agua (Repda),

ENTIDAD	TOTAL DE GRANJAS IDENTIFICADAS	CON INFORMACIÓN SOBRE AGUA	CON INFORMACIÓN PECUARIA	CON MIA
Campeche	14	7	7	4
Quintana Roo	21	13	6	0
Yucatán	222	84	143	18

Tabla 1. *Granjas porcícolas ubicadas dentro de la península. Elaboración propia.*

el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), la Gaceta ecológica de la Semarnat y el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, se identifica que el nivel de información que se tiene sobre las distintas granjas es variable, y en muchos casos incompleto. La siguiente tabla resume la información disponible en 257 granjas porcícolas ubicadas dentro de la península.

Por otra parte, y quizá sea una de las causas por la que no se cuenta con información más precisa de las granjas porcícolas, al menos en Yucatán, la cría de cerdos ha proliferado gracias a la "aparcería", que es un modelo de negocio impulsado por un grupo empresarial pecuario en el que los porcicultores tradicionales invierten en infraestructura para cumplir lo que solicita el grupo empresarial. Una vez hecha la obra, los porcicultores reciben lechones en las instalaciones y se dedican a engordarlos y cuidarlos por cuatro meses con el alimento que la empresa les proporciona y, al final, la empresa les compra todos los cerdos y les vuelve a dar lechones (El Financiero, 2019/10/29). ¿Qué tan minucioso es el seguimiento que el grupo empresarial da al manejo de los residuos líquidos y sólidos de los apareceros?

Dando un tratamiento adecuado a las aguas residuales o a los desechos pecuarios de las granjas porcícolas se reducen los impactos negativos que esta actividad económica tiene sobre el medio ambiente.

En su momento, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del estado de Yucatán entregó "paquetes tecnológicos" para el tratamiento de aguas residuales en granjas porcícolas consistentes en un sistema de captación de los residuos líquidos y sólidos, un biodigestor, una laguna y un humedal de tratamiento. Sin embargo, especialmente en granjas de cincuenta o menos cerdos, los sistemas de tratamiento cayeron en desuso.
Conscientes de la problemática de la industria pecuaria porcina en la península de Yucatán, la Semarnat busca esquemas que permitan dar un tratamiento adecuado en función del tamaño de las granjas porcícolas, sobre todo considerando que muchos aparceros son granjas medianas, pequeñas e incluso de traspatio.

Tomando en cuenta el amplio espectro de granjas productoras de cerdos en la región, se considera que tres esquemas genéricos de tratamiento de las aguas residuales y de los residuos sólidos de las granjas son suficientes para dotar a los productores de alternativas viables y sustentables para dar atención a esta necesidad:

1) Sistemas de producción porcina en cama profunda y composteo. Son sistemas alternativos de baja inversión, porque se diseñan naves de tipo industrial sin piso de concreto o fosa, pero sí son techados para evitar que el impacto de las lluvias provoque mayores escurrimientos; es decir, el piso es de tierra, lo cual permite la adecuada percolación de los lixiviados, con reducción significativa de uso de mano de obra en limpieza y manejo y, por ende, de uso de fuentes de energía y agua. La limpieza y recolección es manual, con ayuda de rastrillos y carretillas. El material se retira y se lleva directamente al sistema de composteo o vermicomposteo. Este esquema se considera especialmente apto para granjas pequeñas y de traspatio, pero no está limitado.

2) Tratamiento de aguas residuales mediante sistemas lagunares que consiste en el pretratamiento (remoción de sólidos más gruesos, arenas, etcétera), laguna anaerobia 1, laguna anaerobia 2, laguna facultativa, laguna de maduración 1 y laguna de maduración 2. Con este esquema, en las lagunas anaerobias hay una importante reducción de carga orgánica que continúa en la laguna facultativa; en las lagunas de maduración la carga orgánica ya es baja, y ocurre la desinfección natural. De cosecharse o retirar las algas en el efluente también habría control de nutrientes.

3) Tratamiento de aguas residuales mediante digestor anaerobio y sistema lagunar que consiste en pretratamiento (remoción de sólidos más gruesos, arenas, etcétera), biodigestor para reducción de carga orgánica y generación de biogás, laguna facultativa para pulimento del efluente del biodigestor, laguna de maduración 1 y laguna de maduración 2. En estas últimas se lleva a cabo la desinfección natural del agua. De cosecharse o retirar las algas en el efluente, también habría control de nutrientes.

Estos esquemas de tratamiento son capaces de entregar efluentes (líquidos) o biosólidos (compostas) que satisfacen la normatividad nacional, e incluso generan subproductos con valor comercial.

Adoptar los sistemas de tratamiento en el esquema de las granjas porcícolas reduce sustancialmente los impactos negativos y permite la persistencia de esta actividad económica, la cual puede continuar aportando a la tradición cultural local.

Referecias:

Batllori-Sampedro, E., 2016. Capítulo 7. “Condiciones actuales del agua subterránea en la península de Yucatán”, en M. Chávez-Guzmán (ed.), El manejo del agua a través del tiempo en la península de Yucatán, Mérida, UADY/ Fundación Gonzalo Rio Arronte/Consejo de la Cuenca de la Península de Yucatán, pp. 201-225.

Borlée, F., Yzermans, C. J., van Dijk, C. E., Heederik, D., Smit, L. A. M. 2015. Increased respiratory symptoms in COPD patients living in the vicinity of livestock farms. The European Respiratory Journal, 46, 1605–1614.

Cheng, D., Hao Ngo, H., Guo, W., Woong, S., Duc, D., Liu, Y., Wei, Q., Wei, D. 2020. A critical review on antibiotics and hormones in swine wastewater: Water pollution problems and control approaches. Journal of Hazardous Materials, 387, 121682. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121682

Drucker, A., Semerena, R., González, V., Magaña, S. 2003. La industria porcina en Yucatán: Un análisis de la generación de aguas residuales. Problemas Del Desarrollo, 34(135), 105-124. Consultado el 6 de enero de 2021, en http://www.jstor.org/stable/43839065.

Guzmán Martínez Verónica (2019/10/29). Se “alinea” crecimiento porcícola. El Financiero. https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/veronica-martinez-guzman/se-alinea-crecimiento- porcicola/

Méndez-Novelo, R., Castillo-Borges, E., Vázquez-Borges, E., Briceño-Pérez, O., Coronado-Peraza, V., Pat-Canul, R., y Garrido-Vivas, P. (2009), “Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán”, Ingeniería, 13(2)13-21.

OCDE, 2019, “Exámenes de mercado en México: estudio de caso del mercado de la carne de cerdo”, disponible en: https://www.oecd.org/daf/competition/market-examinations-mexico-pork-meat- market-webesp.pdf.

Radon, K., Schulze, A., Ehrenstein, V., van Strien, R. T., Praml, G., Nowak, D. 2007. Environmental exposure to confined animal feeding operations and respiratory health of neighboring residents. Epidemiology, 18, 300–308. https://doi.org/10.1097/01.ede.0000259966.

Secretaría de Salud. 2018. Boletín Epidemiológico del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, vol. 35, no. 46, semana 46. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/415172/sem46.pdf

Segura Castruita M., P. Sanchez Guzmán, C. Ortiz Solorio, M. Gutiérrez-Castorena (2005), “Carbono orgánico de los suelos de México”, Terra Latinoamericana, 23, (1), enero-marzo.

Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON-NG) https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430

Smit, L. A. M., Heederik, D. 2017. Impacts of intensive livestock production on human health in densely populated regions. GeoHealth, 1, 272–277, https://doi.org/10.1002/2017GH000103.

Wing, S., Avery, R., Marshall, S.W., Thu, K., Tajik, M., Schinasi, L., Schiffman, S. S. 2008. Air Pollution and Odor in Communities Near Industrial Swine Operations. Environmental Health Perspectives. 116, 362– 1368. doi: 10.1289/ehp.11250

En la regulación de descargas de aguas residuales *¿quo vadis?*

Adrián Pedrozo Acuña

Globalmente, se reconoce que el incremento en urbanización, industrialización y población ha resultado en un mayor número de retos que debemos enfrentar como sociedad en torno al manejo de las aguas residuales (Allaoui et al., 2015).

Fecha de publicación: 20 de junio de 2021

Existe un amplio rango de químicos descargados a cuerpos de agua que representan un riesgo a los sistemas acuáticos.

La descarga de aguas residuales a cuerpos de agua (p. ej. ríos y lagos) se convirtió en el siglo pasado en una práctica común, mientras que el reconocimiento de la escasez mundial de agua ha generado una legítima preocupación sobre la atención regulatoria tanto de las descargas de aguas residuales como de la calidad del agua de los cuerpos receptores. Esto se expresa claramente en la recientemente adoptada Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en su objetivo 6, cuyo propósito es asegurar la disponibilidad y sustentabilidad del agua para todos (https://sustainabledevelopment.un.org/sdg6). Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se diseñan de tal forma que sirvan para recoger y tratar las aguas que resultan después de su uso doméstico e industrial (mediante un sistema de drenaje), de tal manera que el efluente de la planta no represente un daño a la capacidad del cuerpo receptor para dar soporte a la vida y al desarrollo económico. Así, cuando la planta no cumple con los estándares definidos por el Estado, existen diferentes opciones de manejo entre las que destacan: incrementar la tecnología de tratamiento; la reutilización del agua tratada; el control de la fuente de contaminación (reducir el contaminante antes de que este entre a la planta); y controles de comportamiento (modificar comportamientos que afectan las cargas de contaminantes, lo que incluye recomendar, por ejemplo, el desuso de algunos productos cosméticos). La efectividad y selección de estas opciones dependen claramente de la implementación de un sistema de monitoreo de descargas adecuado, que permite demostrar si estas cumplen o no con los estándares y límites definidos en la normatividad.

En todo el mundo, los permisos de descarga, junto con la definición de los límites máximos permisibles de cada contaminante, representan la base de todos los marcos regulatorios diseñados para proteger los sistemas acuáticos (Xenarios y Bithas, 2012). Los límites tradicionales para las descargas incluyen hipótesis implícitas de que los estándares para nutrientes, oxígeno disuelto, metales pesados y bacterias protegen los valores (ambiental, social, cultural) de los cuerpos receptores, y una falla en su cumplimiento está generalmente asociada a un sistema de medidas punitivas, finacieras en su mayor parte. Por otro lado, conforme se incrementa nuestro conocimiento sobre los impactos potenciales de efluentes complejos (mezcla de contaminantes de diferentes actividades) y nuestra apreciación sobre el hecho de que la sensibilidad y resiliencia a la contaminación varía de forma sustancial entre ecosistemas (Hering et al., 2010), parece muy probable que la regulación definida a través de permisos de descarga y límites máximos

Núm. 23, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-23



permisibles sea insuficiente para garantizar la salud de los ecosistemas y la nuestra y evitar la degradación de los sistemas acuáticos. Por esta razón, en algunos países han tomado la decisión de robustecer estos marcos normativos, expandiéndose para incluir pruebas de toxicidad, monitoreo biológico o contaminantes prioritarios. Estos cambios son evidentes en algunos países, como Sudáfrica, donde la nueva ley conocida como National Water Act 1998 estipula el biomonitoreo del efluente en sus zonas o regiones más sensibles (Eddy, 2003).

Las PTAR están diseñadas para reducir o eliminar un amplio rango de sustancias, incluyendo partículas, nutrientes y patógenos, que se encuentran frecuentemente especificados en los límites máximos permisibles. El tratamiento involucra procesos primarios, secundarios y, en algunos casos, terciarios, que tienen su base en trenes de tratamiento mecánicos, biológicos o más avanzados (químicos). El tratamiento secundario es el más común para los estándares de Europa, Norteamérica y Australia y tiene su base en la aplicación de procesos biológicos que degradan una cantidad de compuestos orgánicos que no se eliminan durante el tratamiento primario (Luo et al., 2014). Estos procesos son generalmente efectivos en la reducción de concentraciones de nutrientes y también remueven un mayor porcentaje de contaminantes emergentes respecto al tratamiento primario, sin embargo, la eficiencia de remoción de contaminantes emergentes puede ser inconsistente o inadecuada (Luo et al., 2014; Siegrist y Joss, 2012). Además, algunos contaminantes pueden transformarse o desagregarse en productos tóxicos que ya no son procesados antes de la descarga (Matamoros et al., 2016). A pesar de que la definición de tratamientos terciarios varía considerablemente (Hopcroft 2014), éstos generalmente involucran procesos químicos o mecánicos como la nanofiltración, la ósmosis inversa, el carbón activado, la coagulación-floculación, la luz ultravioleta y la cloración.

A pesar de que un mayor nivel de tratamiento reduce el riesgo de un impacto negativo en un cuerpo de agua, el riesgo asociado a un efluente específico depende de distintos factores. La composición y el origen del influente impactará en los tipos de contaminantes presentes y, por lo tanto, en el riesgo que produce. La comprensión de los riesgos nos permite la selección del tipo de tratamiento terciaro que es necesario instalar, mientras que es importante reconocer que no existe una técnica específica que proporcione una completa remoción de contaminantes emergentes. Sin embargo, la agregación de uno

o más procesos de tratamiento terciario en el tren de tratamiento mejora la eficiencia en la remoción de contaminantes emergentes, pero cabe señalar que esto incrementa considerablemente los costos de instalación y operación de la PTAR. Justamente, la falta de sostenibilidad económica que provea los recursos necesarios para garantizar la operación de la infraestructura de saneamiento de los municipios es un problema añejo en nuestro país. Esto se debe, entre otras cosas, a que en el pasado se fomentó una solución única (construcción de PTAR) para los municipios que regionalmente tenían diferencias en sus condiciones de estrés hídrico, climáticas y de actividades económicas.

Existe también un amplio rango de químicos descargados a cuerpos de agua que representan un riesgo a los sistemas acuáticos. Por lo general, estos se enlistan como "sustancias prioritarias", e incluyen metales pesados, biocidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y disolventes clorados, entre otros (EU Directive 2008/105/EC ammended 2013/39/EU, U.S. Government´s (2015) (lista de contaminantes prioritarios) (Muñoz et al., 2008). Estas sustancias pioritarias se sujetan a límites máximos permisibles (p. ej. ANZECC/ARMCANZ (2000); Annex II Water Framework Directive (2008)) y, por lo tanto, se les da seguimiento continuo a través de mediciones como parte del permiso de descarga. Sin embargo, estas listas están continuamente en crecimiento: Tan solo en Estado Unidos, en los años 70 se tenían identificadas solo 23 sustancias químicas, y actualmente se tienen 126. Sin lugar a dudas, esto representa un reto para el monitoreo y la evaluación de los efluentes o descargas, dejando de lado los contaminantes emergentes, que no se encuentran regulados bajo ninguna norma, y entre los que se incluye a los componentes farmacéuticos, las drogas ilícitas, los cosméticos, los químicos industriales, así como los pesticidas y los microplásticos.

Es evidente que hay fuertes motivaciones ambientales, de salud pública y económicas para revisar y modificar el marco normativo que determina las condiciones de descarga de los efluentes, pero también debemos reconocer que hay algunos obstáculos, mayormente financieros, que impiden modificar este marco para incluir todos y cada uno de los compuestos que generan un riesgo. Pero en esta encrucijada cabe preguntarnos: ¿Qué hacemos en un contexto de pocos recursos económicos y un incremento evidente en la sobreexplotación de ríos y acuíferos? ¿Será responsable mantener el status quo bajo las condiciones actuales de degradación ambiental y escasez de agua? Las respuestas a estas preguntas pasan por el diálogo constructivo entre gobierno, sociedad e industria, respetando el papel que cada institución desempeña en este concierto, tanto en la definición de la norma, como en su verificación y cumplimiento, y en la aportación de evidencia científica que la soporta. Debemos pensar que el marco normativo creado en 1996 (NOM001-SEMARNAT-1996) lleva 25 años vigente, tiempo durante el cual la población y la cantidad de industrias han crecido considerablemente a lo largo y ancho del país, modificando la composición de las descargas y, por tanto, los riesgos a la salud ambiental y humana pensadas al momento de su creación.

Algo que se menciona con mucha frecuencia en todo el mundo es la necesidad de evolucionar hacia un énfasis en el contexto específico de cada cuenca o acuífero (quizá considerando el tipo de actividades económicas que se realizan y el grado de sobreexplotación de agua que existe) para, por ejemplo, definir el nivel de protección y los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales. También se recomienda generar guías o reglas de monitoreo específico de acuerdo con el rango de actividades económicas que se desarrollan en las cuencas o acuíferos que deseemos proteger. Un ejemplo de lo anterior está dado por la Iniciativa Textil de Suecia (www.stwi.se), en la que diversas empresas trasnacionales textiles asumen el compromiso de cuidar sus efluentes en regiones del mundo muy estresadas hídricamente. En particular, se plantean cambios internos que les permitan avanzar hacia

una huella hídrica cero (ver Pedrozo-Acuña, 2020), sin contaminar el ambiente.

Definitivamente, el dejar las cosas como están no es el camino ni sería responsable. Pensemos en las generaciones futuras de mexicanas y mexicanos. Todos tenemos una función qué cumplir: industria, sociedad y gobierno. Debemos entender que el papel de los permisos de descarga y los límites máximos permisibles que definamos para el futuro son claves para asegurar el bienestar social y el desarrollo económico de México. Nos jugamos con esta decisión la continuidad de la vida como la conocemos y el futuro de un país que puede utilizar al agua y su marco normativo como llave de acceso a la prosperidad y bienestar de todas y todos.

Referencias

Allaoui, M., Schmitz, T., Campbell, D., Andre de la Porte, C., 2015. In: Programme UNE (Ed.), Good Practices for Regulating Wastewater Treatment: Legislation, Policies and Standards.

Annex IIWater Framework Directive, 2008. Annex II of Directive 2008/105/EC. European Union. http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/priority_substances.htm.

ANZECC/ARMCANZ, 2000. The Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality.

Eddy, L.J., 2003. Sewage Wastewater Management in South Africa. Faculty of Science. MSc. Rand Afrikaans University.

Hering, D., Borja, A., Carstensen, J., Carvalho, L., Elliott, M., Feld, C.K., et al., 2010. The European Water Framework Directive at the age of 10: a critical review of the achievements with recommendations for the future. Sci. Total Environ. 408, 4007–4019.

Hopcroft, F., 2014. Wastewater Treatment Concepts and Practices. Momentum Press.

Luo, Y., Guoa,W., Ngo, H.H., Nghiemb, L.D., Hai, F.I., Zhang, J., et al., 2014. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. Sci. Total Environ. 473–474, 619–641.

Matamoros, V., Jover, E., Bayona, J.P., 2016. Occurrence and fate of benzothiazoles and benzotriazoles in constructed wetlands. Water Sci. Technol. 61, 191–198.

Muñoz, I., José Gómez, M., Molina-Díaz, A., Huijbregts, M.A.J., Fernández-Alba, A.R., García-Calvo, E., 2008. Ranking potential impacts of priority and emerging pollutants in urban wastewater through life cycle impact assessment. Chemosphere 74, 37–44.

NOM-001-SEMARNAT- 1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Pedrozo-Acuña A., 2020. Huella hídrica cero en la industria: piedra angular para el desarrollo económico equitativo, Perspectivas IMTA, No.20, DOI: https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-20 Siegrist, H., Joss, A., 2012. Review on the fate of organic micropollutants in wastewater treatment and water reuse with membranes. Water Sci. Technol. 66, 1369–1376.

U.S. Government, 2015. Title 40: Protection of the Environment. U.S. Government Publishing Office, Washington.

Xenarios, S., Bithas, K., 2012. The Use of Environmental Policy Instruments for Urban Wastewater Control: Evidences from an International Survey. 22. Environmental Policy and Governance, pp. 1.

PERSPECTIVAS IMTA
Núm. 20, 2021
Autor: Adrián Pedrozo Acuña.
DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021- 20

Autor:
Adrián Pedrozo Acuña
Fecha de publicación:
30 de Mayo de 2021

Contaminación difusa, el reto para la gestión del agua en ciudades

Adrián Pedrozo Acuña

La contaminación difusa en cuencas urbanas es uno de los problemas ambientales en todo el mundo.

Este fenómeno comprende la incorporación de contaminantes disueltos en el agua de las ciudades que son capturados a través de procesos hidrológicos como la precipitación, la infiltración y el escurrimiento en calles, azoteas, áreas comerciales y suelos urbanos altamente modificados. Dichas sustancias nocivas tienen impactos negativos en la calidad del agua superficial y subterránea. Es necesario distinguir este tipo de contaminación difusa de aquella que se origina de forma puntual por descargas asociadas con actividades industriales o plantas de tratamiento (Fletcher et al., 2013). La contaminación difusa se genera por una amplia gama de actividades a las que no es posible asociar una fuente discreta en el territorio.

En el pasado, la solución planteada para la contaminación del agua en ciudades industrializadas era la construcción de un sistema de drenaje general (Chocat et al., 2007). Sin embargo, existe una preocupación manifiesta que resulta del hecho de que, a pesar de la implementación de estos sistemas en el mundo, aún se registra un continuo deterioro de la calidad del agua en ciudades. No es casualidad que en la Comunidad Europea se hayan aprobado leyes y normas que demandan la necesidad de mantener una buena salud ambiental en los ecosistemas urbanos. Los contaminantes más comunes que se encuentran en las aguas de las ciudades son metales pesados, nutrientes, sedimentos contaminados, productos derivados del petróleo, medicinas, pesticidas y patógenos (ver por ejemplo Miller y Hutchins 2017 para ríos y Howard y Gerber 2018 para acuíferos). Algunas de estas sustancias tóxicas causan efectos letales sobre los organismos acuáticos, falta de oxígeno y eutroficación de los cuerpos de agua como resultado del exceso de materia orgánica. Esto indica que, a nivel mundial, todavía no logramos una gestión sustentable del agua urbana.

La contaminación difusa en cuencas urbanas está directamente asociada a las alteraciones físicas del régimen hidrológico por la urbanización, entre las que destacan los

Fecha de publicación:
30 de mayo de 2021

Las técnicas de monitoreo automático y en tiempo real nos permiten resolver dudas relativas al origen de los contaminantes.

Núm. 20, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-20



altos porcentajes de áreas impermeables, la alteración de los ríos (p. ej. entubamiento) y la falta de conexión de algunas regiones de la ciudad a un sistema de drenaje central. La implementación de sistemas de drenaje en ciudades tiene efectos directos que implican una disminución en la recarga acuíferos, así como el incremento en el escurrimiento de agua pluvial, entre otros (Cristiano et al., 2017). En la actualidad, en el diseño del drenaje urbano existe una tendencia global a apartarse de las soluciones más tradicionales de la ingeniería hidráulica y de las soluciones centralizadas hacia metodologías de drenaje más naturales que permitan reducir los picos de operación en el drenaje que impliquen su desbordamiento. Este cambio en la conceptualización involucra el diseño más extensivo de medidas descentralizadas y naturales para la gestión de las aguas pluviales o de tormenta (Golden y Hoghooghi 2018). Estas se conocen como sistemas de drenaje sustentable (SuDS por sus siglas en inglés), soluciones basadas en la naturaleza, o infraestructura verde (ver Fletcher et al., 2015 para una revisión de terminologías). Este cambio de paradigma tiene como propósito retener las aguas de tormenta dentro de la ciudad para dar paso a procesos hidrológicos como la recarga, en lugar de desalojar las aguas excedentes de forma inmediata (Courty 2021).

A pesar de esta evolución, debemos reconocer que para ambos tipos de sistemas existe poca claridad sobre las fuentes precisas de contaminantes, su acumulación y destino dentro de los ríos y acuíferos. Sin embargo, podemos afirmar que la transición de sistemas centralizados a sistemas descentralizados representa una modificación en los flujos hidrológicos y su conectividad a nivel cuenca. El concepto de conectividad hidrológica ha probado ser muy útil para comprender la contaminación difusa que se da por actividades agrícolas en cuencas rurales (estudios sobre la exportación de nutrientes que generan eutroficación se documentan en Dupas et al., 2015 o Stachelek y Soranno 2019), sin embargo, este concepto no se ha utilizado en cuencas urbanas.

El eje principal para la gestión de la contaminación difusa en cuencas urbanas consiste en el control de la fuente, esto es, la reducción o cancelación de la acumulación de contaminantes en la superficie urbana donde sea posible. Si bien es cierto que el control de las fuentes de contaminación difusa en grandes ciudades es imposible, la evaluación de la conectividad hidrológica

de los contaminantes nos permite identificar fuente críticas dentro de la ciudad, en las que es posible priorizar estrategias de manejo (Wang et al., 2017). Existen diferentes métodos para la priorización de las medidas, las cuales se pueden clasificar como intervenciones espaciales explícitas y de contaminantes específicos (Achonitis et al., 2018). De hecho, la Ley de Agua de la Comisión Europea indica una lista de substancias prioritarias que deben ser utilizadas como guía (Directive 2008/105/EC, 2008, Annex I).

Más allá del control de la fuente de contaminación, se necesita un cambio seminal hacia la gestión activa de la conectividad hidrológica estructural y funcional de las cuencas urbanas. Este proceso será posible a través del uso de un conocimiento científico que provea información precisa sobre los procesos físicos de conectividad hidrológica dentro de las ciudades, dejando de lado los conceptos derivados de la comprensión empírica de la hidrología urbana (p. ej. coeficiente de escurrimiento). Para este propósito, necesitamos establecer guías y normas para el monitoreo continuo del drenaje urbano y de sus volúmenes, pero también de los contaminantes y sustancias que fluyen durante el día, de tal manera que podamos entender cómo se presenta la contaminación difusa a lo largo del tiempo.

Adicionalmente, las técnicas de monitoreo automático y en tiempo real nos permiten resolver dudas relativas al origen de los contaminantes, su destino y camino a través del drenaje, así como las áreas más afectadas que requieran atención inmediata. De igual manera, será posible analizar su operación antes, durante y después de una tormenta, de tal suerte que sea posible la identificación de un posible desbordamiento que ponga en aprietos la seguridad de la población.

Este tipo de estrategia permite identificar cuándo y dónde los patrones de conectividad hidrológica necesitan mantenerse o alterarse, evitando flujos intencionales o no intencionales de contaminantes dentro de las ciudades. Los análisis multiescala del funcionamiento seguro de los almacenamientos y barreras dentro de la ciudad tienen el potencial de identificar cuando las superficies y flujos urbanos estén fuertemente desconectados, difusamente conectados o completamente conectados (Fryirs, 2013).

La continua urbanización, aunada (McGrane, 2016) a las predicciones de incremento en las inundaciones pluviales por el cambio climático en diversos lugares del mundo (Miller y Hutchins, 2017), ha creado un caldo de cultivo perfecto para el incremento de la contaminación del agua en ciudades. Por esta razón, en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua estamos comprometidos con el impulso de soluciones basadas en la naturaleza, como una estrategia clave para la atención a este problema. Prueba de ello es nuestro Segundo Coloquio Internacional Soluciones Basadas en la Naturaleza para la Gestión Hídrica, donde podrán ser testigos de trabajos bajo esta nueva óptica en Francia, Brasil y México.

De esta forma, el IMTA motiva la evolución de la ingeniería nacional del agua.

Referencias:

Aschonitis, V. G., Gavioli, A., Lanzoni, M., Fano, E. A., Feld, C., & Castaldelli, G. (2018). Proposing priorities of intervention for the recovery of native fish populations using hierarchical ranking of environmental and exotic species impact. Journal of Environmental Management, 210, 36– 50.

Chocat, B., Ashley, R., Marsalek, J., Matos, M. R., Rauch, W., Schilling, W., & Urbonas, B. (2007). Toward the sustainable management of urban storm-water. Indoor and Built Environment, 16, 273– 285.

Cristiano, E., ten Veldhuis, M. C., & van de Giesen, N. (2017). Spatial and temporal

variability of rainfall and their effects on hydrological response in urban areas - A review. Hydrology and Earth System Sciences, 21, 3859– 3878.

Courty, L.C., 2021. Hacia una gestión de las aguas urbanas basada en la naturaleza, Perspectivas IMTA, No.6: https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-06

Directive 2008/105/EC, 2008. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council OJ L 348, 24.12.2008, p. 84–97

Dupas, R., Delmas, M., Dorioz, J. M., Garnier, J., Moatar, F., & Gascuel-Odoux, C. (2015). Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. Ecological Indicators, 48, 396– 407.

Fletcher, T. D., Andrieu, H., & Hamel, P. (2013). Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters; a state of the art. Advances in Water Resources, 51, 261– 279.

Fletcher, R., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. Urban Water Journal, 12, 525– 542.

Fryirs, K. (2013). (Dis)Connectivity in catchment sediment cascades: A fresh look at the sediment delivery problem. Earth Surface Processes and Landforms, 38, 30– 46.

Golden, H. E., & Hoghooghi, N. (2018). Green infrastructure and its catchment-scale effects: An emerging science. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water. 5, 1– 14. https://doi.org/10.1002/wat2.1254

Howard, K., & Gerber, R. (2018). Impacts of urban areas and urban growth on groundwater in the Great Lakes Basin of North America. Journal of Great Lakes Research, 44, 1– 13.

McGrane, S. J. (2016). Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: A review. Hydrological Sciences Journal, 61, 13,2295– 13,2311. https://doi.org/10.1080/02626667.2015.112808

Miller, J. D., & Hutchins, M. (2017). The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom. Journal of Hydrology Regional Studies, 12, 345– 362.

Stachelek, J., & Soranno, P. A. (2019). Does freshwater connectivity influence phosphorus retention in lakes? Limnology and Oceanography, 64, 1586– 1599.

Wang, Y. H. J., Montas, Brubaker, K. L., Leisnham, P. T., Shirmohammadi, A., Chanse, V., & Rockler, A. K. (2017). A diagnostic decision support system for BMP selection in small urban watershed. Water Resources Management, 31, 1649– 1664.

Evaluación de impacto ambiental integrada

María Antonieta Gómez Balandra

En los informes de impacto ambiental, en muchos casos se dejaron de lado aspectos sociales específicos de las áreas en estudio.

Debido a que el instrumento de política ambiental para evaluar el impacto de obras y actividades de desarrollo en el país —la evaluación de impacto ambiental (EIA)—, en los ámbitos federal y estatal, siguió la tendencia de emitir cuestionarios o guías (informe preventivo y manifestaciones de impacto ambiental) para concentrar la información y someterla a revisión y autorización, se dejó de lado en muchos casos la inclusión de aspectos sociales específicos de las áreas de afectación directa de los proyectos o de su área de influencia.

Los datos solicitados por tales guías, principalmente sobre aspectos sociales, se incorporaban —y en algunos casos siguen incorporándose— considerando la información disponible, por medio de sistemas de información geográfica, que describe indicadores de municipios o localidades mayores, con avance cada vez mayor en su representación espacial.

Estos indicadores de Inegi y otras instituciones proporcionan generalmente información sobre las condiciones socioeconómicas (educación, empleo, población económicamente activa, etc.), los servicios con que cuentan las localidades (agua, energía, vivienda con piso, etc.) y los grados de marginación, pero ofrecen información escasa o indirecta sobre su relación con el medio ambiente y los intereses sobre su uso y conservación, todo lo cual debía traducirse a su relación con el desarrollo de los proyectos (obras o actividades).

Los dos primeros pasos de la EIA incluyen el decidir si por la magnitud y localización de la obra debe someterse a este procedimiento y a la autorización de su manifestación de impacto ambiental (MIA), y definir los temas y profundidad con que deberán analizarse (fase de "alcance" o scoping) En este segundo paso, las buenas prácticas internacionales recomiendan una consulta local o pública temprana para integrar las preocupaciones de los afectados o interesados en unos términos de referencia para complementar y realizar la MIA, lo cual, en general, se ha resuelto siguiendo únicamente las guías señaladas, considerando que con ello se cumple normativamente, sin reconocer que en ciertos casos se pierde la oportunidad de realizar la evaluación necesaria, oportuna y específicamente requerida para identificar y mitigar los impactos

.

Aunque el reglamento no limita la consulta, normativamente, la única audiencia pública oficial que forma parte de un procedimiento de EIA, que es más de comunicación que de participación, se realiza cuando ya se ha sometido toda la información de la MIA por el promovente del proyecto y su consultor. Lo anterior ocurre en muchos países y ha seguido

Fecha de publicación:
23 de mayo de 2021

Los indicadores para las aguas superficiales y subterráneas deben ser los más apropiados a las características geohidrológicas.

Núm. 19, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-19



ocurriendo en el nuestro, a pesar de que las particularidades de la EIA no solo comprenden un instrumento de gestión y autorización de proyectos, sino un documento donde se plasma una evaluación de los impactos sobre el entorno natural y social con bases técnico-científicas y con evidencias de comunicación y participación. La mayoría de las legislaciones ha dado mayor peso a la gestión, y es por ello que el instrumento es fuerte para autorizar proyectos, pero débil para proteger, conservar y mitigar los impactos y promover la sustentabilidad, ya que pierde su objetivo y hace difusa la obtención de una línea basal robusta, que mejore la predicción y evaluación de impactos, a la vez que entorpece el seguimiento de sus medidas de mitigación, condicionantes establecidas en sus programa de manejo y de vigilancia ambiental (PMA – PVA), muchas de las cuales son escasamente conocidas y supervisadas y, en muchas ocasiones, tienen una nula participación local.

Entre los temas que se consideran de forma parcial en las MIA se han reconocido, en cuanto a los aspectos del manejo del agua, por ejemplo, los procesos naturales, como la dinámica de los acuíferos, que requiere una selección adecuada de los parámetros de cantidad y calidad que se pueden ver afectados por un proyecto en el corto, mediano y largo plazos, llegando a tener repercusiones ambientales y sociales. De ahí la importancia de establecer una buena línea de base, consultando lo más tempranamente posible a las comunidades y a los especialistas en los temas, con el fin de seleccionar los parámetros que deben medirse.

Asimismo, el reconocimiento del régimen hidrológico, con su variabilidad histórica de caudales extremos bajos y su patrón de inundaciones, representan indicadores clave en la planeación del aprovechamiento del recurso agua o del desarrollo territorial para distintas actividades. Igualmente importante es el reconocimiento de la disponibilidad, de aprovechamientos potenciales y de los requerimientos del caudal ecológico, que pueden llevar a controversias con las comunidades locales y a disponer del agua más allá de sus límites de alteración.

En términos de la calidad ambiental, los indicadores para las aguas superficiales y subterráneas deben ser los más apropiados a las características geohidrológicas, actividades y descargas en la zona, así como a los grados de contaminación que presenten y a la influencia que podría tener el proyecto y sus actividades u obras relacionadas, temporales o permanentes. De tal manera que no solo se reporten los datos y se comparen con normas que en muchas ocasiones no son las adecuadas, sino que se reconozca la condición de menor deterioro o natural de la zona a ser comparada y contrastada, toda vez que avance la construcción y operación del proyecto. Cabe remarcar que se considera que este enfoque es más aceptado por las comunidades que en muchas ocasiones ven deteriorarse sus recursos sin contar con una condición a comparar y a ser rehabilitada por los desarrollados o infractores.

Por otro lado, se han realizado diversas recomendaciones para reconocer la importancia y el grado de perturbación de las comunidades

acuáticas, sus hábitats y la perdida acelerada de su biodiversidad, por lo cual algunas MIA además de los listados de especies y de su inclusión en la norma sobre estatus de protección (NOM-059-SEMARNAT-2010), llegan a incluir a algunas consideraciones, sin que ello llegue a representar medidas específicas de mitigación, rehabilitación de cauces o hábitats, ni consideración de límites, por ejemplo.

La importancia social y económica de muchos recursos vegetales, de caza o pesca y paisajísticos, que proporcionan beneficios a las comunidades por ser fuentes de alimento, empleo y de valores culturales, ha sido poco reconocida en las MIA. Todo ello relacionado con la incorporación de los servicios ambientales en la evaluación de impactos.

De esta forma, y considerando que la escasa consideración de los aspectos sociales en la toma de decisiones ha llevado a importantes rechazos, retrasos y pérdidas económicas en diversos proyectos, se logró implantar una evaluación de impacto social (EVIS) para proyectos energéticos, la cual considera cuatro aspectos fundamentales:

- La descripción del proyecto y de su área de influencia
- Identificación y caracterización de comunidades y pueblos que se ubican en el área de influencia del proyecto
- La identificación, caracterización, predicción y valoración de los impactos sociales positivos y negativos que podrían derivarse del proyecto
- Las medidas de prevención y mitigación, y los planes de gestión social

Los planes de gestión social (PGS) se revisan y condicionan por la Secretaría de Energía y deben incluir los enfoques fundamentales de derechos humanos, respeto a comunidades indígenas y desarrollo económico. Es por esto que, para proyectos en zonas de comunidades y pueblos indígenas, debe llevarse a cabo una consulta previa a través de sus instituciones representativas y mediante procedimientos apropiados, alcanzando acuerdos para obtener el consentimiento libre e informado. El seguimiento revisa el cumplimiento de los acuerdos adoptados. De forma integrada, debería considerarse el procedimiento de impacto ambiental como se indica en la figura 1. Bajo este contexto, se buscaría que el desarrollo sustentable incorporara los aspectos de un crecimiento económico incluyente con bienestar social, conservación y protección ambiental.

La falta de buena información a partir de la línea base, de indicadores específicos y de la identificación de actores de interés lleva a incurrir en una inadecuada evaluación de impactos, mitigación y seguimiento, propiciando que se presenten incumplimientos, fallas en los reportes semestrales del avance del proyecto y aplicación de las medidas de mitigación, así como denuncias y demandas difíciles de atender por la falta de datos adecuados y su seguimiento. En este sentido, es importante la claridad de los procesos naturales explicados por los científicos, entendidos y ampliados por las comunidades, así como los parámetros o variables involucradas, incluso para orientar las acciones legislativas.

Cabe resaltar que el país cuenta con un marco regulatorio cada vez más amplio, al que se van sumando otros principios como los objetivos del desarrollo sostenible (ODS), o los más recientes, del acuerdo de Escazú (acceso a la información, a la participación pública en la toma de decisiones y acceso a la justicia en asuntos ambientales), para todos los cuales es necesario desarrollar y proporcionar evidencias de cumplimiento para promover el desarrollo e incluso lograr el financiamiento de las obras.

A este respecto, el sector financiero internacional señala importantes salvaguardas (Banco Mundial- Corporación Financiera Internacional (IFC), Principios

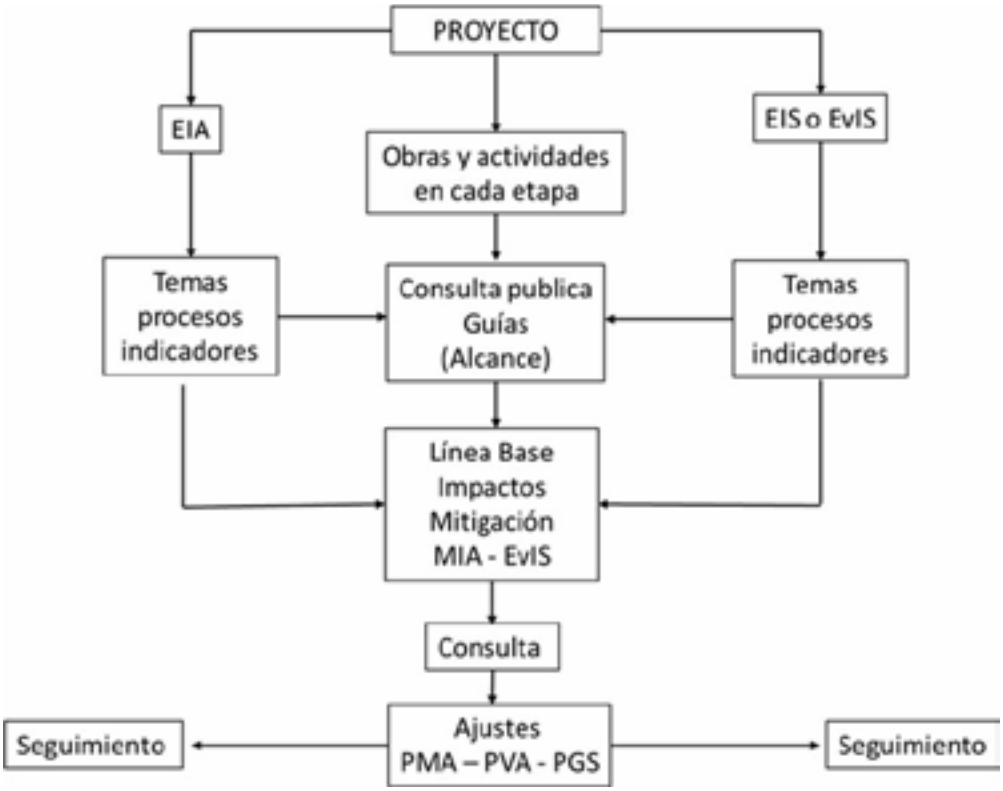


Figura 1. *Procedimiento de EIA – EVIS integrado*

del Ecuador, protocolos de sustentabilidad para diversos proyectos, etc.). Los temas sociales, ambientales y económicos son muy amplios y cada vez más específicos, por lo que debe demostrarse que han sido considerados, tanto por las regulaciones como por arreglos o acuerdos entre las instituciones y con las comunidades afectadas y otras partes interesadas, que aseguren el avance de los proyectos y reduzcan el riesgo de las inversiones, dando además certidumbre a la sociedad en su conjunto.

Reflexiones sobre las causas que limitan el uso de humedales de tratamiento en México

Armando Rivas Hernández

Los humedales de tratamiento son sistemas de tratamiento de aguas residuales que, al emular los procesos de depuración existente en los humedales naturales, disminuyen la carga contaminante presente en el agua a partir de un cuidadoso diseño ingenieril y una meticulosa construcción.

Fecha de publicación:
14 de marzo de 2021

Los humedales de tratamiento son una tecnología atractiva: presentan los menores costos de tratamiento con respecto a los sistemas electromecánicos que requieren energía eléctrica para su funcionamiento.

Su uso se ha incrementado durante los últimos veinte años en todo el mundo, debido principalmente a que proporcionan un tratamiento económico, a que su mantenimiento es fácil, su operación sencilla y a que son amables con el medio ambiente. En México constituyen el 8 % de la infraestructura de tratamiento y su uso va en aumento (Conagua, 2019). Encuentran aplicación a nivel familiar, en unidades habitacionales, en zonas rurales y en ciudades medianas con espacio suficiente para su implementación. Su principal limitante es la disponibilidad de terreno. Consisten de estanques poco profundos que contienen especies vegetales, las cuales, conjuntamente con los microorganismos en el agua, realizan la depuración. En la edición más reciente del Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, (Conagua, 2019) se señala que en México existen 3,661 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (PTAR), de las cuales operan 2,642 (72.16 %).

Las principales causas por las que las PTAR. quedan fuera de operación son diversas, pero en buena medida tiene que ver con falta de capacidad económica de los organismos operadores para el pago de insumos, falta de personal capacitado, vida útil rebasada, deficiencias en el diseño y la construcción, desinterés de autoridades locales y la insuficiencia, e incluso carencia, de alcantarillado sanitario para alimentarlas.

La mayoría de los humedales de tratamiento municipales inventariados por la Conagua (2019) tienen una capacidad instalada de hasta 10 Ll/s (241 de 275 reportados), aunque hay algunos con flujos mucho mayores, como el que da servicio al municipio Centro en Tabasco, que es de 700 l/s.

En el intervalo de hasta 10 l/s de capacidad instalada, los humedales de tratamiento son los sistemas que presentan el mayor cociente de unidades en operación/unidades construidas: 0.886. Por su parte, los sistemas lagunares, 0.808 y los sistemas mecanizados (agrupación de lodos activados en todas sus modalidades, filtros percoladores o rociadores, discos biológicos y procesos duales), 0.539.

Con base en las estadísticas, los humedales de tratamiento parecen tener mayores probabilidades de ser sistemas perdurables para dar el servicio de tratamiento a comunidades semirurales, periurbanas y urbanas de tamaño pequeño y medio.

Núm. 9, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-9



Otra gran ventaja de los humedales es que al mismo tiempo que depuran las aguas residuales pueden brindar beneficios adicionales, como el reciclaje de nutrientes (que reducen riesgos de eutroficación en los cuerpos receptores), el cultivo de especies de ornato (flores como el alcatraz) o plantas que pueden ser utilizadas para la fabricación de objetos (como el tule). También se generan microhábitats para aves o anfibios, o se crean áreas verdes que pueden servir para el esparcimiento de los ciudadanos a los que les da servicio. Así, la planta de tratamiento de aguas residuales puede contribuir a mejorar la calidad de vida, no solo por el saneamiento —su razón principal de ser—, sino por los beneficios adicionales que genera.

Sin embargo, no todo es miel sobre hojuelas. En la práctica, muchos humedales presentan deficiencias en su dimensionamiento, diseño, construcción y operación, lo que se refleja en efluentes con calidades inferiores a las esperadas o calculadas cuando se diseñó el sistema. Dichas deficiencias pueden generar condiciones poco favorables para la aceptación de la tecnología, como la emisión de malos olores. Esto, en parte, puede ser explicado por el uso de las constantes cinéticas, ya que las reportadas en la bibliografía generalmente se han obtenido bajo condiciones geográficas y climáticas particulares, distintas de las que se encuentran en México, por lo que es necesario tener cautela en el uso de estos valores o, idealmente, generar dichas constantes. Un mal diseño hidráulico puede provocar también que existan zonas muertas en las que pueden proliferar larvas de mosquitos.

Otros aspectos fundamentales, y sobre los que se requiere investigación, son la combinación de distintos tipos de humedales, sistemas híbridos en los que interactúen humedales verticales, humedales subsuperficiales y/o humedales superficiales, utilizar tipos de sustrato o medios filtrantes con capacidades específicas para la remoción de algunos contaminantes, el tipo de especies vegetales a utilizar, sobre todo que sean abundantes en la región en que se construye el humedal y, de preferencia, que no sean especies introducidas. Esto último tiene que ser rigurosamente aplicado si el humedal se encuentra enclavado en una región con gran importancia ambiental, como una zona natural protegida.

Otra causa que afecta fuertemente la aplicación de esta alternativa tecnológica es que los diseñadores no consultan a personal con experiencia. Si bien en

años recientes se han dado pautas para el diseño de humedales de tratamiento, como el libro 30 del Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (MAPAS, Conagua, 2017), es importante tener en cuenta los ajustes o previsiones para la selección de las constantes cinéticas, la revisión de casos exitosos y, en la medida de lo posible, consultar a expertos en el tema.

Un factor más es la dispersión que existe entre universidades, centros de investigación, instituciones, asociaciones civiles y empresas involucradas con esta tecnología de tratamiento. Es frecuente que se repitan investigaciones, lo que reduce la posibilidad de generación de información inédita, e incluso se dan casos en los que se cometen los mismos errores. Como una alternativa de solución para reducir los efectos de la dispersión se creó la Red Panamericana de Sistemas de Humedales de Tratamiento, que tiene como objetivo proveer una plataforma de intercambio de conocimientos para los científicos y técnicos que trabajan con humedales naturales y humedales de tratamiento en Latinoamérica.

Por otra parte, los sistemas municipales de agua, alcantarillado y saneamiento, que son los usuarios de la tecnología, enfrentan una problemática ya muchas veces descrita, como es la falta de continuidad de los tomadores de decisiones y, con frecuencia, quienes los sustituyen tienen poco o nulo conocimiento sobre las distintas opciones de tratamiento de las aguas residuales.

En general, el tratamiento de las aguas residuales no suele ser una prioridad para los directivos de los organismos operadores, y suele percibirse más como una carga, que como un servicio fundamental para garantizar el derecho humano a un ambiente salubre y al propio derecho humano al agua, ya que, al no ser protegidas las aguas superficiales, las fuentes de suministro se van degradando. Al parecer no se tiene el suficiente conocimiento de los beneficios a la salud y al medio ambiente que implica el tratamiento de las aguas residuales. Un aspecto de alta relevancia que debe considerarse en la implementación de esta tecnología es buscar la participación ciudadana activa y suficiente. La generación de consensos con la comunidad es absolutamente necesaria para el buen desarrollo de estos proyectos, desde su aceptación, durante su construcción y en la operación del sistema de tratamiento. La transferencia tecnológica no es suficiente, se requiere de la adopción de la tecnología.

Los humedales de tratamiento son una tecnología atractiva: presentan los menores costos de tratamiento con respecto a los sistemas electromecánicos que requieren energía eléctrica para su funcionamiento; son eficientes en la depuración de las aguas residuales —siempre y cuando el diseño sea correcto y se apliquen las mejores prácticas de ingeniería—; su operación es sencilla y su mantenimiento fácil y económico, ya que no demandan mano de obra calificada ni suelen tener gastos asociados con insumos para su funcionamiento, y generan espacios de belleza natural, dado que mediante la correcta selección de plantas se pueden crear procesos productivos, como la siembra y venta de flores de ornato o de especies vegetales que puedan ser aprovechadas por la comunidad para

la manufactura de artesanías, y se propicia el reciclaje de elementos en la naturaleza. El mayor inconveniente puede estar asociado con la disponibilidad de terreno, por lo que podrían no ser una opción para grandes centros urbanos, al menos no como sistemas centralizados. Aun así, en ciudades como Mexicali y San Luis Potosí se han implementado humedales en grandes extensiones de superficie para dar tratamiento a caudales cercanos a 1 m7/s, donde estos sistemas se han constituido en áreas para la protección de la vida silvestre, principalmente como refugio de aves migratorias, teniendo además la opción del reúso del agua tratada para riego.
En el IMTA, con el objetivo de contribuir al desarrollo de la tecnología, se tiene una línea de investigación relacionada con los humedales para profundizar en el análisis de las causas que intervienen en los procesos de remoción de contaminantes, la influencia de la materia en suspensión en el desempeño del proceso, y proyectos productivos dentro de los humedales, entre otros.

Referencias

Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre 2019. Comisión Nacional del Agua.

Inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) (2016). https://agua.org.mx/biblioteca/catalogo- plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-2016/, consultado 03.03.21

El análisis de los procesos de tratamiento en función de la capacidad instalada se hizo con el inventario de plantas de tratamiento de 2016, disponible en https://agua.org.mx/biblioteca/catalogo-plantas-tratamiento-aguas- residuales-ptar-2016/

PERSPECTIVAS IMTA
Núm. 03, 2021
Autor: Julia E. Prince Flores y Maricarmen Espinosa Bouchot
DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021- 03

Autor:

Fecha de publicación:
31 de enero de 2021

Una mirada a la calidad del agua

Julia E. Prince Flores y Maricarmen Espinosa Bouchot

La actual crisis sanitaria debe obligarnos a replantear los paradigmas de nuestra sociedad y a cuidar nuestros recursos naturales para el bienestar del medio ambiente, el nuestro y el de todos los seres vivos.

La crisis sanitaria que atraviesa nuestro mundo desde hace casi un año por la presencia del virus SARS- CoV-2 y la enfermedad denominada COVID-19 ha transformado de manera radical nuestra vida cotidiana, y nos debe obligar a dar un paso atrás y replantear los paradigmas de nuestra sociedad moderna. El consumismo, los avances tecnológicos y la búsqueda natural del confort por parte de todos los seres humanos nos han llevado a un uso excesivo e indiscriminado de los recursos naturales. Las prácticas de agricultura intensiva, los cambios en el uso de suelo, el hacinamiento de animales y seres humanos, así como la producción y venta de alimentos en condiciones de falta de higiene, entre muchos otros factores, implican un contacto cercano entre seres humanos y animales que resulta propicio para la transmisión de enfermedades y facilita el cruce entre especies de los agentes infecciosos, afectando a los seres humanos.

En este contexto, debe ser clara la importancia que tiene el cuidado de nuestro medio ambiente. Más aun, la situación actual nos permite únicamente realizar actividades al aire libre, fuera de nuestra casa, haciéndonos conscientes del entorno en que vivimos, de la pureza (o falta de ella) del aire que respiramos y la cantidad o ausencia de áreas verdes que hay a nuestro alrededor. Pero, ¿a qué nos referimos exactamente con medio ambiente? ¿Cómo podemos cuidar de él? ¿Qué es un medio ambiente sano?

El medio ambiente se define como un conjunto de circunstancias o factores físicos y biológicos que rodean a los seres vivos e influyen en su desarrollo y comportamiento. A su vez, un ecosistema es un sistema biológico, formado por una comunidad de seres vivos y del medio donde se relacionan, en donde cada especie desempeña un papel en la cadena trófica. Parte fundamental de muchos ecosistemas son sus cuerpos de agua. Los ríos, lagos y lagunas constituyen el hábitat para una diversidad de flora y fauna acuática, y son la base

Fecha de publicación:
31 de enero de 2021

Parte fundamental de muchos ecosistemas son sus cuerpos de agua.

Núm. 03, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-03



y el sostén de todo tipo de vida en el ecosistema. Por tanto, la salud de los ecosistemas está relacionada de manera íntima con la calidad del agua que existe en ellos.

Se sabe que el agua químicamente pura es una molécula compuesta por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. Sin embargo, toda el agua contenida en nuestro planeta presenta además una serie de características físicas, químicas y biológicas, que en conjunto se denominan calidad del agua, y que pueden hacer que esta sea adecuada para ciertos usos e inadecuada para otros. La relevancia del concepto de calidad del agua queda manifiesta si consideramos que la cantidad de agua en nuestro planeta es constante, pero su calidad es muy variable, y puede verse seriamente deteriorada por la actividad humana. De manera que la disponibilidad de agua actual y futura depende no solo del manejo adecuado en términos de cantidad (volúmenes de extracción y recarga), sino también del cuidado que se dé a la calidad del agua. Por tanto, la seguridad hídrica, la salud de los ecosistemas., y la sostenibilidad de todas las formas de vida que hay en nuestro planeta, incluidos los seres humanos, dependerán del cuidado que le demos al agua que tenemos disponible en nuestras fuentes superficiales y subterráneas, así como en nuestros mares y océanos. El ciclo hidrológico es la base del funcionamiento del agua en los ecosistemas, por lo que cualquier alteración de este repercute directamente en ellos. Este contexto nos exhorta hoy más que nunca a emprender acciones para procurar la conservación y recuperación de los cuerpos de agua, tales como el tratamiento a las aguas residuales y la vigilancia de las descargas industriales y domésticas en el cumplimiento de la normatividad aplicable y vigente

.

Las consecuencias de la mala calidad del agua sobre los ecosistemas dependen de su capacidad de resiliencia y del tipo de agente contaminante del que se trate. Sin embargo, de manera general, la contaminación del agua puede incorporar elementos tóxicos en la cadena trófica, lo que al final también afecta nuestra salud por estar al final de la misma. Mientras más contaminantes tóxicos tenga el agua y estos lleguen a los distintos ecosistemas, mayor será la probabilidad de que algunos de ellos se evaporen y se incorporen al ciclo hidrológico. Finalmente, el agua contaminada que es vertida en un ecosistema termina por transformarlo en un sitio hostil para la vida, alterando o destruyendo el hábitat y poniendo en peligro a la flora y

fauna, a otros ecosistemas e, incluso, a la vida del propio ser humano, lo que se conoce como efecto cascada.

En México, según datos de la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua, operada por la Comisión Nacional del Agua a través del Sistema Nacional de Información del Agua (http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=calidadAgua), en 2019, de 2,764 sitios de monitoreo de aguas superficiales, 989 (35.8 %) se encontraban en semáforo rojo debido a la presencia de contaminantes, tales como materia orgánica biodegradable o no biodegradable, medidos a través de la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO5) o demanda química de oxígeno (DQO), respectivamente; bacterias enterococos, o toxicidad. Particularmente en el caso de toxicidad, esta fue detectada en 134 sitios, un dato grave que nos indica que en estos 134 sitios la vida acuática se ve seriamente afectada por la calidad del agua, con implicaciones también para el hábitat terrestre y la vida en general.

Por lo tanto, es de vital importancia que empecemos a estudiar a los distintos procesos que se dan en los ecosistemas desde un pensamiento sistémico con visión integral, puesto que una especie nunca se encontrará aislada, depende siempre de otros seres vivos para sobrevivir y, a la vez, otros seres vivos dependen de ella, lo que se conoce como red trófica. La desaparición de especies de flora y fauna inevitablemente altera las funciones biológicas de los ecosistemas, lo que implica la pérdida de los servicios ambientales que brindan.

Para revertir esta situación es imprescindible que evaluemos la nueva forma como nos relacionamos con el medio ambiente. Como sociedad, es necesario que cambiemos la forma en cómo usamos los recursos —en especial el agua—, evitando su desperdicio y pasando de ser simples consumidores a usuarios responsables, conscientes y vigilantes de su valor. En el caso de la industria es vital que transite hacia nuevos métodos de producción privilegiando a aquellos que mantengan el flujo continuo de los recursos, para que puedan ser utilizados una y otra vez; y que la energía que emplean sea totalmente renovable. Finalmente, que el Estado priorice en su agenda la reducción de la contaminación del agua, haciendo un análisis que dé respuesta al rezago en el saneamiento del agua, que haga visibles sus limitaciones normativas, institucionales y de financiamiento, con el fin de establecer un nuevo enfoque en donde se puedan aprovechar de manera sostenible los subproductos del tratamiento, además de cumplir con la reducción de la contaminación para la conservación de nuestros ecosistemas y sus servicios ambientales.

Por otro lado, la mayor parte del agua empleada en nuestro país para uso doméstico (uso y consumo humano) proviene de fuentes de agua subterráneas. De acuerdo con datos de la Red de Monitoreo de Aguas Subterráneas, a 2019, de 1,292 sitios de monitoreo, 578 se catalogaron como semáforo rojo debido a altos índices de contaminación. En 205 sitios se detectó una concentración alta de fluoruros (mayor a 1.5 mg/L). En términos de la concentración de arsénico, 308 sitios se catalogan como no aptos como fuente de abastecimiento de agua potable, al contener concentraciones por encima de 0.025 mg/L y hasta de 0.4628 mg/L. Estos datos ponen de manifiesto el cuidado que se debe tener en el cumplimiento de la normatividad para agua potable, para prevenir no solo el daño a los ecosistemas, sino también el del agua para consumo humano, que es imprescindible para nuestras vidas.

Así pues, debemos tomar consciencia de que el agua es un líquido vital, un bien precioso y escaso que debemos de cuidar, tanto en su calidad como en su cantidad. La coyuntura actual nos invita a reflexionar, en lo individual y lo colectivo, sobre las acciones que podemos emprender para cuidar el agua y, de esta manera, cuidar nuestro medio ambiente. Acciones tan simples como no arrojar aceites u otros residuos de cocina a la tarja, reaprovechar las aguas

de lavado o cerrar la llave mientras nos lavamos las manos durante 25 segundos —conforme a las recomendaciones de las autoridades sanitarias— realizadas de manera colectiva, pueden tener un gran impacto en la salud del planeta y la nuestra. ¿Qué heredaremos a nuestros hijos?

Bibliografía

Comisión Nacional del Agua http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=calidadAgua. Comisión Nacional del Agua. https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua

Cutler, S. J., Fooks, A. R., Poel, W. H. M., Public Health Threat of New, Reemerging, and Neglected Zoonoses in the Industrialized World. Emerg Infect Dis. 2010 Jan; 16(1): 1–7.

Garrido, A., Cuevas, M.L., Cottler, H., González, D., Tharme, R. 2010. Evaluación del grado de alteración ecohidrológica de los ríos y corrientes superficiales de México. Investigación ambiental 2(1):25-46.

Nilsson, C., Malm Renöfält, B. 2008. Linking flow regime and water quality in rivers: a challenge to adaptive catchment management. Ecology and Society 13(2):18. http://www.ecologyandsociety. org/vol13/iss2/art18/ Postel, S., Ritcher, B. 2003. Rivers for life. Managing water for people and nature. Island Press, EE.UU., 253 p. Shereen, M. A., Khan, S., Kazmi, A., Bashir, N., Siddiquea, R. COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. J Adv Res. 2020 Jul; 24: 91–98.

PERSPECTIVAS IMTA
Núm. 11, 2020
Autor: Maricela Martínez Jiménez
DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020- 11

Autor:

Fecha de publicación:
28 de Junio de 2020

El estudio y manejo de plantas acuáticas en México

Maricela Martínez Jiménez

Fecha de publicación:
28 de junio de 2020

Plantas acuáticas en México

El uso indiscriminado de plaguicidas ha traído como consecuencia afectaciones a la salud humana y al medio ambiente.

En los últimos diez años se ha reportado una disminución de insectos polinizadores (abejas, abejorros) como consecuencia del uso masivo de insecticidas. En el caso del control de plantas, los herbicidas representan más del 65 % de pesticidas utilizados en la agricultura para el control de malezas, tanto terrestres como acuáticas. Estos plaguicidas tienen efectos tóxicos, cancerígenos y mutagénicos, ampliamente documentados, que afectan la salud humana y propician el deterioro del medio ambiente, por lo que su uso se considera de alto riesgo.

En el caso de las malezas acuáticas, estas representan un peligro para la disponibilidad del agua, tanto por el azolve prematuro que ocasionan en los embalses, como por la disminución del volumen por la evapotranspiración de las mismas, al punto de considerarlas como "ladronas de agua". Por otro lado, la acumulación de grandes cantidades de plantas acuáticas favorece el desarrollo de organismos vectores de enfermedades graves y hasta mortales, como el dengue, la filariasis, la helmintiasis, la encefalitis, el paludismo y la fiebre amarilla, entre otras.

Una gran parte de estas especies son exóticas y otras nativas con comportamiento invasivo; es decir, presentan la habilidad de reproducirse tanto asexualmente, por fragmentos, estolones, turiones, etc., como sexualmente, mediante la producción de grandes cantidades de semillas viables por muchos años, lo que ocasiona la reinfestación de los cuerpos de agua. Especies como el lirio acuático (Eichhornia crassipes), la lechuga de agua (Pistia stratiotes), el carrizo gigante (Arundo donax) y la Hydrilla (Hydrilla verticillata) fueron introducidas hace más de cien años al país, y sus efectos negativos en la economía, salud humana y biodiversidad han sido ampliamente documentados.

Diversas técnicas han sido empleadas para controlar estas especies, como el uso de herbicidas, con consecuencias graves tanto para la salud humana como la del medio ambiente. Por

Núm. 11, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-11



otro lado, el uso del control mecánico en algunos casos solo ataca a la parte aérea, dejando las partes reproductivas de las plantas sin afectar, por lo que se presentan nuevas infestaciones. Tal es el caso del control de tulares o carrizos, entre otros. En este sentido, el uso de los enemigos naturales de las plagas es una tecnología que ha demostrado sus beneficios como parte clave en un Programa de Manejo Integrado de Plagas. En México, desde 1900, se han utilizado agentes de control biológico, y a partir de 1991 se cuenta con un Centro Nacional de Referencia en Control Biológico, perteneciente a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader).

Desde 1994, el IMTA ha incursionado en el uso de enemigos naturales de plantas acuáticas para su control, y ha establecido un laboratorio, certificado por la Sader, especializado en el desarrollo de bioherbicidas a base de patógenos específicos de las plantas, así como de insectos que se alimentan de ellas. Estos agentes, al alimentarse y desarrollar su ciclo biológico en la planta a controlar, reducen significativamente el peso de esta y hacen más fácil y menos costosa su extracción por medio del uso de maquinaria especializada. Aunado a esto, los agentes de control biológico reducen la producción de flores y, por consiguiente, la producción de semillas, con lo que se asegura la eliminación de los bancos de semillas que permanecen viables por largos periodos en los sedimentos de los embalses. Estas acciones de manejo integrado deben tomar en cuenta la etapa en que la planta es más débil, así como datos climatológicos del lugar. Por otra parte, las acciones de control que implementa el IMTA consideran medidas de reducción de contaminantes que llegan a los embalses, para de este modo establecer un programa de mantenimiento de los espejos de agua.

Las investigaciones que ha realizado el IMTA en el tema de control de plantas acuáticas se enmarcan dentro de una de las prioridades del sector medio ambiente, como es el control de especies invasoras, y han contribuido a encontrar soluciones viables y sustentables en la conservación del recurso agua.
Es indispensable continuar con este esfuerzo, debido a que existen numerosas especies que, aun siendo nativas, se están convirtiendo en invasoras; existen pocos programas que atiendan esta grave problemática en México; las plantas son resistentes a los herbicidas, y cada vez existe una mayor presión social para la reducción de plaguicidas por sus efectos en el medio ambiente y la salud.

El estudio, manejo y control de plantas acuáticas invasoras es un área de investigación multidisciplinaria que hemos desarrollado en el IMTA y que nos permite generar nuevas alternativas de manejo sostenibles y en armonía con el medio ambiente. Con este quehacer contribuimos con la evidencia científica que hace posible tomar decisiones informadas para revertir esta problemática.

La eutrofización de cuerpos de agua: un síntoma antropogénico que requiere atención

Adrián Pedrozo Acuña

Los limnólogos europeos Augusto Thienemann (1918) y Einar Naumann (1919) emplearon el término eutrofización por primera vez para describir lagos que registraban una alta concentración de fitoplancton en el agua, en contraste con los sistemas pobremente alimentados u oligotróficos. En la actualidad, el término eutrofización ha evolucionado para identificar a los incrementos de nutrientes que resultan de actividades humanas, en comparación con los que se dan por causas naturales.

Fecha de publicación:
8 de junio de 2020

La palabra eutrofización proviene del griego eutrophos, que significa "bien alimentado".

Las primeras observaciones de este fenómeno datan de finales de los años 1800 en el lago Zurich, en Suiza, cuando un grupo de científicos detectaron la proliferación de nuevas especies de cianobacterias y, subsecuentemente, la pérdida de oxígeno en sus profundidades. Esto produjo a su vez la desaparición de truchas y peces blancos, para dar lugar al crecimiento de perca europea y pececillos de diversas especies más tolerantes a condiciones de niveles bajos de oxígeno en el agua. Durante las décadas de los años cincuenta y sesenta se desviaron los nutrientes que llegaban al lago y, para los años setenta, el lago Zurich comenzó su recuperación.

En el resto del mundo, al igual que en Europa, los problemas de eutrofización crecieron durante el siglo XX como resultado directo del crecimiento poblacional y de la intensificación de las actividades agrícolas. Por ejemplo, en los años sesenta, Thomas Edmondson advirtió que la descarga del drenaje de la ciudad de Seattle, en el estado de Washington, produjo florecimientos cianobacteriales en el lago Washington. Como resultado de las protestas públicas hechas por el investigador, las autoridades estatales desviaron la descarga residual al lago vecino de Puget Sound, con lo que los florecimientos disminuyeron y la claridad del agua regresó al lago Washington. Desgraciadamente, esta decisión trasladó los efectos de la eutrofización a este segundo cuerpo de agua.

El lago Eire, el undécimo lago más grande del mundo, sufrió una historia similar. Durante el siglo pasado, la población en la cuenca tuvo un crecimiento superior a 12 millones de habitantes y las aguas residuales eran descargadas en este cuerpo de agua relativamente somero. Las algas flotantes florecieron y el oxígeno disuelto en el agua se redujo por la muerte de algas en el fondo del lago, produciendo también la muerte de peces. El control de introducción de fósforo al lago, resultado de la prohibición de fosfatos en los detergentes y del avanzado sistema de tratamiento de aguas residuales, disminuyó los florecimientos y aumentó la población de peces para los años noventa. Sin embargo, en 2010, estudios registraron un resurgimiento de florecimientos de cianobacterias

Núm. 08, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-08



tóxicas, que se han vuelto una plaga para los residentes de las orillas del lago.

A pesar de la implementación de estudios de contaminación y del control de la misma en diversos lagos del mundo durante el último milenio, el estudio de la eutrofización de los cuerpos de agua no ha avanzado tan rápidamente. Las publicaciones relacionadas con lagos comenzaron a ser más populares durante los años sesenta; por algún tiempo se pensó que los estuarios y las lagunas costeras eran más resilientes debido a la hidrodinámica inducida por la variación en el rango de marea. No fue sino hasta los años ochenta cuando se apreciaron e investigaron los problemas de eutrofización en este tipo de ecosistemas fluviomarinos.

Es necesario señalar que existen causas naturales para la liberación de fósforo y nitrógeno en algunos cuerpos de agua (por la geología y la edad de las cuencas); por ejemplo, las cuencas con rocas metasedimentarias contienen con frecuencia concentraciones elevadas de nitrógeno, mientras que aquellas con litología volcánica y rocas fosfatadas dan lugar a aguas con concentraciones de fósforo relativamente altas. El clima y la vegetación pueden tener también cierta influencia, así como la salinidad y, en particular, las concentraciones de sulfatos. En cuerpos de agua continentales, las concentraciones de sulfuros están más relacionadas con la litología del sitio y, por lo tanto, pueden variar drásticamente entre cuencas. En lagos con bajas concentraciones de sulfatos, el fósforo puede permanecer atrapado en los sedimentos, mientras que en los lagos enriquecidos con sulfatos y, particularmente, en los lagos salinos o en los sistemas costeros, el fósforo es más fácilmente liberado de los sedimentos a la columna de agua.

El incremento registrado en las actividades agrícolas, urbanas e industriales durante el último siglo ha superado drásticamente la velocidad de liberación de nitrógeno y fósforo por causas naturales, dando lugar a un incremento excesivo de ambos elementos, lo que amenaza la calidad del agua y la integridad biótica de estos ecosistemas.

La eutrofización crea múltiples problemas, entre los que se encuentran la generación de zonas de hipoxia, también conocidas como “zonas muertas”, que reducen la biodiversidad, y florecimientos algales que generan problemas de sabor y olor, que amenazan la seguridad del agua potable y el abasto de alimentos acuáticos, que estimulan la liberación de gases de efecto invernadero y que degradan los valores sociales y culturales de estos cuerpos de agua.

Los florecimientos de plantas invasoras están reconocidos como uno de los aspectos más negativos de la eutrofización cultural, que se debe a la carga excesiva de nutrientes por actividades humanas. Esta carga adicional de nutrientes incrementa el florecimiento

de algas productoras de toxinas, como son las cianobacterias y los dinoflagelados, presentes en ríos, lagos, embalses, estuarios y lagunas costeras, y que estimulan el crecimiento de plantas invasoras. Las toxinas resultantes de estos florecimientos tienen el potencial de volver el agua almacenada poco segura para el abastecimiento de agua potable, la irrigación y los propósitos recreativos, lo que convierte los cuerpos de agua en disfuncionales desde una perspectiva ecológica, económica y estética.

Algunas toxinas de cianobacterias son más tóxicas por unidad de masa que una serpiente cobra, por lo que tienen el potencial de lastimar a los seres humanos y otros seres vivos dependientes de estos cuerpos de agua. Las toxinas de las algas acuáticas pueden causar envenenamiento por medio del consumo bioacumulado de toxinas de peces y crustáceos. A pesar de que el envenenamiento de humanos y peces por cianotoxinas es raro, es una de las causas frecuentes de mortandad en el ganado, dado el acceso de este a cuerpos de agua infestados por estos florecimientos. La forma de exposición más común por parte de los seres humanos es justamente la bioacumulación de cianotoxinas a través del consumo de peces que viven en estos hábitats impactados.
En la actualidad es imposible predecir la ocurrencia de un florecimiento de plantas que sea dañino, pues no todos los florecimientos producen toxinas bajo todas las condiciones, y los tipos y cantidades de toxinas varían. La intensidad de la luz, los macronutrientes (nitrógeno y fósforo), los micronutrientes (hierro y metales traza) y la temperatura pueden influir en la producción de cianotoxinas, lo que hace de la comprensión de los reguladores ambientales un campo de investigación en desarrollo. En general, altas temperaturas y nutrientes acoplados con bajos niveles de turbulencia tienden a favorecer los florecimientos cianobacteriales. En zonas costeras, los nutrientes orgánicos y la mixotrofía están también asociados a los florecimientos en lagunas costeras.

Se espera que forzamientos adicionales incrementen los problemas de eutrofización. El cambio climático global incrementará la temperatura y bajará los niveles de pH, lo cual alterará el balance a favor de la presencia de organismos tóxicos y otorgará un mayor sentido de urgencia a los intentos de control de nutrientes. Conforme la población crezca, más alimentos serán necesarios para abastecerla, por lo que se espera una intensificación de las actividades agrícolas para proveer esos alimentos, lo que a su vez redundará en una mayor carga de nutrientes a los ecosistemas acuáticos.

Conforme desarrollamos una visión más holística de los ecosistemas acuáticos, queda claro que el enriquecimiento de nutrientes tiene amplios efectos. Los florecimientos algales, la presencia de plantas invasoras y las resultantes zonas de hipoxia en lagos, embalses y lagunas costeras están entre los temas más estudiados mundialmente, pero se requiere mayor investigación sobre los impactos de agregación de nutrientes más allá de estos problemas; por ejemplo, su influencia sobre procesos bióticos desde una especie hasta el ecosistema completo. Este panorama pone en relieve la necesidad de generar conocimiento a través de procesos de investigación multidisciplinaria, como los que desarrolla el IMTA, para sustentar las decisiones que permitan revertir esta problemática.

La calidad del agua: un eje clave de política pública

Adrián Pedrozo Acuña

Existen poco problemas ambientales que generen un debate tan intenso como el que se suscita el de la calidad del agua.

La contaminación del agua afecta la salud pública, el ambiente y el bienestar económico de todas las naciones. Dado que los orígenes de la contaminación son diversos y su mitigación muy complicada, su política pública hace de este tema uno de los problemas ambientales más difíciles de manejar.

A pesar del progreso observado en los últimos cuarenta años, la mala calidad del agua es uno de los problemas más serios a los que se enfrenta el planeta. Datos de la Organización Mundial de la Salud indican que más del 80 % del agua utilizada en el mundo no recibe ningún tratamiento. Existe entonces una gran necesidad de más y mejores regulaciones respecto a los límites máximos permisibles de contaminantes generados en descargas de industrias que producen sustancias tóxicas. Muchos autores reconocen que esta deficiencia en la regulación se debe a que los gobiernos tienen como prioridad un rápido desarrollo económico por encima de cualquier costo ambiental.

Por otro lado, adoptar opciones de disminución en la contaminación del agua requiere decisiones muy complicadas que implican un adecuado manejo de suelo, agua y gasto público. Por lo anterior, no es extraño ver el tema de agua limpia en las agendas políticas de prácticamente todos los países del mundo.

Por lo general, el tamaño de las fuentes de contaminación se distingue en escalas macro (nivel sectorial) y micro (nivel individual). Por ejemplo, las descargas del drenaje y aguas no tratadas que se producen por actividades que liberan químicos tóxicos, bacterias, virus y parásitos se consideran fuentes macro. Además de estos contaminantes, elementos como el nitrógeno y el fósforo, generados por el uso de fertilizantes en granjas y zonas agrícolas, degradan la capacidad de los cuerpos de agua para sostener la vida de plantas y animales acuáticos. Estos contaminantes, junto con los desechos humanos y animales, representan los degradadores más importantes de la calidad del agua en todo el mundo.
Las estrategias para la gestión de la contaminación del agua suelen ser de dos tipos: la primera, empleada por estados que han alcanzado algún grado de sofisticación tecnológica, consiste en financiar obra pública con el propósito de eliminar desechos humanos, animales e industriales de las ciudades, de tal suerte que no haya contacto de éstos con los seres humanos; la segunda fomenta obra pública con la intención de proteger la salud humana, considerando la salud del ambiente como un alcance secundario. Sin embargo, existe una tercera aproximación que resulta de las dos primeras, cuyo objetivo es asegurar que el agua para consumo humano no

Fecha de publicación:
4 de mayo de 2020

La contaminación del agua afecta la salud pública.

Núm. 03, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-03



esté contaminada con productos de desecho, y que considera los ríos como vías de drenaje natural. Esta visión favoreció la construcción de grandes acueductos y sistemas de abastecimiento para las ciudades que se encargan de traer aguas cristalinas de ríos y cuencas distantes. No fue sino hasta el siglo XX cuando nos dimos cuenta de la ventaja de tratar el agua y purificarla, para así proteger la vida silvestre y la calidad de nuestro medio ambiente.

La evolución de la política pública relacionada con la calidad del agua en países como Estados Unidos, Rusia, China y Francia indica que entre más avanzada sea la economía de un país y su sistema regulatorio, habrá grupos ambientales más fuertes y una mayor preocupación ciudadana por la protección del ambiente. Por lo tanto, no es raro ver a grupos de la sociedad civil local participando en la creación de regulaciones y, sobre todo, en acciones de monitoreo de la calidad del agua en los cuerpos de agua dentro de su territorio.

En contraste, en países en desarrollo, los sectores que promueven el crecimiento económico a cualquier costo ejercen más influencia sobre las decisiones ambientales, por lo que la política de la contaminación tiende a ser controlada por las industrias y los grandes grupos agroalimentarios. Por si esto fuera poco, los controles tecnológicos de contaminación tienden a ser menos avanzados e insuficientemente operacionalizados debido a restricciones de gasto. De hecho, este tipo de desventaja se encuentra también a una escala subnacional dentro de los países desarrollados (p.ej. Caso Flint, EUA). Esta situación crea una marcada desigualdad en la repartición de impactos al interior de los países.

Existen tres hechos generales en torno a la evolución en la gobernanza de la contaminación del agua: 1) La calidad del agua sufre cuando hay baja inversión en los controles ambientales, poco esfuerzo proactivo en la prevención de fuentes de contaminación y abandono de sistemas de observación y monitoreo, además de la poca inversión en sistemas

de tratamiento; 2) El crecimiento poblacional y el desarrollo económico incrementan la presión sobre suelo y agua, con el cambio de dietas hacia carnes y lácteos. El problema de la calidad del agua no solo se refiere a falta de inversión y voluntad política, sino que es un problema de alineación de inversiones en calidad del agua con el fin de alcanzar un mayor crecimiento económico. 3) A pesar del progreso en la atención de las causas flagrantes de la contaminación del agua, todas las naciones del planeta enfrentan el reto del cambio en las prácticas establecidas, pues persiste una pesada inercia y un discurso anquilosado en la manera de enfrentar el problema (p.ej. no hay recursos, no hay capacidad).

Prevalece un debate abierto sobre las mejores prácticas para aliviar la contaminación del agua. Algunos proponen que la calidad del agua debe estar protegida por medio de reparación, restauración y mitigación definidas a través de normas y marcos jurídicos muy estrictos. Otros proponen incentivos económicos para utilizar esquemas con base en valores límite de concentraciones en combinación con estrategias de desarrollo de bajo impacto (LID, por sus siglas en inglés). Hay que recordar que lo que está en juego es la relación entre el agua y los seres humanos, lo que se conoce como metabolismo hidrosocial. En cualquier caso, es momento de involucrar a la sociedad en la creación y seguimiento de las nuevas normas, cuyo propósito es cuidar la salud del medio ambiente y la nuestra propia.

SISTEMAS HÍDRICOS



Ingeniería para la prevención del colapso de cavernas en zonas cársticas

Adrián Pedrozo Acuña

En todo el mundo, las grietas y conductos en el subsuelo de las zonas cársticas conforman su rasgo geomorfológico más común.

Fecha de Publicación:
29 de mayo de 2022

Un paisaje cárstico tiene una gran variabilidad de estructuras internas dentro de las calizas, lo que a su vez produce una alta variabilidad en la estabilidad de las cavernas.

Estos resultan de la disolución de roca caliza, producto del proceso erosivo a través de los años impuesto por el agua combinada con materia orgánica en descomposición y sales, cuya mezcla tiene el potencial de acelerar la disolución de la roca para conformar huecos y cavernas de diferentes tamaños que incluso pueden llegar a tener las dimensiones para ser accesibles al ser humano. Por esta razón, uno de los riesgos geológicos más comunes en estas zonas es justamente el asociado al colapso gravitacional del techo de las cavernas de roca sobre sí mismas, sea este resultado de un proceso erosivo natural o por la imposición de un peso extrínseco sobre el techo que excede su capacidad de carga. De esta manera, el riesgo de colapso se vuelve una amenaza real para la industria de la construcción, especialmente cuando se conoce la presencia de cuevas de grandes dimensiones.
El tamaño del claro del techo en una cueva natural de roca tiene un elemento de inestabilidad inherente, algunas cuevas tienen forma de túneles cilíndricos que se han desarrollado con el paso de los años, en escalas de tiempo geológicas, por lo que sabemos que sus techos han conformado un arco estable constituido por roca sana y sólida con menos posibilidad de falla. Sin embargo, también sabemos que la falla progresiva de los techos de estas cavernas conforma un proceso natural en la evolución geológica de este tipo de paisajes, especialmente cuando los procesos de disolución de la roca migran hacia arriba, pues se incrementa el tamaño de la cueva a costa de reducir el grosor de su techo, hasta que se produce un colapso del mismo, dando lugar a un socavón (Sowers 1996; Waltham et al., 2005). En el paisaje cárstico de la península de Yucatán, estos rasgos geológicos son conocidos como cenotes.

El posible nacimiento de un socavón o cenote es detectable a través de las depresiones o hundimientos circulares que se aprecian en el paisaje de la superficie de un suelo cárstico, y que los geomorfólogos denominan dolinas. El colapso de las dolinas resulta de la caída de los techos de las cavernas, situación poco común y que resulta extremadamente rara sin la imposición de una carga externa sobre el techo de la caverna. En un suelo cárstico, los mecanismos y velocidades a las que ocurre una falla del techo de una caverna dependen en gran medida de la integridad de la roca que conforma el techo, es decir, de su densidad y características del macizo rocoso. Por ejemplo, se acepta que, en calizas horizontales con poca perturbación, el techo de una caverna tiene el potencial de fallar y colapsar cuando la anchura de la caverna excede

19, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 19



entre 10 y 20 veces el grosor de su techo (aunque estos números son generalizaciones de muy diversas situaciones y procesos, ver (Waltham, et al., 2005). Por ejemplo, cavernas con su techo apoyado solo en uno de sus extremos (cantiléver) reducen mucho su capacidad de supervivencia, mientras que aquellas en las que sus techos están apoyados en ambos extremos y sus desplazamientos están reducidos, naturalmente conforman un arco que sigue las líneas de compresión natural al interior de la roca y que está inducido por los esfuerzos de compresión. Por esta razón, a pesar de que su geometría no es perfecta, algunos techos de cavernas en roca cárstica reproducen la estabilidad de una dovela de arco, el proceso constructivo romano cuyo diseño por compresión no requiere de ningún material cementante. Sin embargo, en roca no sana o sólida, con diversas fisuras o con la presencia de diversas fracturas inclinadas, es posible que se produzcan serias inestabilidades que deriven en un colapso.

Un paisaje cárstico tiene una gran variabilidad de estructuras internas dentro de las calizas, lo que a su vez produce una alta variabilidad en la estabilidad de las cavernas. Existen estudios geológicos que a partir del modelado numérico han determinado que, bajo condiciones de carga impuesta, el grosor del techo de las cavernas es un parámetro determinante para conocer el riesgo de colapso (Kornik, 2002), aunado a la condición geológica de la roca, en particular su densidad y el número de fracturas internas (Zhu y Chen, 2005).

Los colapsos o socavones generados por actividades humanas en terrenos cársticos (denominados también colapsos antropogénicos) son una amenaza largamente reconocida para la construcción de cualquier tipo de estructuras: vías de comunicación, edificios, casas, etc. Sin embargo, se sabe también que, por lo general, la gran mayoría de las cuevas se presentan a profundidades que son irrelevantes para los trabajos de ingeniería que se dan en la superficie, esto se debe a que los techos de estas cuevas son lo suficientemente gruesos y mucho mayores a la anchura de la misma, lo que les da la capacidad de soportar las cargas impuestas en superficie (Sowers, 1996).

De esta manera, en zonas cársticas, un parámetro ingenieril fundamental para determinar la estabilidad de una cueva es la relación que existe entre

el grosor su techo y. la anchura de esta (t/w, por las siglas en inglés de thickness/width). Como regla general, y del lado conservador, se acepta que una caverna es estable y puede ser "ignorada" por un constructor, cuando el grosor de su techo excede su anchura.

El conocimiento que nos ha permitido llegar a este tipo de reglas no ha estado exento en el pasado de que algunas construcciones se hicieran sobre techos de cavernas muy delgados. Es el caso de la carretera principal que va a Palermo en Sicilia, Italia, que varios años después de ser construida documentó la presencia de una cueva con t/w = 0.1 (Jappelli y Liguori, 1979). Una vez descubierta esta cavidad, se hicieron estudios geológicos de detalle que determinaron que esta cueva no era segura; sin embargo, es posible que su supervivencia se diera a pesar de la carga impuesta por la carretera gracias a la distribución de esfuerzos en el concreto reforzado de la carretera misma. En diversas zonas cársticas del mundo (notablemente en Croacia y China) existen casas y localidades enteras ubicadas sobre cavernas con ríos subterráneos. Para fortuna de ellos, la mayoría de los techos de estas cuevas son muy grandes y no representan un riesgo.

En contraste, existen también registros de colapso estructural de cavernas sobre la que se ha construido infraestructura diversa. Por ejemplo, en 2004, en Tampa, Florida, Estados Unidos, se generó un socavón de 5 m de profundidad en una carretera que se encontraba sobre una cueva que no había sido advertida y cuyo grosor de techo solo había sido sondeado hasta los 3 m de profundidad, lo que era claramente inadecuado para las condiciones morfológicas del sitio (p. ej. roca caliza) (Kambesis y Brucker, 2005).

Por estas razones, las obras de ingeniería civil en zonas cársticas requieren seguir recomendaciones para la definición de una relación entre grosor y anchura de la cueva que garantice tanto su integridad física como la seguridad de la infraestructura que se desea construir sobre ellas. Además, existe otro parámetro de importancia a considerar, el que define la solidez geológica de la roca o macizo rocoso. Este parámetro, llamado calificación de la masa rocosa (Rock Mass Rating), identificado como RMR por sus siglas en inglés, relaciona la calidad de la roca obtenida por medio de información proveniente de sondeos directos, con aquella relativa a las fracturas internas (p. ej. orientación, espaciamiento) (Bieniawski, 1973). De esta manera, valores de RMR en un rango de más de 80 representan rocas de muy buena calidad (p. ej. buena capacidad de carga), mientras que un valor de RMR menor a 20 indica mala calidad de la roca (p. ej. poca capacidad de carga o mayor riesgo de falla).

En la literatura, y para zonas cársticas como la península de Yucatán, la piedra caliza tiene asociados valores de RMR en el rango entre 30 y 40. Este valor de RMR permite sugerir para terrenos cársticos un valor seguro para la relación de grosor de techo/anchura de caverna de 0.5, lo que se traduce en que el grosor de la caverna sobre la que se desea construir debe ser al menos de la mitad de la anchura de la misma caverna (t = w/2) (Asef et al., 2000).

Es evidente, entonces, que, para la construcción de cualquier tipo de infraestructura sobre zonas cársticas con cavernas rocosas, es necesaria la implementación de un programa de sondeos directos e indirectos que nos permita conocer el número, la ubicación y dimensiones de las cavernas más cercanas a la superficie terrestre, de tal suerte que se pueda construir de manera segura la infraestructura sobre este tipo de terreno. En otras palabras, es posible la construcción de cualquier tipo de infraestructura sobre zonas cársticas, pero se requiere utilizar las mejores prácticas derivadas de la ingeniería.

En el proyecto del Tren Maya, y en particular en su tramo 5 sur, de Playa del Carmen a Tulum, se tienen documentados por diversas fuentes de información, 1 150 cenotes y varios sistemas de ríos subterráneos que se extienden a lo largo del subsuelo de la península de Yucatán. Entre los más conocidos y explorados por los espeleólogos submarinos está el sistema de Sac Actún en la región de Tulum, o el que se encuentra en Playa del Carmen. Esto ha generado diversas dudas entre algunos sectores de la población sobre el riesgo a la integridad de estos sistemas por la construcción del tren. Como se ha documentado en esta columna, existen las herramientas ingenieriles que permiten la construcción segura en este tipo de regiones, y que resultan de la experiencia mundial del ejercicio de la ingeniería.

Por estas razones, en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua se han diseñado las recomendaciones basadas en parámetros provenientes de la literatura científica, al mismo tiempo que se han hecho recomendaciones respecto a la planeación del programa de sondeos directos e indirectos (p. ej. georadar)

a lo largo del tramo 5 sur. Por ejemplo, proponiendo un programa de tres sondeos directos (al centro y extremos del paso de vía del tren) a cada 250 m a lo largo del trazo, que permitirá conocer la realidad geológica del sitio a una muy alta resolución espacial. Adicionalmente, esto nos permitirá identificar no solo las cavernas que se conocen y se tienen ubicadas (grosor y anchura de las cavernas bajo el paso del tren), sino también aquellas que no se han descubierto y cuya existencia se desconoce. Así, de la mano de un proyecto prioritario se ampliará el conocimiento del paisaje cárstico en esta zona y se utilizará este conocimiento para protegerlo y conservarlo.

Por si esto fuera poco, en caso de encontrar algún rastro de cavidad o caverna con los sondeos directos e indirectos, se sugiere la ampliación del programa de sondeos directos al menos a seis sondeos transversales al trazo (entre los extremos del paso de vía) y a cada 25 m. En todos los casos, la profundidad sugerida para los sondeos directos es de 15 m. Con esta sencilla recomendación garantizamos el cuidado del paisaje cárstico, al mismo tiempo que se garantiza la conservación de estos sistemas tan importantes y apreciados en nuestro país.

Referencias

ASEF, M. R., REDDISH, D. J. & LLOYD, P. W. 2000. Rock–support interaction analysis based on numerical modelling. Geotechnical Geological Engineering, 18, 23–37.

BIENIAWSKI, Z. T. 1973. Engineering classification of jointed rock masses. Transactions of the South African Institute of Civil Engineers, 15, 335–343.

JAPPELLI, R. & LIGUORI, V. 1979. An unusually complex underground cavity. In: Proceedings of the International Symposium on Geotechnics of Structurally Complex Formations, Volume 2. Associazione Geotecnica Italiana, Rome, 79–90.

KAMBESIS, P.&BRUCKER, R. 2005. Collapse sinkhole at Dishman Lane, Kentucky. In: WALTHAM, T., BELL, F. & CULSHAW, M. (eds) Sinkholes and Subsidence: Karst and Cavernous Rocks in Engineering Construction. Springer, Berlin, 277–282.

KORTNIK, J. 2002. Stability appraisal of the Medvedova Konta pothole. International Journal of Speleology, 31, 129–135.

SOWERS, G. F. 1996. Building on sinkholes. ASCE Press, New York.

WALTHAM, A. C. & FOOKES, P. G. 2003. Engineering classification of karst ground conditions. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 36, 101–118.

WALTHAM, A. C.&SWIFT, G. M. 2004. Bearing capacity of rock over mined cavities in Nottingham. Engineering Geology, 75, 15–31.

WALTHAM, T. BELL, F. & CULSHAW, M. 2005. Sinkholes and Subsidence: Karst and Cavernous Rocks in Engineering and Construction. Springer, Berlin.

ZHU, X. & CHEN, W. 2005. Tiankengs in the karst of China. Cave & Karst Science,

Impactos socioambientales derivados de estrés hídrico y los cambios en el almacenamiento de agua

Adrián Pedrozo Acuña

Desde hace años en todo el planeta el profundo acoplamiento que existe entre la vida (seres humanos y ecosistemas), las sistemas socioecológicos y los ciclos biogeoquímicos y del agua (Falkenmark, et al., 2019;1977)

El agua dulce es fundamental para el florecimiento de los ecosistemas y la sociedad, así como para su capacidad de recuperación ante impactos generados por el embate de perturbaciones climáticas extremas. La disponibilidad y los almacenamientos de agua cambian en el tiempo, y se caracterizan por sufrir oscilaciones y tendencias que se deben a la influencia combinada de las actividades humanas, el cambio climático y la variabilidad natural del clima desde escalas temporales subestacionales hasta anuales o multidecenales. En este sentido, la predominancia del ser humano sobre el ciclo del agua es cada vez más reconocida, toda vez que el desarrollo de modelos hidrológicos globales nos ha permitido avanzar en la representación fidedigna de los impactos en el ciclo del agua debidos a cambios en el clima, extracciones de agua, irrigación, etc. (Bierkens, 2015). Sin embargo, la ciencia que busca ampliar el conocimiento sobre la retroalimentación que se da entre el estrés hídrico y los cambios en el almacenamiento de agua con las actividades humanas y la salud de los ecosistemas se encuentra todavía en sus primeras etapas de desarrollo. Conocer y hacer evidente la influencia bidireccional entre la actividad de la sociedad y la salud de los ecosistemas, en particular sobre la cantidad y calidad del agua en el territorio, es crucial para hacer frente a los retos hídricos del futuro. A pesar de ello, poca atención se ha puesto sobre los impactos que se están generando y se generarán en el futuro por los cambios que ya se advierten en la cantidad y calidad del agua en diversos puntos del planeta.

El estrés hídrico representa el estado de la escasez hídrica originado por la demanda de agua, y se define como la relación entre las extracciones de agua y el agua disponible. Por otro lado, la tendencia en el almacenamiento representa la evolución del almacenamiento total de agua definido como la suma vertical del agua subterránea, la humedad del suelo, el agua superficial y el agua contenida en glaciares (Kummu et al., 2016). Así, el estrés hídrico y el almacenamiento de agua en cuencas y acuíferos están ligados, pues el almacenamiento de agua se transforma en una fuente de abastecimiento cuando la demanda excede a la disponibilidad. Es posible anticipar que, conforme los extremos hidrológicos globales se intensifican, por efectos del cambio en el clima, la importancia estratégica del agua subterránea será mucho mayor, ya que los acuíferos representan el almacenamiento de agua dulce más grande de la Tierra (Taylor et al., 2013).

Fecha de Publicación:
06 de marzo de 2022

En aquellas regiones del país donde el estrés hídrico y la sobreexplotación están impulsadas por la irrigación de cultivos, las implicaciones ecológicas se extienden más allá de los límites físicos de la cuenca.

Núm. 07, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022- 07



A pesar de que existen estudios que documentan el estrés hídrico global (Vörösmarty , 2000; Kummu et al., 2010; Kummu et al., 2016) y los cambios en las tendencias en el almacenamiento global de agua (Rodell et al., 2018) por separado, todavía no se integra de forma integral y recurrente la investigación conjunta de ambos indicadores. Hacerlo nos ofrece un contexto importante para diferenciar a las cuencas bajo una misma condición de estrés hídrico, dado que en aquellas donde además se detecta una tendencia de reducción en el almacenamiento, se espera un incremento considerable en los retos hídricos que como sociedad vamos a enfrentar.

Entre los primeros esfuerzos que se hacen en este intento a escala global de cruzar estas dos variables destaca el trabajo recientemente publicado por Huggins et al., (2022), quienes encontraron que en 42% de las cuencas del planeta identificadas bajo una condición de estrés hídrico definido por la relación entre extracciones/flujo >0.1, se tiene además un declive en el almacenamiento de agua. De forma notoria, aparecen en este análisis el altiplano y el norte de México, donde, es sabido, hay una gran vocación agrícola a través de los distritos de riego.

El número de habitantes, la producción de alimentos y el producto interno bruto que se genera en estas regiones del planeta nos anticipa el tamaño de los potenciales impactos económico y ambiental que se producirán como resultado de la acción combinada de estrés hídrico y reducción del almacenamiento. Justamente, a nivel global, las estimaciones indican que en cuencas que están estresadas hídricamente y cuyo almacenamiento está en declive, habitan 2,200 millones de personas y se origina el 27 % de la producción agrícola y el 28 % del PIB global, lo que activa una innegable señal de alerta para la economía y el bienestar de la sociedad.

Por esta razón, es importante considerar la relación que existe entre el agua como elemento dador de la vida, como generador de bienestar y como insumo para actividades productivas. Es sumamente necesario avanzar en el conocimiento del ciclo hidrológico y su interacción con los diferentes usuarios del agua, así como los diferentes climas que encontramos a lo largo del territorio. Reconocer la variabilidad espacial y temporal del agua en cada una de las etapas del ciclo hidrológico en todo el país nos permitirá generar los instrumentos de política pública para hacer

frente a la crisis hídrica de hoy y de mañana.

En aquellas regiones del país donde el estrés hídrico y la sobreexplotación están impulsadas por la irrigación de cultivos, las implicaciones ecológicas se extienden más allá de los límites físicos de la cuenca, dado que el riego puede modificar el reciclado de humedad y los patrones de precipitación entre cuencas (Keys et al., 2019), produciendo impactos en cascada entre ecosistemas distantes (Keys y Wang-Erlandsson, 2018). En estos sitios de alerta hídrica es posible que los impactos sociales que se impongan se deriven de la intensificación en la competencia por el agua entre demandas domésticas, industriales y agrícolas (Gleick, 1996). Por otro lado, en zonas donde los pozos de extracción se secan y los niveles piezométricos se abaten, es probable que el acceso al agua subterránea extienda la brecha de la desigualdad, intensificando inequidades sociales en virtud de que solamente los usuarios con capacidad económica podrán perforar y extraer agua a profundidades mayores (Perrone, 2020). De acuerdo con el Pacific Insitute, de los cerca de 700 conflictos hídricos documentados desde el año 2000, dos terceras partes (68 %) se encuentran en zonas del mundo donde están documentados tanto el estrés hídrico como el declive en el almacenamiento de agua (Pacific Insitute, 2019). Esto nos advierte ya el importantísimo papel potencial que tendrá el agua en la generación, contextualización y mantenimiento de los conflictos sociales en todo el mundo.

Hoy más que nunca es necesario que los proyectos hídricos de infraestructura (acueductos, presas, sistemas de captación de agua) que se propongan en el territorio para garantizar el acceso al agua de la población y para las diferentes actividades económicas sean evaluados considerando en el análisis un lente de sustentabilidad hídrica, de tal suerte que no se rebasen las condiciones de almacenamiento impuestas por la naturaleza. Es así que transitaremos de un modelo de gestión que administra el conflicto social y el estrés hídrico de una región a otra, hacia uno nuevo que haga del agua el elemento que promueva el desarrollo económico equitativo y el bienestar de la sociedad.

Podemos anticipar que en el futuro será necesario incorporar los impactos indirectos y no locales del estrés hídrico y la pérdida de almacenamiento, como son la seguridad alimentaria del país y los impactos en el comercio virtual del agua (Dalin et al., 2012; Rosa et al., 2019). Este tipo de análisis es urgente para todas las naciones del planeta, pues esta información nos permitirá tomar mejores decisiones en un ambiente cambiante, complejo, multiobjetivo y multidisciplinario, lo que sin duda alguna elevará la consideración que todos los jefes de Estado deberán de poner sobre el agua.

Por esta razón, en un futuro, el papel redefinido del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua deberá ser el de proveer esta y otra información al Gobierno de México, de tal suerte que el cambio global que ya se aprecia en el ciclo hidrológico no afecte a la población, ni a las actividades económicas que se llevan a cabo en el territorio y, por el contrario, que el agua sea una de las variables clave para detonar la inversión y el bienestar de los mexicanos.

Referencias

Bierkens, M. F. P. Global hydrology 2015: state, trends, and directions. Water Resour. Res. 51, 4923–4947 (2015).

Dalin, C., Konar, M., Hanasaki, N., Rinaldo, A. & Rodriguez-Iturbe, I. Evolution of the global virtual water trade network. PNAS 109, 5989–5994 (2012).

Falkenmark, M. Water and mankind: a complex system of mutual interaction. Ambio 6, 3–9 (1977). Falkenmark, M., Wang-Erlandsson, L. & Rockström, J. Understanding of water resilience in the anthropocene. J. Hydrol. X 2, 100009 (2019).

Gleick, P. H. Basic water requirements for human activities: meeting basic needs. Water Int. 21, 83–92 (1996).

Huggins, X., Gleeson, T., Kummu, M. et al. Hotspots for social and ecological impacts from freshwater stress and storage loss. Nat Commun 13, 439 (2022). https://doi.org/10.1038/s41467-022-28029-w

Keys, P. W. et al. Invisible water security: moisture recycling and water resilience. Water Security 8,100046 (2019).

Keys, P. W. & Wang-Erlandsson, L. On the social dynamics of moisture recycling. Earth System. Earth Syst. Dyn. 9, 829–847 (2018).

Kummu, M., Ward, P. J., de Moel, H. & Varis, O. Is physical water scarcity a new phenomenon? Global assessment of water shortage over the last two millennia. Environ. Res. Lett. 5, 034006 (2010).

Kummu, M. et al. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. Sci. Rep. 6, 38495 (2016). Pacific Institute. Water Conflict Chronology (Island Press, 2019).

Perrone, D. Groundwater overreliance leaves farmers and households high and dry. One Earth 2, 214–217 (2020).

Rodell, M. et al. Emerging trends in global freshwater availability. Nature 557, 651–659 (2018).

Rosa, L., Chiarelli, D. D., Tu, C., Rulli, M. C. & D'Odorico, P. Global unsustainable virtual water flows in agricultural trade. Environ. Res. Lett. 14, 114001 (2019).

Taylor, R. G. et al. Ground water and climate change. Nat. Clim. Change 3, 322–329 (2013).

Vörösmarty, C. J. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. Science 289, 284–288 (2000).

Las inundaciones en el valle del Mezquital: un síntoma de los límites de la ingeniería convencional

Laurent Courty, Juan Carlos Centeno Álvarez y Adrián Pedrozo-Acuña

Las inundaciones en curso en el valle del Mezquital son sin duda dramáticas, por la población afectada.

Fecha de Publicación:
20 de septiembre de 2021

Durante una lluvia intensa, los operadores de la red tienen la difícil tarea de decidir a dónde llevar el agua..

Analistas y periodistas han señalado que en el río Tula desemboca el drenaje profundo de la Ciudad de México, específicamente los túneles Emisor Central y Emisor Oriente (p. ej. Dávila, 2021). Sin embargo, este evento trágico da luz a un problema sistémico más amplio que no se puede reducir solamente a un tema ingenieril. Revisaremos aquí el contexto y los cambios que se requieren realizar para limitar estos eventos en el futuro.

La cuenca del valle de México es una cuenca endorreica, lo que significa que no tiene salida hacía el océano. Antiguamente, las aguas de sus ríos iban al complejo de lagos en la zona baja del valle, dónde se infiltraban y se evaporaban. En ese entonces, el nivel del lago de Texcoco naturalmente variaba de manera importante según la cantidad de agua precipitada. Tenochtitlán, y después la Ciudad de México, por estar ubicada a orillas del lago, se inundaba frecuentemente. Para prevenir dichas inundaciones, se decidió, desde la época del virreinato, enviar las aguas de la cuenca del valle de México hacía el valle del Mezquital, parte de la cuenca del río Pánuco, que desemboca en el golfo de México. La primera obra de este tipo, el tajo de Nochistongo, fue construida entre los siglos XVII y XVIII. Su principal función era interceptar, al poniente de la cuenca, los ríos Cuautitlán y Tepotzotlán, y conducir sus aguas hacia el río El Salto, que desemboca en el río Tula aguas arriba de San Miguel Vindho. Durante el Porfiriato se construyó el Gran Canal de Desagüe, que recolectaba las aguas urbanas al oriente de la Ciudad y las mandaba al río Salado por medio de los dos túneles de Tequixquiac. Debido al hundimiento de la Ciudad, el Gran Canal perdió su capacidad de conducción algunas décadas después de su construcción, por lo que fue necesario construir, en los años setenta, el Sistema de Drenaje Profundo, cuya obra maestra, el Túnel Emisor Central (TEC), desemboca en el río Tula aguas arriba de la planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco, Hidalgo. En las décadas subsecuentes, este conducto se deterioró por su uso intensivo, por lo que en el año 2019 se inauguró el Túnel Emisor Oriente (TEO), que desemboca en el portal de salida de ambos túneles y que aporta parte de su caudal al ingreso de la PTAR de Atotonilco, y sus excedentes se unen a las aguas del TEC y del río El Salto. El mapa de este sistema y su relación con la cuenca del río Tula se puede observar en la figura 1.

Es notable que en cuatro siglos el enfoque ingenieril de gestión de las aguas pluviales no haya cambiado: evacuar el agua

Núm. 36, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021- 36



de la cuenca del valle de México hacía el río Tula de la manera más rápida posible. Sin embargo, la zona metropolitana del valle de México (ZMVM) sigue creciendo, generando más escurrimiento, al mismo tiempo que las estimaciones de los efectos del cambio climático vislumbran lluvias cada vez más intensas. La preocupación principal ha sido la disminución de las inundaciones en la Ciudad de México, mientras que los impactos de dichas obras sobre los ríos Tula y El Salado y sus comunidades aledañas quizá no recibieron la atención suficiente. Si bien existe un proyecto de rectificar y ampliar el río Tula en el cruce de la zona urbana de Tula de Allende (Centeno et al., 2018), dicho plan responde al mismo enfoque: aumentar la capacidad del cauce para evacuar el agua lo más rápidamente posible.

Para no caer en las mismas dificultades, es necesario atacar estos problemas hídricos considerando toda la cuenca, no de manera aislada, y evaluar opciones alternas a los métodos usados en los últimos cuatro siglos. En todo el mundo, el enfoque de la gestión de las aguas urbanas está cambiando y México no debe quedarse atrás (Courty, 2021).

La complejidad del sistema de drenaje de la ZMVM implica una operación igualmente compleja, cuya responsabilidad es compartida entre la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex), y la Comisión Nacional del Agua (Conagua). Durante una lluvia intensa, los operadores de la red tienen la difícil tarea de decidir a dónde llevar el agua, y en casos extremos, dónde inundar. Estas decisiones son sumamente políticas (Chahim, 2018), y tienen que tomarse desde un punto de vista no solo técnico, si no también ético y de la política pública.

Aunado a la problemática del drenaje, la ZMVM se enfrenta al



Figura 1: *El río Tula y sus afluentes.*

reto del abastecimiento de agua potable, que proviene de tres fuentes principales: 1) el sistema Lerma, que toma aguas del río epónimo, parte de la cuenca del río Santiago, 2) el sistema Cutzamala, parte de la cuenca del Balsas, y 3) los pozos en la cuenca del valle de México. Después de su uso, la mayor parte de esa agua termina en el drenaje y, subsecuentemente, en el río Tula, lo que implica que el sistema hídrico de la ZMVM funciona como un inmenso sistema de trasvase de agua: envía el líquido de las cuencas de los ríos que fluyen hacía el océano Pacífico (Lerma-Santiago, Balsas) hasta el golfo de México por medio del río Tula, parte de la cuenca del río Pánuco.

Los temas de abastecimiento de agua potable y de drenaje urbano están íntimamente ligados, y se deben estudiar de manera conjunta. No obstante, en la ZMVM esta problemática, además del trasvase, lleva otra arista: el hundimiento de la Ciudad, causada por la disminución del nivel de los acuíferos en el Valle. Dicha disminución se da por el efecto conjunto de la extracción de agua y por la falta de recarga. El crecimiento urbano convirtió las áreas porosas que antes permitían la infiltración en zonas impermeables, y los escurrimientos, ahora más intensos, son evacuados fuera de la cuenca, al río Tula. Los hundimientos causan roturas y cambios de pendientes en el sistema de drenaje, disminuyendo su eficiencia de conducción; una trágica ironía. Un ejemplo sobresaliente es el del Gran Canal de Desagüe, que vio su capacidad pasar de 90m7/s a 10m7/s entre 1910 y 2007 (Sacmex, 2011).

Como es de apreciar, la situación del agua en la ZMVM es compleja, y debe abordarse de

manera más amplia, tanto geográfica como disciplinariamente. No podemos seguir ignorando lo que pasa aguas abajo de los proyectos hidráulicos que se desarrollan, así mismo, es necesario reconocer que la gestión hídrica no es solamente un tema de ingeniería; los ingenieros debemos trabajar con urbanistas, con las ciencias sociales y políticas, entre otras, para obtener soluciones cohesivas que resuelvan los problemas de manera integral.
La nueva estrategia para el manejo del riesgo generado por inundaciones, recae no solamente en la construcción de obras de defensa como bordos, compuertas de derivación, rectificación y dragado de los ríos (Pedrozo-Acuña, 2012); sino también en la incorporación de otras medidas de mitigación, que permiten reducir la severidad de los daños asociados a estos fenómenos (ej. cambios en el uso de suelo por medio de un ordenamiento territorial). El cambio en el paradigma consiste en evolucionar de una perspectiva de control y defensa contra el exceso de agua, hacia una de manejo y mitigación de daños de las inundaciones (DEFRA, 2005). Esta nueva visión, se apoya en las bases que dan pie al desarrollo sustentable, enfocándose tanto en la reducción de las consecuencias nocivas de las inundaciones (ej. mortalidad de la población, pérdidas económicas y ecológicas), como en el aprovechamiento de los beneficios sociales, económicos y ecológicos que éstas producen (ver UNESCO-IFI: International Flood Initiative – Baldassarre y Unlenbrook, 2011).

Ante las nuevas condiciones hidrológicas, impuestas por el cambio climático, las posibles respuestas ante inundaciones son la mitigación, esto es la reducción de las causas u orígenes del fenómeno (punto clave para los tomadores de decisiones); o la adaptación que representa el ajuste de los sistemas humanos a los estímulos climáticos o sus efectos, las cuales disminuyen el daño o explotan las oportunidades de beneficio.

En todo el mundo, la forma de enfrentar esos fenómenos y sus efectos consiste en un portafolio de medidas abocadas a la reducción del riesgo (ej. Plan Hídrico Integral de Tabasco, México, Making space for water, Reino Unido). Por ejemplo, en su reporte de 2004, la oficina de prospección del gobierno británico UK Foresight (Evans et al., 2004a y 2004b) definió un variado número de medidas divididas en temas y grupos, los cuales fueron actualizados en una revisión posterior conocida como Pitt Review (2008). Esta clasificación se presenta en la Tabla 1.

En la práctica, se utilizan conjuntos de medidas, en contraste con la implementación de una medida única para la mejor gestión del riesgo por inundación. Una de las conclusiones más significativas del reporte Foresight, fue precisamente que las medidas estructurales ingenieriles en conjunto con medidas no estructurales, serán indispensables en el futuro para una mejor gestión del riesgo por inundación.

Por esta razón, la generación de una estrategia adecuada para el manejo del riesgo por inundación en el Valle del Mezquital y en general en la ZMVM, deberá de contener una serie de medidas diseñadas para que la gestión del escurrimiento urbano, antes/durante el evento permitan minimizar las pérdidas e impacto que hemos visto durante este año.

Como se ha dicho, es importante resaltar que la atención a la inundación del río Tula en Hidalgo, requiere no solamente de un proyecto de rectificación del río, sino también es vital incorporar medidas complementarias que nos permitan preparar y proteger a la población, prevenir los daños que se generan y aliviar los impactos una vez que el fenómeno se ha dado.

Esto requiere de una ingeniería moderna, que permita crecer al río al mismo tiempo que damos seguridad a la población. Para lo que se necesita un programa de comunicación social del riesgo por inundación, de tal manera que los habitantes conozcan tanto el riesgo de inundación al que están expuestos,

Tema	Número de medida	Grupo
Gestión del paisaje rural	1	Infiltración rural
	2	Almacenamiento a nivel de cuenca
	3	Flujo rural
Gestión del escurrimiento en ciudades	4	Almacenamiento urbano
	5	Infiltración urbana
	6	Flujo urbano
Gestión urbana	U1	Desarrollo constructivo
	U2	Desarrollo de áreas urbanas
	U3	Control urbano y rutas sobre tierra
	U4	Control de flujo urbano subterráneo
	U5	Almacenamiento urbano (subterráneo y superficial)
	U6	Red de drenaje principal (mantenimiento y operación)
Gestión de eventos de inundación	7	Medidas antes del evento
	8	Pronóstico y alerta
	9	Control de inundación
	10	Evadir daños colectivos
	11	Evitar daños individuales
Gestión de pérdidas por inundación	12	Manejo de uso del suelo
	13	Protección contra inundaciones
	14	Planeación del uso del suelo
	15	Reglamentos de construcción
	16	Aseguramiento, riesgo compartido y compensación.
	17	Medidas y políticas sociales y de salud
Ingeniería de ríos y mantenimiento	18	Flujo en ríos
	19	Almacenamiento ingenieril de avenidas
	20	Transferencia de avenidas
	21	Defensas ribereñas como bordos y espigones
Ingeniería costera y manejo	22	Defensas costeras
	23	Realineación de defensas
	24	Abandono de defensas
	25	Reducción de la energía costera
	26	Protección morfológica costera

Tabla 1. *Clasificación de temas y grupos para las medidas ante inundaciones, según el Foresight future flooding report 2008.*

como lo que tienen que hacer antes y durante el evento (ej. zonas de evacuación y de seguridad). Debemos también reducir los daños por inundación por medio de la planeación y la adaptación de los edificios, infraestructura, superficies y actividades económicas. Esto requiere la identificación de zonas proclives a inundación, incorporando en lo posible un ordenamiento territorial que permita habilitar áreas de almacenamiento seguro para el exceso de agua durante el evento. No menos importante, existe la necesidad de sistemas de monitoreo en tiempo real abiertos a la población, de tal suerte que se informe minuto a minuto tanto de la lluvia en la cuenca, como de los escurrimientos en el río y los emisores del drenaje de Ciudad de México. Esto permitirá diseñar alertas automáticas para activar protocolos de seguridad y evitar daños. Por último, resalta la relevancia de revisar hidrológicamente lo ocurrido durante el evento, para determinar las causas de esta inundación (lluvias extremas simultáneas en ambas cuencas), su probabilidad de ocurrencia y las posibles lecciones aprendidas.

El Gobierno de México cuenta con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, que es una institución que hoy más que

nunca trabaja con esta visión moderna y de vanguardia. Las capacidades de sus especialistas están al servicio de la nación y tienen un enfoque hacia el cuidado de la vida y de nuestro medio ambiente. Por esta razón, trabajamos desde ya en la revisión del evento, para poder coadyuvar a la generación de un programa de manejo de inundación en el río Tula con estos principios de la ingeniería del siglo 21.

Referencias:

Ashley RM and Saul AJ (2007) Chapter 19: Responses to Future intra-urban Flood Risks, Future Flooding and Coastal Erosion Risks. Thomas Telford, pp 320-339. ISBN 978-0-7277-3449-5.

Baldassarre, G. D., Unlenbrook, S. 2011. Is the current flood of data enough? A treatise on research needs for the improvement of flood modeling. Hydrological processes. DOI: 10.1002/hyp.8226

Chahim, D (2018). Engineers Don't Solve Problems. Logic Magazine, Issue 5, Fall 2018

Centeno, J C, et al. (2018) Modelación matemática del río Tula para la gestión del riesgo por inundación. XXV Congreso Nacional de Hidráulica, AMH.

Courty, L G (2021). Hacia una gestión de las aguas urbanas basada en la naturaleza. Perspectivas IMTA. Dávila, P (2021). La Ciudad de México y el Edomex ahogaron a Hidalgo. Revista Proceso, edición 2341. DEFRA, 2005. Making space for water: Taking forward a new Government strategy for flood and coastal erosion risk management in England.

Evans, E.P., Ashley, R., Hall, J., Penning-Roswell, W., Sayers, P., Thorne, C., Watkinson, A., 2004a. Future Flooding Scientific Summary: Volume I, Future Risks and their drivers. Office of Science and Technology, London.

Evans, E.P., Ashley, R., Hall, J., Penning-Roswell, W., Sayers, P., Thorne, C., Watkinson, A., 2004b. Future Flooding Scientific Summary: Volume II, Managing Future Risks. Office of Science and Technology, London.

Michel-Kerjan, E. 2012. How resilient is your country? Nature, Vol.49, p497.

von Lany P H, and Palmer J: "River Engineering" in Future Flooding and Coastal Erosion Risks, Thorne, C R, Evans, E P and Penning-Rowsell, E (ed's) 2006, Thomas Telford, London, ISBN 978-0-7277-3449-5, 514 pages

Pedrozo-Acuña A., 2012. Inundaciones: Evaluación y manejo del riesgo. AGUA en Quintana Roo, Año 2, No.2, Enero-Marzo 2012. Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo.

The Pitt Review, 2008. Learning lessons from the 2007 floods, Cabinet Office, 22 Whitehall, London SW1 A2 WH.

Sacmex (2011). Operación del sistema de drenaje metropolitano.

Urbanismo y agua

Eugenia García Velarde.

El agua es un bien común del que todos dependemos y su correcto manejo es preocupación de todos.

Hasta ahora, los ecosistemas acuáticos han sido sacrificados de manera rutinaria a favor del "desarrollo" y el "progreso". Y si bien algunos de los impactos eran inevitables, otros podrían evitarse por medio de mejores políticas territoriales y de la aplicación del conocimiento científico moderno.

Sabemos que los recursos hídricos son esenciales para el desarrollo de la vida y que de ellos depende la preservación del medio natural, el abastecimiento de las zonas agrícolas y agropecuarias y los asentamientos humanos. Pero suele olvidarse que, debido a su carácter físico de barrera natural, también tienen un papel fundamental en la delimitación de los usos de suelo. Constituyen, en estricto sentido, un elemento estructural en el ordenamiento del territorio.

Probablemente el agua sea no solo el recurso natural más importante, sino que, además, sea el que se encuentra en la columna vertebral de toda la discusión sobre el cambio climático. Sin pretender afirmar que el cambio climático es la única razón por la cual huracanes y otros eventos hidrometeorológicos se han vuelto más extremos, lo que es innegable es que tanto en México como en el resto del mundo hay tendencias que apuntan ya en una dirección inequívoca, y esa tendencia es totalmente consistente con los hallazgos y los análisis del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

Hasta ahora, el tema del cambio climático ha sido abordado de manera dicotómica: por un lado, la adaptación a sus impactos y, por el otro, la mitigación. Quienes priorizan la adaptación se preguntan: "¿Cómo generamos en los sistemas humanos, en las ciudades, en los sistemas de producción de alimentos y de generación de energía la necesaria resiliencia ante los impactos del cambio climático?", es decir, ¿qué herramientas usamos para que los eventos climáticos extremos no nos afecten?

La crisis climática se ve reflejada, además, en crisis locales, causadas por la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua y por la sobreexplotación de los acuíferos. Esto evidencia la separación que hemos hecho del bienestar del medio ambiente de nuestro propio bienestar. Pero no podemos seguir por este camino. Es necesario repensar cómo accedemos al "progreso". Es posible buscar un desarrollo que nos permita movernos hacia un mundo sin pobreza ni injusticia, al mismo tiempo que se protejan y respeten la belleza y riqueza de la naturaleza. Y el agua puede ser el elemento que habilite el desarrollo económico y social de nuestro país y su tan necesaria regeneración ambiental.

Ahora bien, la falta de infraestructura; su gestión y mantenimiento; la previsión de áreas permeables que permitan

Fecha de Publicación:
24 de julio de 2021

La falta de infraestructura; su gestión y mantenimiento; la previsión de áreas permeables que permitan la filtración del agua y la recarga de los mantos acuíferos.

Núm. 25, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021- 25



la filtración del agua y la recarga de los mantos acuíferos; la tipología de las distintas edificaciones; y la concientización y modificación de los hábitos de consumo de la población son factores que inciden directamente en la reducción del consumo y en la gestión sustentable del agua, y sobre todos ellos tiene una influencia directa en la planeación y en el ordenamiento urbano.

Desde hace más de un siglo, nuestro enfoque contra las tormentas, las inundaciones y las marejadas ha sido construir presas y diques. Y cuanto más se agudiza el cambio climático, más grandes son las presas y los diques que se construyen. Las decisiones sobre el agua, hasta ahora, se han hecho con los resultados técnicos que provienen de la ingeniería.

Pero ahora se ha llegado a un punto de inflexión en el que ya no es posible seguir apoyando la perspectiva de una sola dimensión del agua, que, a la luz de la evidencia, ha resultado incompleta. Las decisiones hídricas tienen implicaciones para el medio ambiente, la economía y la sociedad. Además, la gestión hídrica en las ciudades es un tema que involucra cada vez más a múltiples disciplinas: geografía, edafología, sociología, historia ambiental, ingeniería, biología, urbanismo, arquitectura, diseño urbano- paisajístico. No puede seguir viéndose sólo como un asunto de gestión de este recurso.

El agua ya no debe considerarse como el enemigo; más bien nuestro estilo de vida es el que tiene que cambiar. La planeación urbana que toma en cuenta el sistema natural promueve que las intervenciones urbanas consideren el cambio climático como la nueva “normalidad”. La tendencia global del cambio urbano debe responder a los aspectos históricos y culturales y a ofrecer soluciones de largo plazo.

“Pensar en cualquier cosa es difícil. Pero “despensar” — deshacer la forma en que hemos pensado sobre cualquier cosa— es infinitamente más difícil”. (Mathur et al., 2009, p. 45). Esta cita capta la esencia de uno de los problemas

fundamentales en la práctica del urbanismo moderno: se ha optado por medidas practicadas tradicionalmente, y por ello, nuestra mentalidad con respecto al desarrollo urbano sigue residiendo en el pasado.

¿Cuántas veces, cuando paseamos por la ciudad, encontramos que los canales son casi inexistentes y tratados como desagües? Los monzones llegan con inundaciones en el verano y en la primavera con escasez de agua. Nuestras ciudades crecen ahora ciegamente en aras de la economía, y nuestra ecología ha pasado a un segundo plano. Como resultado, carecemos de resiliencia.

Cuanto más ampliamos nuestra superficie impermeable —como el asfalto y el concreto—, más carecemos de superficies absorbentes, los recursos de agua subterránea de las ciudades se reducen día a día, y los escurrimientos de agua pluvial no puede drenarse rápidamente, provocando inundaciones. Independientemente de la estrategia de ingeniería más dura que adoptemos, en el largo plazo, las estrategias más blandas, como áreas verdes permeables, la revitalización de los cursos de agua urbanos, la creación de más zonas verdes públicas, etc., son las que hacen que nuestras ciudades sean más habitables.

¿Podremos reconstruir una relación con el territorio que mantenga —aunque transformado— el potencial del sistema natural? Esa es la exigencia de sostenibilidad: transformar nuestro metabolismo industrial contaminante en un sistema de nuevo con un metabolismo circular, sin residuos y que, en consecuencia, seamos capaces de crear, de nuevo, auténticos paisajes. Y el urbanismo —en tanto la actividad social de transformación de la ciudad— tiene un papel determinante en esa transformación hacia un modelo productivo no contaminante. Si la sostenibilidad es un reclamo de cambio en nuestro modelo de relación con el medio —de nuestro metabolismo social— hacia un metabolismo no contaminante, entonces la ciudad es un lugar estratégico en ese cambio, y el urbanismo un instrumento clave en esa estrategia.

Y la intervención sobre los flujos urbanos del agua es clave. Actualmente, el agua urbana —ya sea doméstica o industrial— es usada, sobre todo, como un vector de alejamiento de residuos. Usamos su capacidad de disolución y su energía potencial para librarnos de nuestros residuos y dispersarlos posteriormente en el medio ambiente.

Pero el agua es traída de lugares cada vez más lejanos y requiere costosos procesos de tratamiento para asegurarle una calidad potable; potabilidad que sólo se precisa en un 2 % del total del agua que usamos. Pero toda esa agua urbana, tras de ser usada, se convierte en un vector de contaminación y de alteración en su retorno al medio ambiente. Por un lado, los residuos que arrastra o lleva disueltos —sean domésticos o de lavado de las superficies urbanas— degradan los sistemas naturales que los reciben, incapaces de absorberlos, y son envenenados por el tipo o dosis de los contaminantes.

Frente a la percepción social de la degradación del ambiente ocasionado por este modelo urbano del agua se ha reaccionado promoviendo sistemas de depuración del agua de alcantarillado, sistemas que evitan mezclar las aguas pluviales con las aguas residuales. Pero, ¿es eso suficiente? ¿Tiene sentido usar agua de calidad potable, extraída de lugares cada vez más lejanos y con mayores costos, para usarla de vector de alejamiento de residuos? ¿Es económicamente racional proyectar y construir costosas infraestructuras urbanas para protegernos de las inundaciones a medida que el crecimiento de la ciudad impermeabiliza el suelo y aumenta la cantidad y velocidad de la escorrentía urbana que causa el problema?

¿Por qué no empezar a rediseñar nuestras ciudades para tener una relación nueva con el sistema natural, estableciendo un paisaje propio de un metabolismo social no contaminante? Ello requiere disponer de una visión crítica de la relación de la ciudad con los sistemas naturales y con el agua, de los usos urbanos, así como de instrumentos y tecnologías que no sólo nos provean de una nueva relación con el territorio, sino también de nuevos recursos para reconstruir nuestras ciudades.

Lo anterior supone un reto para nuestras ciudades, para el urbanismo como mecanismo de transformación urbana, para el territorio y para el paisaje, y construir así el nuevo entorno que la sostenibilidad reclama.

Al igual que el ser humano, la ciudad no puede vivir sin agua. Lo que se requiere es encontrar un balance —como sucede dentro de nuestro cuerpo— para nuestras ciudades. En las grandes urbes, la vida de sus habitantes está en riesgo tanto si el agua se acumula en inundaciones como si escasea. El reto es encontrar el balance que incluya un urbanismo resiliente para la gestión hídrica.

Vulnerabilidad del Cutzamala

Rodrigo Ulises Santos Téllez, Raúl Medina Mendoza y José Manuel Rodríguez Varela

El sistema Cutzamala es una de las fuentes de abastecimiento de agua potable más grande del país.

ya que aprovecha las aguas de la cuenca alta del río Cutzamala, que provienen de las presas Tuxpan y El Bosque, en el estado de Michoacán, y Colorines, Ixtapan del Oro, Villa Victoria, Valle de Bravo, y Chilesdo en el Estado de México.

Debido a la sobreexplotación de las cuencas de los valles de México y Toluca-Ixtlahuaca, se hizo necesario captar el agua de cuencas externas diferentes a la del Alto Lerma, que desde la década de 1950 ya presentaba signos de sobreexplotación, por lo que, en 1982, el Sistema Cutzamala inicia su operación. En su primera etapa de operación se aportaron 4 m3/s de la presa Villa Victoria, y se construyó la planta de bombeo Núm. 5, así como la subestación eléctrica para la misma.

En su segunda etapa de operación, en 1985, se incrementó el suministro a 10 m3/s, con agua de la presa Valle de Bravo a la planta potabilizadora Los Berros, para lo cual se construyeron las plantas de bombeo 2, 3 y 4.

La tercera etapa está integrada por los subsistemas Chilesdo y Colorines, para un aprovechamiento total de 9 m3/s. El primero se encuentra en operación desde enero de 1993. Este capta las aguas del río Malacatepec en la presa Chilesdo, con lo cual se evita que escurran hasta la presa Colorines, reduciéndose así los costos de operación.

De las 7 presas que integran el Sistema Cutzamala, 3 son de almacenamiento:
- Tuxpan
- Ixtapan del Oro
- Colorines

y 4 son derivadoras:
- El Bosque
- Valle de Bravo
- Villa Victoria
- Chilesdo

Además, cuenta con la siguiente infraestructura:
- 6 macroplantas de bombeo
- 205.70 kilómetros de tuberías de acero y concreto con diámetros entre 1.07 y 3.5 metros.
- 72.55 kilómetros de canales abiertos
- 44 kilómetros de túneles.

Esquema general del Sistema Cutzamala

El Sistema Cutzamala es un sistema hídrico con 39 años de funcionamiento, infraestructura para el almacenamiento,

Fecha de Publicación:
16 de mayo de 2021

El Sistema Cutzamala es un sistema hídrico con 39 años de funcionamiento, infraestructura para el almacenamiento, conducción, potabilización y distribución de agua.

Núm. 18, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021- 18



conducción, potabilización y distribución de agua potable para la población e industria de la Ciudad de México y el Estado de México, de este último las ubicadas en las zonas centrales de la cuenca de México y el valle de Toluca. Es considerada una de las mayores obras de ingeniería civil en el mundo, ya que debe bombearse el agua desde una altitud de 1,600 m s. n. m., en su punto más bajo, hasta los 2,702 m s. n. m., en su punto más alto. Este sistema se extiende por las entidades de Michoacán, el Estado de México y la Ciudad de México.

El Sistema Cutzamala aporta el 26 % del agua potable que se consume en el valle de México. El resto del suministro se obtiene del Sistema Lerma, de pozos, y de diversos manantiales que operan con normalidad.

El crecimiento de la población en la zona metropolitana de la Ciudad de México y del valle de Toluca, la consecuente demanda de agua potable y la falta de fuentes alternas de suministro de agua a incorporar en el corto plazo son las causas que motivan mantener operando en condiciones adecuadas esta infraestructura, para evitar conflictos sociales y garantizar un abastecimiento continuo en cantidad y calidad.

Sin embargo, como toda obra de infraestructura, esta debe recibir mantenimiento preventivo periódico, y se deben atender situaciones de emergencia que pongan en riesgo el abastecimiento y su integridad. Para realizar estas acciones, el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (Ocavam) debe realizar operativos de mantenimiento programados que obligan a detener el suministro durante un corto periodo, que puede ser de unas horas hasta tres días. Por supuesto esto causa inconformidad por parte de los habitantes, complica las acciones de suministro de los organismos operadores y genera presión por parte de todos los involucrados para reiniciar el suministro de agua potable. Por tales motivos, los operativos de mantenimiento se reducen a las actividades mínimas necesarias, lo cual incrementa el riesgo de una falla mayor en el corto o mediano plazo. Esta situación aumenta la vulnerabilidad del sistema, principalmente de la planta Los Berros hasta los puntos de entrega en la Ciudad de México y el Estado de México.

Como puede verse en la imagen, de presentarse una falla en algún punto del sistema, antes de la planta potabilizadora de Los Berros, este tiene la capacidad de mitigar temporalmente el problema, ya que se conforma de tres grupos de presas; por tanto, en caso de perderse el suministro de alguna de ellas se tiene la posibilidad de no parar el suministro y, en el peor de los escenarios, solo disminuirlo temporalmente.

Sin embargo, a partir de la planta de Los Berros, el sistema no tiene redundancia ni



Esquema general *del Sistema Cutzamala*

flexibilidad, ya que solo cuenta con una línea de conducción entre la planta de bombeo 5 (PB5) y la torre de oscilación 5 (TO5), y las líneas L1 y L2 conducen de forma simultánea el caudal a entregar. Por tanto, una falla en cualquier punto entre la planta potabilizadora de Los Berros y la TO5 obligaría a un paro completo del sistema, y si ocurriese una falla entre la TO5 y el túnel Analco San José, obligaría a reducir el suministro al 50 %. Otro punto vulnerable del sistema es el propio túnel Analco San José, ya que, de presentarse una falla en este, se reduciría el suministro a un 35 %.

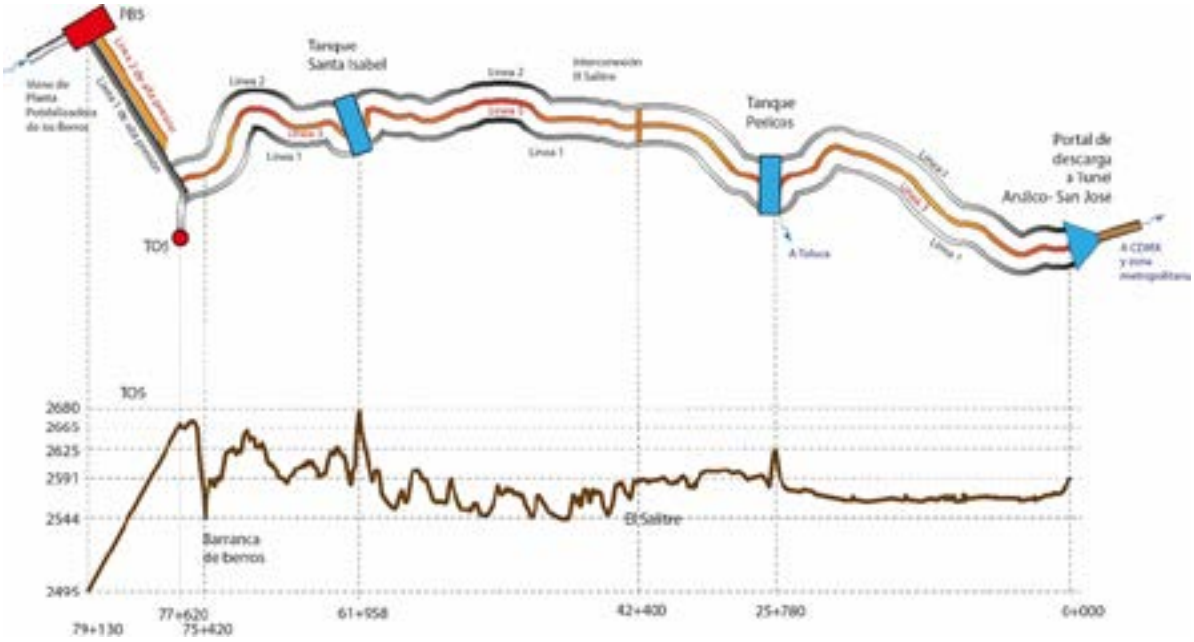
Para mitigar este riesgo, la Conagua, desde hace unos años, construye la línea 2 de alta presión entre la PB5 y la TO5 y la línea 3 entre la TO5 y el Túnel Analco San José, para tener flexibilidad de operación. Esta nueva infraestructura no tiene el objetivo de aumentar el caudal entregado, su principal aporte es contar con una conducción alterna que permita dar mantenimiento al sistema sin necesidad de detener el suministro, con lo cual los operativos de mantenimiento preventivo y emergente se podrán realizar de forma completa y adecuada, sin afectar a la población.

Actualmente ya se tiene en operación un tramo de 17 km de la línea 3, entre El Salitre y el tanque Pericos, y en la tercera semana de marzo entró en operación la línea 2 de alta presión, la cual se espera que esté terminada para finales de 2021. No obstante, esta situación no resuelve toda la problemática del sistema Cutzamala, también se debe trabajar en la modernización de la planta potabilizadora de Los Berros y la conducción entre esta y la PB5.

La situación que pone en grave riesgo el suministro de agua potable desde el sistema Cutzamala es la pérdida de capacidad de captación de las cuencas de aporte a las presas. Durante el presente año, el sistema de presas se encuentra en su nivel más bajo en los últimos 25 años, lo cual está asociado a la sequía de intensidades de D2 y D3 en las cuencas de aporte, y para los meses de mayo y junio se anticipa una grave escasez de agua en las presas del sistema.
Almacenamiento del sistema de presas del sistema Cutzamala al 3 de mayo de 2021 (Comisión Nacional del Agua, 2021)

Debido a esta situación, la Conagua, en acuerdo con el Sistema de Aguas de la Ciudad de México y la Comisión del Agua del Estado de México, ha establecido una política de reducción de extracciones desde el inicio del periodo de estiaje, con lo que se busca garantizar el abasto durante 2021 y 2022.

Por tanto, si bien se ha avanzado significativamente en brindar la infraestructura necesaria para garantizar el suministro desde el Sistema



Esquema del *tramo PB5–TASJ*

Cutzamala, se requiere tomar acciones para recuperar las cuencas de aporte y garantizar en el agua necesaria en las presas, y dichas acciones deben ser coordinadas por las diversas instituciones y los tres órdenes de gobierno, así como por las poblaciones que reciben el suministro y las que se encuentran dentro de las cuencas.

Las acciones de intervención en las porciones medias y altas de las cuencas del Sistema Cutzamala, para incrementar la disponibilidad del agua de forma sostenible, deben realizarse de forma participativa con los productores que usufructúan los recursos naturales para satisfacer sus necesidades básicas. El manejo de su territorio lo realizan mayormente con prácticas tradicionales, que son inadecuadas y no sostenibles. Asimismo, la ocupación productiva de los terrenos se hace de una forma contraria a la propia vocación o aptitud de los suelos —como la agricultura en laderas de fuertes pendientes—, generando un "conflicto de uso" que se traduce en la degradación paulatina de los recursos naturales con impactos en la calidad y cantidad del recurso hídrico.

Así, para que sea exitoso cualquier programa cuyo objetivo sea el de incrementar la disponibilidad del recurso hídrico en las cuencas del Sistema Cutzamala, se deberá buscar armonizar los intereses y necesidades que giran en torno a resolver la sostenibilidad a largo plazo de los recursos naturales y asociados, evitando la degradación de suelo, agua, vegetación y fauna y, a la vez, cumplir con los objetivos de los productores agropecuarios y forestales. Entonces, por un lado, están los dueños o usufructuarios de las parcelas (impactos in situ), interesados en mantener o mejorar su capital de recursos naturales para una producción sostenida, que les permita asegurar como mínimo su autoconsumo y quienes aspiran a obtener ingresos económicos que les garanticen su sustentabilidad y la de sus familias en el largo plazo. Y por el otro lado, los impactos que ocurren aguas abajo (impactos ex situ) en cuerpos de agua e infraestructura, motivo de preocupación y atención de las diferentes instancias de gobierno y autoridades que manejan el recurso hídrico en el Sistema Cutzamala.

Las tecnologías a implementar para resolver la problemática y alcanzar la sostenibilidad de los recursos naturales en las cuencas son abundantes y se seleccionan en función de las características específicas de cada unidad de producción y condición socioeconómica de los productores.

Actualmente se enfatizan las soluciones basadas en la naturaleza (SBN), que en el ámbito de las cuencas se conocen como mejores prácticas, tecnologías conservacionistas de agua y suelo o prácticas vegetativas. Para las cuencas del Sistema Cutzamala una acción estratégica lo constituye la SBN de "producir agua", término que engloba el proteger y recuperar las áreas vitales para la existencia

del agua, como son: zonas de infiltración; áreas de recarga acuífera; nacientes, lagos, arroyos, ríos y quebradas con tecnologías específicas de desarrollo que integran la repoblación forestal focalizada hacia las zonas de recarga inmediata; el tratamiento y reúso de aguas residuales que permitan recuperar volúmenes; la cosecha de lluvia para la producción alimentaria que integre la ocupación del suelo por capacidad de uso, con lo que se contrarrestan los conflictos de uso de los terrenos; el diseño hidrológico del terreno o técnica Keyline, y la labranza mínima o cero labranza. En el mismo sentido, la captación de agua de lluvia de los techos se considera como una acción para producir agua en las cuencas.

La implementación en campo de las mejores prácticas requiere pasar por un proceso de planificación en tres ámbitos territoriales de intervención

1) A nivel de unidad de producción, planificando de forma participativa y acompañada por los dueños de las fincas, quienes deben ser los verdaderos tomadores de las decisiones a partir de las propuestas de mejores prácticas, utilizando para este proceso una herramienta metodológica de Plan Participativo de Producción y Conservación (PPPC).

El principio de trabajo en este ámbito territorial es que una finca con mejores prácticas no contribuirá al resto de la cuenca con contaminantes en forma de escurrimientos excesivos, azolves, basura y agroquímicos.

2) A nivel de microcuenca hidrográfica o unidad de escurrimiento para contrarrestar el fenómeno erosivo que ocurre dentro del territorio conformado por una o varias comunidades, en cárcavas, caminos, cortes de carretera, riberas de arroyos, zonas de riego, las cuales por su magnitud y extensión sobrepasan los límites de las fincas y, por ende, la capacidad de solución de un productor o grupo de productores, necesitándose la intervención y apoyo de una o varias instituciones. Para este ámbito territorial se recomienda utilizar la herramienta Plan de Conservación y Manejo Participativo de Microcuencas (PCMPM). El principio de trabajo en este ámbito es que la sumatoria de las microcuencas con buenas prácticas de manejo posibilitarán que cada subcuenca alcance un desarrollo equilibrado.

3) A nivel de las cuencas de aportación, integrando los planes por microcuenca y definiendo las políticas generales que sirvan como marco de conducción de las intervenciones gubernamentales, coordinando los esfuerzos y dándole un sentido de dirección a los programas federalizados y a los llevados a cabo por los gobiernos estatales y municipales.

En este nivel territorial es donde se posibilita la evaluación de los impactos de las mejores prácticas en la cantidad y calidad del agua que llega a las presas que abastecen al Sistema Cutzamala.

Las acciones en las porciones medias y altas de las cuencas del Sistema Cutzamala requieren ineludiblemente de la intervención simultánea y coordinada de las diferentes instancias y entidades de todos los órdenes de gobierno, tanto de las que tienen injerencia en los recursos naturales como de las que administran directamente el recurso hídrico.

Referencias

Comisión Nacional del Agua (4 de mayo de 2021). Sesión Ordinaria 1491 del Comité Nacional de Grandes Presas. Ciudad de México.

Cerrando el ciclo urbano del agua

Jennifer Bañuelos Díaz, con la participación de César Calderón Mólgora, Arturo González Herrera, Ma. De Lourdes Rivera Huerta, Sara Pérez Castrejón, Iván Villegas Mendoza, Carlos Silva Luna, Alejandra Martín Domínguez y Martín Piña Soberanis

La disponibilidad de agua segura para uso y consumo humano se enfrenta cada vez mayores desafíos, debido principalmente a los impactos antropogénicos que afectan la cantidad y calidad de las fuentes de abastecimiento.

Fecha de Publicación: 24 de abril de 2021

Preservar la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos..

Cuatro fuentes de impacto en cuerpos de agua superficiales, tanto en los sistemas lóticos como lénticos, han sido los residuos de plaguicidas, metales pesados, contaminantes emergentes y microplásticos.

No solo las descargas puntuales de contaminación, como el vertido directo de aguas residuales urbanas y/o industriales sin un tratamiento adecuado, son los causantes del deterioro de los cuerpos de agua que se utilizan como abastecimiento, también el arrastre por las lluvias de todos los productos utilizados en la agricultura, la ganadería y la minería son una fuente importante de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

Por otro lado, los contaminantes emergentes, que a menudo provienen de aguas residuales o se derivan directamente de las actividades agrícolas, agroindustriales y hasta de los hogares, son objeto de preocupación creciente, debido a que sustancias como medicamentos, cosméticos, antibióticos, hormonas, nanomateriales, entre otros, aun cuando sus efectos sobre la salud pública no son del todo conocidos, se encuentran cada vez en mayor cantidad en los cuerpos de agua, lo que representa nuevas amenazas para la salud humana.

Aunado a esto, el cambio climático, junto con los fenómenos de eutrofización, producto de aguas sobrenriquecidas con nutrientes, están contribuyendo a la proliferación de brotes de cianobacterias que producen diversas toxinas, siendo algunas de acción neurológica.

El crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización, la deforestación, la sobreutilización de productos químicos en todos los ámbitos de la sociedad y el utilizar los cuerpos de agua para desechar los residuos han provocado que los contaminantes sean cada vez más complejos y puedan estar directamente relacionados con la salud humana. En el caso de los metales, se tiene además que son bioacumulables en la cadena trófica, lo que representa un riesgo latente para la salud. Esto se traduce en un aumento de los costos de tratamiento para la potabilización del agua.

Es probable que más del 80 % de las aguas residuales en todo el mundo se liberen al medio ambiente sin tratamiento (WWAP, 2012; ONU Agua 2015a). Esto tiene repercusiones

Núm. 15, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021- 15



negativas en la salud humana, la productividad económica, la calidad de los recursos de agua dulce ambiental y los ecosistemas.
Asimismo, la disponibilidad del agua en México ha ido decreciendo en los últimos años. En 1988 era de 5 304 m7/hab/año y en 2017 era de 3 702 m7/hab/año (Aquastat). Esta situación obliga a hacer un uso cada vez más eficiente del agua.

El ciclo urbano del agua se entiende como todas las acciones requeridas para suministrar agua de calidad potable a una comunidad, independientemente de sus dimensiones, asegurando que la recolección del agua residual, su tratamiento y retorno al cuerpo receptor no deteriore su calidad. El agua recuperada vertida al cuerpo receptor tendrá un efecto de dilución por volumen, además de que los propios procesos naturales contribuirán a degradar los componentes orgánicos remanentes, de tal forma que puedan ser aprovechada aguas abajo para otros usos, incluido el abastecimiento a otra comunidad.
En términos espaciales, el ciclo urbano del agua es más semejante a una espiral que a un ciclo cerrado; una vez suministrada, utilizada e idealmente tratada y vertida, el agua sigue su curso.

En la medida en que el agua recuperada pueda utilizarse en la misma comunidad que la genera, en aplicaciones que no demanden una calidad semejante a la potable, el ciclo urbano del agua comienza a cerrarse. Los usos más comunes del agua recuperada son: llenado de embalses, riego de áreas verdes, lavado de vehículos y el uso industrial en torres de enfriamiento. Las características del agua recuperada están definidas por el uso específico al que se destine.

El reúso potable directo es un concepto más difícil de asimilar. En general, a ninguna persona le resulta atractiva la idea de ingerir o tener contacto con agua que haya servido previamente para acarrear materia fecal, orina o que provenga de operaciones de limpieza, aun cuando satisfaga todos los requisitos sanitarios del agua potable. Para solventar este rechazo natural, la práctica ha sido el reúso potable indirecto, con el que se trata de desdibujar el origen del agua en la percepción del usuario: El efluente de la planta de tratamiento avanzado de aguas residuales se mezcla con una fuente de abastecimiento, ya sea superficial por vertido (por ejemplo, embalses artificiales) o subterránea por recarga del acuífero. Al mezclarse con las aguas “autóctonas”, el total del volumen del agua recupera su identidad original. Estas fuentes recargadas abastecen a la planta potabilizadora que provee de agua potable a la comunidad que genera el agua residual tratada.

La última barrera le corresponde a la planta potabilizadora. Evidentemente, mientras el agua vertida o reinyectada presente mejores características, le dará



Fuente. Elaboración *propia para el proyecto TC1728.3 "Realización de un Programa Marco para Fomentar Acciones para Restablecer el Balance del Ciclo del Agua en Destinos Turísticos Prioritarios".*

a la planta potabilizadora mayor holgura para la producción de agua apta para consumo humano, ya que tendrá menor necesidad de eliminar los contaminantes que comprometan su calidad y el riesgo para los usuarios. Es decir, con una secuencia multibarreras, el agua residual puede alcanzar niveles de calidad potable e incluso de agua ultrapura, como la que se requiere en la industria farmacéutica o para la producción de microchips.

Es claro que las precauciones que deben considerarse en el caso de la existencia de aguas residuales en las fuentes de abastecimiento utilizadas para fines de consumo van en el sentido de utilizar barreras múltiples; es decir, varios procesos en serie que aseguren la calidad del agua, así como sistemas avanzados de control y, sobre todo, excelentes registros de calidad del agua, que implican un costo elevado de operación y tratamiento.

En el mundo se tienen varios ejemplos de agua residual recuperada y no solo tratada para su reúso, sino llevada a nivel potable: 1) la planta de reúso potable directo de Windhoek, en Namibia. El efluente de una laguna de maduración se mezcla en una proporción 1:3 con agua de la presa Goreangab, la mezcla es tratada con esta secuencia: dosificación de carbón activado en polvo, preozonización, coagulación, flotación por aire disuelto, filtración rápida en arena, ozonización, biofiltración con carbón activado, adsorción en carbón activado granular, cloración, ultrafiltración y cloración a punto de quiebre y ajuste de pH (du Pisani and Menge, 2013). Después del tratamiento, el agua se distribuye a la población. 2) Newater, en Singapur, es de reúso potable indirecto. El agua residual urbana es tratada mediante procesos biológicos con control de nutrientes para lograr un efluente con baja carga orgánica y de nutrientes para no provocar brotes de algales o plantas acuáticas en los embalses y que sea inocua para la biota acuática. El siguiente paso es la filtración a través de membranas, ya sean de microfiltración o de ultrafiltración. En esta barrera se removerán partículas suspendidas microscópicas y bacterias, además de que sirve de pretratamiento para la ósmosis inversa. Este proceso remueve minerales disueltos, virus y contaminantes emergentes no removibles por el tratamiento biológico. Por último, el agua se desinfecta con luz ultravioleta. El efluente se utiliza en instalaciones industriales para enfriamiento de aire en edificios multifamiliares y de oficinas, y una fracción se envía a embalses artificiales, que también reciben el drenaje natural de su respectiva microcuenca. Estos embalses alimentan plantas potabilizadoras para el abastecimiento del país. A través de Newater se cubre el 30 % de la demanda de agua de Singapur.

En México debemos tender a este tipo de soluciones, sobre todo porque la escasez de agua en varias regiones del país es apremiante; sin embargo, la solución de este problema



Vista aérea *de la planta potabilizadora de Windhoek, Namibia.*



Planta potabilizadora *"la Viga 4" Jennifer Bañuelos.*

es multivariable, e involucra la protección de las cuencas, la mejora de las leyes y normas, así como la vigilancia de aplicación y efectividad de estas, entre otros. Por ejemplo, no existe una regulación específica de contaminantes emergentes ni de microplásticos, no hay diagnósticos del número, la concentración y el efecto de estos contaminantes en la fauna y flora del agua dulce, ni de los riesgos a la salud humana por el uso y consumo de estas aguas, ni la infraestructura ni técnicas analíticas suficientes a nivel laboratorio para poder cuantificar este tipo de contaminantes.

Los primeros pasos ya se están dando, y la muestra es que uno de los cinco objetivos del Plan Nacional Hidráulico (PNH) es "Preservar la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos". Un aspecto importante es que el PNH contempla acciones para reducir y controlar la contaminación y evitar así el deterioro de cuerpos de agua y sus impactos sobre la salud de la población, mediante la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua para identificar áreas de atención prioritarias, y se promoverá la reducción de la contaminación difusa asociada con agroquímicos y se reforzarán los mecanismos para controlar la contaminación derivada de actividades extractivas y del manejo y la disposición final de residuos sólidos. Lo anterior, de realizarse, será de gran ayuda para disminuir la complejidad y los costos de potabilizar el agua, así como asegurar la salud de la población.

Referencias.

AQUASTAT http://www.fao.org/aquastat/statistics/query/results.html. Consultado el 20.04.21

PUB Newater https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/newater#:~:text=Today%2C%20there%20are

%20five%20NEWater,of%20Singapore's%20future%20water%20demand. Consultado el 19.04.21

P. du Pisani and J. G. Menge. Direct potable reclamation in Windhoek: a critical review of the design philosophy of new Goreangab drinking water reclamation plant. Water Science and Technology: Water Supply (2013) 13 (2): 214–226.

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2017. Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2017. Aguas residuales: el recurso desaprovechado. París, Unesco.

Hacia una gestión de las aguas urbanas basada en la naturaleza

Laurent Guillaume Courty

Desde que el ser humano comenzó a construir ciudades, hace más de cinco milenios, creó sistemas para drenar las aguas urbanas (Viyogi 1984).

Sin embargo, los principios rectores del diseño de los sistemas actuales tienen sus orígenes en el movimiento higienista de la mitad del siglo XIX (Bertrand-Krajewski, 2005). Durante la segunda parte de este mismo siglo se desarrollaron los principios básicos que todavía rigen el diseño del drenaje urbano en México: las aguas pluviales constituyen un problema y deben evacuarse lejos de la ciudad lo más rápidamente posible. En aquel entonces, el enfoque era meramente hidráulico e ingenieril, y el principal reto era el dimensionamiento de las tuberías necesarias para evacuar las aguas de la manera más eficiente.

La urbanización galopante del siglo XX hizo que las redes de drenaje diseñadas en las décadas anteriores colapsaran, causando inundaciones más frecuentes. La respuesta fue construir obras cada vez más grandes. Por los años setenta comenzó a ser claro que este enfoque había llegado a sus límites, por múltiples razones. Primero, la económica, pues el costo del manejo de las aguas pluviales por estas grandes obras se había encarecido cada vez más. También, los sistemas de redes de drenaje habían modificado el equilibrio hidrológico de las cuencas, creando problemas colaterales. Un ejemplo de estos efectos negativos es el sistema de drenaje de la zona metropolitana del valle de México. Las aguas que precipitan en la cuenca del valle de México, y que antiguamente se escurrían hasta el lago de Texcoco, ahora son evacuadas por una serie de túneles y canales hasta el valle del Mezquital, contribuyendo tanto a la reducción de la recarga de los acuíferos de la cuenca del valle de México, como a la desaparición del lago.

Por estas razones se desarrollaron en la segunda parte del siglo XX metodologías que incluyen medidas destinadas a retener el agua en dónde se precipita, y así reducir los escurrimientos y las inundaciones. Estas acciones tienen varios nombres, según el país dónde se desarrollaron: Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS), en el Reino Unido; Mejores Prácticas de Manejo (BMP) o Desarrollo de Bajo Impacto (LID), en Estados Unidos; Técnicas Alternativas para la gestión del agua pluvial (Techniques alternatives), en Francia, etc. (Fletcher et al., 2015). Este concepto de la gestión de aguas pluviales ya está bien implantado en Europa o Estados Unidos, y comienza ya a implementarse también en México. Un ejemplo se encuentra en la Ley del Agua para el Estado de Jalisco y sus Municipios, la cual, en su artículo 86-bis, impone la retención de las aguas pluviales en el predio de desarrollo. Esto busca el llamado impacto hidrológico cero, que define que el gasto de escurrimiento pico del predio impermeabilizado no debe ser superior al gasto de la parcela en su estado natural. Las

Fecha de Publicación:
21 de febrero de 2021

Se ha desarrollado el tema de infraestructura verde y azul, que representa la incorporación de soluciones basadas en la naturaleza para la gestión hídric

Núm. 06, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021- 06



medidas técnicas para llegar a este objetivo pueden tomar varias formas, ya sea en obras grises o verdes, tales como lagunas de retención, azoteas verdes, biozanjas, etc.

Cabe mencionar que además de disminuir la posibilidad de inundaciones, la retención de las aguas de escurrimiento en el predio tiene el efecto secundario de ayudar en el tratamiento de las aguas pluviales, pues las aguas de origen pluvial, al contrario de las creencias comunes, pueden estar altamente contaminadas, especialmente en zonas urbanas (Philippe et Ranchet, 1987; Ellis, 1991; Chocat et al., 1992; Bachoc et al., 1992.). Se ha estimado que el agua de lluvia recoge del 20 al 25 % de su contaminación por el simple hecho de atravesar la atmósfera (Battaglia et al., 2003). Al escurrirse en los techos y calles, el agua pluvial se contamina aún más. Afortunadamente, la mayoría de esta contaminación está fijada en sólidos en suspensión, lo que facilita el tratamiento por simple decantación, que puede alcanzar tazas de tratamiento desde el 50 hasta el 95 %, según los contaminantes (Battaglia et al. 2003). Así, las técnicas de retención del agua en el predio, por su acción de decantación y filtración, apoyan en la reducción de la contaminación que llegaría a los ríos y lagos, además de facilitar su reúso. De esta manera, el agua pluvial que se consideraba un problema se convierte en un recurso.

En las últimas décadas se ha desarrollado el tema de infraestructura verde y azul, que representa la incorporación de soluciones basadas en la naturaleza para la gestión hídrica. Estas soluciones tienen muchos beneficios, además de la gestión hídrica, tales como el uso social y cultural, el control de la temperatura, la provisión de refugios a fauna y flora, etc. (Bertrand-Krajewski, 2020). En este contexto, la gestión del agua urbana no solamente es el coto privado de los ingenieros, sino también de los urbanistas, arquitectos, botanistas, biólogos, sociólogos y tomadores de decisiones, pues la ciudad se debe estudiar como un sistema complejo, en el cual el ser humano es protagonista. El agua no debe desconectarse del diseño y gestión de los asentamientos humanos.

Como hemos visto, la gestión de las aguas pluviales urbanas no es un tema estático. En México tenemos el deber de acompañar esta evolución para que su manejo deje de ser un tema visto solamente desde un punto de vista ingenieril, y avance hacia una gestión integral, más respetuosa tanto de los ecosistemas como de los habitantes de las ciudades. Ese trabajo debe abordarse desde los ejes de la política pública, la educación y la sensibilización de los tomadores de decisiones, así como del público en general.

Referencias:

A. Bachoc, G. Chebbo y J. Mouchel : La pollution des rejets pluviaux urbains : son importance, ses caractéristiques, quelques éléments sur ses origines et son interception. Rejets urbains par temps de pluie : pollution et nuisances, páginas 9–21, 1992.

Battaglia, P., Chocat, B., Blanchard, M., y otros. (2003). La Ville et son assainissement (B. Chocat, M. Blanchard, H. Bouillon, B. Guézo, O. Norotte, & R. Thomazeau [eds.]. Cerema.

Bertrand-Krajewski, J. L. (2005, diciembre). Sewer systems in the 19th century; diffusion of ideas and techniques, circulation of engineers. En Proceedings of the 4th Conference of the International Water History Association (IWHA), París, Francia (pp. 1-4).

Bertrand-Krajewski, J. L. (2020). Integrated urban stormwater management: Evolution and multidisciplinary perspective. Journal of Hydro-environment Research.

B. Chocat: Pollution due to urban stormwater discharges: 37 pages, 6 figures and 17 tables to begin to explain. Provisory report, INSA, Lyon, Francia, septiembre 1992, 37 p, 1992.

J.B. Ellis: Measures for the control and treatment of urban runoff quality. Middlesex Polytechnic, 1991.

Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., ... & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more–The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. Urban water journal, 12(7), 525-542.

J.P. Philippe y J. Ranchet: Pollution des eaux de ruissellement pluvial en zone urbaine : synthèse des mesures sur dix bassins versants en région parisienne. Laboratoire central des ponts et chaussées, 1987.

La paradoja de la eficiencia en el uso del agua

Adrián Pedrozo Acuña

El interés mundial por el uso eficiente del agua en todos los sectores es enorme. Sin embargo, como se ha mencionado ya en este blog, la eficiencia en el uso del agua se examina únicamente desde una perspectiva de la producción.

Fecha de Publicación:
20 de septiembre de 2020

La eficiencia en el uso del agua se examina únicamente desde una perspectiva de la producción.

Enmarcar la discusión exclusivamente desde este ángulo puede resultar en que algo equivocado se haga de una manera más eficiente. Existen muchos ejemplos en el mundo que respaldan esta afirmación: la producción a gran escala de almendras y alfalfa en el valle central de California, de aguacates en Chile, de espárragos en Perú, de ejotes en Egipto o de alfalfa en zonas áridas de México. A pesar de su gran demanda de agua, todos estos cultivos crecen en zonas del planeta con altos niveles de escasez hídrica y su destino final es la exportación. La documentada sobreexplotación de acuíferos en estas regiones nos indica la necesidad de cuestionar la bondad de estas prácticas.

Existen tres perspectivas para examinar el uso eficiente del agua: 1) la de la producción, que atiende a la pregunta de cómo producir un cierto bien o cultivo con menos agua; 2) la geográfica, que analiza en qué lugar es mejor producir ciertos cultivos desde un punto de vista hídrico para ahorrar agua, y 3) la del consumo, que se enfoca en el problema de la demanda y cuestiona qué es lo que se produce realmente y cómo se pueden satisfacer con menos agua algunas necesidades de los consumidores.

¿Es posible ser optimistas con respecto a una mayor eficiencia hídrica?

Desde hace décadas, la eficiencia en el uso del agua se ha reconocido como uno de los más importantes retos a escala global. Sin embargo, diversos investigadores señalan que el discurso de la eficiencia es producto de una mentalidad neoliberal que fija sus objetivos en una mayor producción, descuidando objetivos relativos a la conservación ambiental y a la sustentabilidad del planeta.

Antes de entrar en esta discusión, quizá valga la pena revisar lo que ha ocurrido en todo el mundo y reconocer que existen limitaciones prácticas asociadas al mejoramiento de la eficiencia en el uso de cualquier elemento. Un ejemplo evidente es el consumo de agua en la agricultura, el sector que genera el 92 % de la huella hídrica de toda la humanidad. Como se ha mencionado, existe en muchos lugares un gran potencial para reducir la huella del consumo de agua y su contaminación. Sin embargo, en el caso de la agricultura existen limitaciones inherentes relacionadas con la transpiración necesaria de las plantas y cultivos para su crecimiento. En el último siglo se tiene registrado un incremento continuo en el consumo global de agua, y se proyecta que siga en aumento en las próximas décadas (FAO, 2011; Molden 2007).

Núm. 22, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020- 22



La razón de lo anterior no tiene su base exclusivamente en el documentado crecimiento poblacional, sino también en la evolución de nuestro patrón de consumo hacia uno que necesita una mayor cantidad de agua para la generación de productos. Particularmente, se habla de cambios globales en la dieta de los seres humanos hacia un mayor consumo de carne, lácteos y en el uso de bioenergéticos, que requieren una gran cantidad de agua para su producción. En las últimas décadas, las productividades hídricas se han incrementado considerablemente, y el incremento alcanzado en la eficiencia hídrica no es suficiente para compensar el consumo de agua asociado a este cambio de dieta. Por el contrario, el consumo total de agua ha ido creciendo en los últimos años a pesar de los incrementos en la eficiencia en su uso. De esta forma, no existe evidencia científica objetiva que nos permita asumir que el incremento en la productividad hídrica compensa el impacto de la creciente demanda de bienes que requieren grandes cantidades de agua para su producción. Esto representa un problema muy serio. El promedio de escasez hídrica azul (huella hídrica azul/disponibilidad de agua azul) que viven las personas alrededor del planeta se estima en aproximadamente 133 %. Esto indica que usamos 33 % más agua de la que el planeta provee y renueva de forma natural (Hoekstra y Mekonen, 2011). Para mitigar esta escasez, los incrementos en la productividad hídrica son esenciales, pero no suficientes. Un estudio publicado en 2011 reportó que es posible mejorar la eficiencia del agua azul en todos los sectores combinados en un promedio global de hasta el 25 % (EC y PBL, 2011). Sin embargo, esta posible mejora no podrá compensar los efectos que el crecimiento poblacional tendrá sobre la demanda de agua a escala global.

El énfasis global sobre la eficiencia en el uso del agua nos ha hecho abrir la conversación sobre la utilización de menos agua por unidad de producción. De ahí que se haya generado la frase “mayor cosecha por gota de agua”. Si bien esta frase suena atractiva, nos hace olvidar que, al final de cuentas, es el total del consumo de agua lo que determina el impacto sobre el ambiente. Existen muchos lugares en el planeta donde el agua se usa de una manera muy eficiente, con muy buenos resultados respecto a lo cosechado por gota de agua utilizada, pero que al mismo tiempo se encuentran en zonas donde los acuíferos y ríos están siendo sobreexplotados. El impacto total de la producción sobre el agua depende de dos factores: el uso de agua por unidad de producción y la producción total.

En todos lados vemos compañías que son capaces de reducir el volumen de consumo de agua por unidad de producción, pero el volumen total de la producción crece mucho más rápido, de tal manera que la huella hídrica total de la cuenca resulta más grande. Por lo tanto, es tan importante considerar la producción total de bienes y cultivos altamente demandantes de agua, como evaluar el uso del agua por unidad de producción.

El propósito de incrementar la eficiencia (huella hídrica por unidad de producción) no es suficiente, debemos aspirar también a reducir la huella hídrica total. El incremento en la eficiencia en el uso del agua es un medio para conseguir la segunda, pero se requiere acoplar estas medidas con otras que limiten el continuo crecimiento de la demanda. Algunas áreas a las que debemos poner particular atención son la demanda de carne, lácteos y bioenergía, que son multiplicadores de la demanda de agua en todo el mundo. Otras áreas de desarrollo requieren también nuestra atención, como la adopción de nuevas técnicas y métodos en la minería. El uso de agua y su contaminación en actividades mineras son cuestiones que deben de estar en el radar de todos, especialmente en el de los tomadores de decisión encargados de la normatividad ambiental, en virtud de que las actividades del sector no son tan directamente relacionables con el consumo diario de bienes de una forma visible.

EL efecto rebote

A partir de los estudios disponibles para el sector energético, es sabido que existe el llamado efecto rebote de la eficiencia (Biswanger, 2001; Sorrel et al., 2009; Terry et al., 2009). Este efecto se refiere a la respuesta típica del mercado después de la adopción de nuevas técnicas que incrementan la eficiencia en el uso de cualquier elemento (p. ej. el agua), y consiste en que, si se ahorra un recurso, el ahorro se vuelve automáticamente disponible para generar más producción. De esta manera, la ganancia ambiental obtenida por el ahorro de un elemento se pierde en parte o completamente por una visión de generar más bienes o unidades de producto. Algunas veces, el consumo incluso aumenta como resultado del incremento en la eficiencia. Este caso específico del efecto rebote se conoce como paradoja de Jevons (Polimeni et al., 2008).

De hecho, existe suficiente evidencia de que el efecto rebote ocurre en el uso del agua a nivel mundial, particularmente en el caso de la agricultura (Ward y Pulido-Velazquez, 2008; Crase y O´Keefe, 2009; Scott et al., 2014; Berbel et al., 2015; Sears et al., 2018). Imaginemos esas vastas áreas del planeta en las que la tierra está lista para la producción, pero en las que no se tiene disponibilidad de agua. Si un agricultor que utiliza agua subterránea para el riego de sus tierras sabe que puede obtener el mismo rendimiento con menos agua, es muy probable que decida incrementar la superficie de riego, incrementando, por lo tanto, su producción total a través del uso de técnicas de irrigación más eficientes con el mismo volumen de agua que ya utilizaba en un principio. Como sabemos, y lo hemos visto en diversas zonas del país (p. ej. Guanajuato), lo anterior es más que probable; sucede, y se le denomina la paradoja del riego eficiente (Grafton et al., 2018). Por esta razón, en la discusión de la eficiencia en el

uso de agua es necesario incorporar variables relacionadas con la sustentabilidad, la equidad y la justicia hídricas. Incluir esta nueva perspectiva social a la de la eficiencia en el uso del agua permitirá evolucionar de un marco de trabajo puramente tecnocrático a otro que tome en cuenta a la sociedad como elemento fundamental para las decisiones, colocando la vida y las personas en el centro.

De esta forma podremos construir las avenidas que harán posible dirigir los beneficios de los ahorros de agua a todos los habitantes de una cuenca, al mismo tiempo que se evitarán impactos no deseados, como el acaparamiento de agua y la desigualdad económica. Por el bien de la vida y las generaciones futuras, es imperioso que hacia allá dirijamos nuestros esfuerzos.

Referencias:

Berbel J., Gutiérrez-Martín, C., Rodríguez-Díaz, J.A., Camacho, E., Montesinos, P., (2015). Literature review on rebound effect of the water saving measures and analysis of a Spanish case study. Water Resources Management, 29(3): 663-678.

Biswanger, M. (2001) Technological progress and sustainable development: What about the rebound effect? Ecological Economics, 36(1), 119-132.

Crase L., O´Keefe, S. (2009) The paradox of national water savings: A critique of "Water for the future". Agenda: A Journal of Policy Analysis and Reform, 16(1), 45-60.

EC, PBL, (2011) EU resource efficiency perspectives in a global context, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague the Netherlands, and European Commission, Brussels, Belgium.

FAO, (2011) The state of the world´s land and water resources for food and agriculture: Managing systems at risk, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Grafton, R.Q, Williams, J., Perry, C.J., Molle, F., Rongler, C., Steduto, P., Udall, B., Wheeler, S.A., Wang, Y., Garrick, D., Allen, R.G. (2018). The paradox of irrigation efficiency, Science, 361(6404): 748-750.

Molden, D. (ed) (2007) Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture. Routledge Earthscan, London, UK.

Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Hydrology and Earth System Sciences, 15(5): 1577-1600.

Polimeni, J.M., Mayumi, K., Giampietro, M., Alcott, B., (2008) the Jevons paradox and the myth of resource efficiency improvements, Routledge Earthscan, London, UK.

Scott, C.A., Vicuña, S., Blanco-Gutiérrez, I., Meza, F., Varela-Ortega, C. (2014) Irrigation efficiency and water policy implications for river basin resilience, Hydrology and Earth System Sciences, 18(4), 1339.

Sears, L., Caparelli, J., Lee, C., Pan, D., Strandberg, G., Vuu, L., Lawell, C.Y.C.L., (2018) Jevons´ Paradox and efficient irrigation technology, Sustainability, 10(5), 1590.

Terry, B., Athanasios, D., Jonathan, R. (2009) The macroeconomic rebound effect and the world economy, Energy Efficiency, 2(4), 411-427.

Ward, F.A., Pulido-Velazquez, M., (2008) Water conservation in irrigation can increase water use. Proceedings of the National Academy of Sciences,105 (47): 18215-18220.

Ciencia y Tecnología



Tecnologías para la transición climática

Agustín Breña Naranjo

Recientemente se han dado noticias preocupantes acerca de los impactos que nuestro planeta está experimentando como consecuencia del calentamiento global, pero también noticias sobre posibles impactos en un futuro no muy lejano.

Ante esta situación, cada vez vemos más planes e iniciativas para acelerar la transición climática a nivel global.

Existe nueva información sobre temperaturas extremas observadas en diferentes partes del mundo, lo que ha generado inquietud en la comunidad científica acerca de la vulnerabilidad de los ecosistemas ante la ocurrencia y propagación de este tipo de extremos climáticos hacia otras regiones. Zhao et al. (2021) analizaron datos de la temperatura en la superficie terrestre de los últimos 18 años con información de la misión satelital MODIS. De acuerdo con este estudio, se encontró un incremento de 10 °C en las temperaturas más altas, pasando de un valor récord de 70.7 °C (observado en 2005), a 80.8 °C (en 2018 y 2019). Cabe destacar que este último valor fue observado en dos lugares diferentes: el desierto de Sonora (México), en 2018, y el desierto de Lut (Irán), en 2019. Si bien estos valores ocurrieron en regiones desérticas desprovistas de actividades humanas, una temperatura similar en cuencas menos áridas sería catastrófica para los ecosistemas naturales, la agricultura y la vida humana.

De igual manera, la semana pasada se registraron ondas de calor, tanto en la región ártica (a inicios de su primavera) como antártica (a inicios de su otoño), con anomalías en la temperatura de 30 y 40 °C por arriba de lo normal para esta temporada del año. Estos valores extremos, nunca antes detectados desde que se tienen registros climáticos, se suman al récord de temperatura observado en la ciudad rusa de Verkhoyansk (ubicada dentro del círculo polar ártico) de 38 °C en el verano pasado. La magnitud de estos incrementos no solo indica que el calentamiento global se está acelerando a un ritmo más rápido de lo esperado, sino que también abre interrogantes sobre la implementación efectiva, en tiempo y forma, de acciones para la adaptación al cambio climático a una escala planetaria.

Este par de evidencias descritas previamente se suma a la más reciente evaluación de los impactos, vulnerabilidades y capacidades de adaptación al cambio climático publicada dentro del 6° informe de evaluación del IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático por sus siglas en inglés) a principios del mes de marzo. Este informe representa la continuación de la primera parte publicada (bases de la ciencia física) en agosto del año pasado. Algunas de las principales conclusiones acerca de los posibles impactos en los próximos años y décadas se muestran a continuación:

· La probabilidad de extinción de todas las especies terrestres y acuáticas que ya se encuentran en alto riesgo oscila entre el

Fecha de publicación:
27 de marzo de 2022

El cambio climático provocará crisis humanitarias y migraciones a escala masiva.

Núm. 10, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-10



9 y el 14 % bajo un escenario de calentamiento de +1.5 °C. Estos rangos se incrementan a 10–18 % y 12–29 % para escenarios de +2 °C y +3 °C, respectivamente.

• El cambio climático provocará crisis humanitarias y migraciones a escala masiva. Solo en África, el escenario más desfavorable estima un desplazamiento de 700 millones de habitantes (aproximadamente la mitad de toda la población del continente) para el 2030 (dentro de 8 años) como consecuencia de la inseguridad hídrica que enfrentarán alrededor de 250 millones de agricultores de temporal. Otras regiones, tales como Medio Oriente, Asia, Centro- y Sudamérica, así como la mayoría de los países insulares, sufrirán las mismas consecuencias, aunque a una menor escala.

• En el transcurso del siglo 21, los extremos climáticos incrementarán de manera sustancial el deterioro en la salud y el número de muertes prematuras, causando una caída en la esperanza de vida a nivel global.

• Para el año 2100, entre 50 y 75 % de la población mundial estará expuesta a periodos de condiciones climáticas "amenazantes para la vida humana" debido a temperaturas y humedades extremas.

Dentro de este informe, el Capítulo 4 aborda específicamente el tema del agua y provee un diagnóstico actualizado de la situación hídrica a nivel mundial. Entre la información más destacada, resaltan los siguientes puntos:

• Aproximadamente, la mitad de la población mundial sufre actualmente de escasez hídrica por lo menos durante un mes al año. De esta cifra, los más afectados son las personas en situación de marginación, así como sectores de la tercera edad, niños, mujeres y grupos indígenas.

• Desde 1950, las precipitaciones intensas se han incrementado en varias regiones del planeta, afectando a 700 millones de personas.

• La variabilidad de las precipitaciones se volverá más irregular por cada grado adicional de calentamiento global, y con eso aumentarán los riesgos hídricos. Por ejemplo, para un escenario de +2 °C se estima que más de 3,000 millones de habitantes se encuentren bajo escasez hídrica severa, mientras que para el escenario de +4 °C esta cifra aumente a 4,000 millones de personas.

• Los impactos no solo afectan negativamente la provisión de agua potable. Casi 75 % de la superficie agrícola global había experimentado una caída en sus rendimientos agrícolas entre 1983 y 2009, únicamente por la ocurrencia de sequías, con costos superiores a los 166,000 millones de dólares.

• De acuerdo con el escenario de mayor calentamiento (RCP8.5), la intensificación de sequías, aunada al incremento de las temperaturas, provocará que aproximadamente una tercera parte de la superficie agrícola actual se vuelva no apta para la agricultura a finales de este siglo.

• La hidroenergía no será inmune a estas proyecciones a largo plazo. Se anticipan decrementos en la producción hidroeléctrica que van desde el -5 % para un escenario de +1.5 °C hasta -40 % para un escenario de +3 °C. Aquellos proyectos hidroeléctricos con las mayores disminuciones estarían en riesgo de

volverse inviables económicamente, especialmente ante la caída en los costos de generación de otros tipos de energías limpias.

Los resultados y conclusiones son contundentes acerca de la severidad de los cambios que se aproximan en los siguientes años. Es por eso que es necesario formular estrategias y respuestas a escalas sin precedentes. Por ejemplo, esta semana, el secretario general de la Organización de las Naciones Unidas, Antonio Guterres, anunció que "en menos de cinco años, los sistemas de alerta temprana deberán proteger a todos los habitantes de la Tierra frente al cambio climático y frente a un tiempo cada vez más extremo". El plan de acción de dicha iniciativa será presentado a finales de este año, y consistirá en "suplir las carencias en materia de observaciones, ampliar la capacidad de todos los países para emitir alertas antes de que se produzcan los desastres y, al mismo tiempo, mejorar su capacidad para actuar en función de las alertas emitidas y brindar respuestas centradas en las personas, inclusivas y accesibles".

Si bien este tipo de iniciativas globales son requeridas, también es fundamental integrar esfuerzos de diversos sectores a nivel local para así poder visibilizar aquellas decisiones del gobierno que pueden reducir los impactos del cambio climático. En México, además de involucrarse de manera directa en este tipo de iniciativas, urge evaluar los avances no solo en materia de mitigación al cambio climático (papel de las energías limpias en la transición energética, cumplimento de las contribuciones previstas y determinadas), sino también en materia de adaptación (infraestructura física y digital orientada a crear sistemas naturales y antrópicos más resilientes al cambio climático).

El IMTA, es una de las instituciones que puede integrar esos esfuerzos para el gobierno y cuantificar sus impactos. Mediante el acceso a un mayor número de tecnologías apropiadas para la mitigación y adaptación al cambio climático, estas herramientas a pequeña escala pueden ser el comienzo de la transición climática que tanto necesitamos ante la crisis planetaria que ya está aquí.

Referencias

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu,and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Zhao, Y.; Norouzi, H.; Azarderakhsh, M.; AghaKouchak, A. Global patterns of hottest, coldest and extreme diurnal variability on Earth. Bull. Am. Meteorol. Soc. 2021, 102, E1672–E1681.

El papel de la tecnología e innovación en el desarrollo equitativo de México

Adrián Pedrozo Acuña

En todo el mundo, las crisis ambientales e hídricas, han puesto de manifiesto la necesidad urgente de generar un desarrollo económico que permita movernos hacia un mundo sin pobreza e injusticia, al mismo tiempo que protegemos y respetamos la belleza y riqueza de la naturaleza.

Fecha de publicación:
27 de febrero de 2022

Las tecnologías digitales permean nuestras vidas en maneras inimaginables hasta hace pocos años.

Quizás el elemento natural en el que se manifiesta de forma más clara la urgente necesidad de una transformación en nuestra relación con el planeta sea justamente el agua.

Por esta razón, no solamente es urgente trascender las viejas formas en las que pensamos al agua y evolucionar a un nuevo modelo de gestión interdisciplinaria y con interlocución directa con las comunidades, sino que también es importante reflexionar sobre las nuevas estructuras y arreglos institucionales que se requieren para atender la problemática hídrica que vemos a lo largo y ancho del territorio.

Sin embargo, para hacer esto posible, es necesario reconocer los obstáculos que hoy se nos presentan. En todo el mundo existen cinco hechos generales que enmarcan la política hídrica. Primero, existe un crecimiento en la demanda de agua, y los impactos del cambio climático agravan su distribución inequitativa. Segundo, el incremento en la escasez por la mala calidad del agua reduce su utilidad y pone en riesgo la salud humana y la calidad del ambiente. Tercero, en distintos sitios, la demanda excede la disponibilidad de agua, generando conflictos sociales. Cuarto, la competencia por el agua superficial y subterránea está en crecimiento, lo que da lugar a disputas severas, difíciles de resolver de forma amistosa. Quinto, las alternativas de solución a estos problemas, como la desalinización, la reutilización del agua tratada y la conservación implican retos que orbitan alrededor de la equidad y justicia hídricas, la aceptación pública y la confianza en las instituciones.

Como sabemos, las decisiones del agua tienen asociados muchos efectos secundarios, pues generalmente son asunto y preocupación de todos. Una decisión hídrica tiene implicaciones para el ambiente, la economía y la sociedad. Vivimos una nueva era tecnológica, lo que abre la oportunidad al uso de la ciencia, la innovación y la tecnología en los temas asociados con el agua. Sin embargo, es necesario reconocer que en todo el planeta los profesionales del agua son considerados conservadores, precavidos y, en general, lentos en adoptar la modernización. A pesar de ello, estamos ante una disyuntiva que nos obliga a comenzar a andar el camino hacia la desectorización y digitalización del agua. Hay dos razones fundamentales que dan origen a este razonamiento:

Núm. 06, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-06



Primero, la idea de un mundo estacionario está muerta. Los ingenieros de antaño estaban entrenados para trabajar con la fluctuación natural del ambiente, anticipando las condiciones futuras con registros históricos, pero el pasado ya no sirve de guía. Conforme el cambio se instala en el clima global, los profesionales del agua deben modernizar sus estrategias para la planificación de infraestructura, utilizando, por ejemplo, observaciones del ciclo hidrológico en tiempo real a una alta resolución espacial. Segundo, los usuarios del agua estamos profundamente conectados.

Por otro lado, las tecnologías digitales permean nuestras vidas en maneras inimaginables hasta hace pocos años. La digitalización del agua no puede ser la excepción. Esta permite la colección de información en tiempo real, el uso de sensores inteligentes y, junto con la inteligencia artificial, abren la puerta a un uso abierto, honesto y legítimo de recursos. Su implementación nos abre la oportunidad para armonizar las demandas sociales, urbanas y rurales, industriales, agrícolas y ecológicas, dentro de una cuenca.

Este planteamiento integral parte del reconocimiento de las áreas de oportunidad que existen y del necesario equilibro entre las necesidades hídricas de todas y todos, con la firme intención de reducir la huella hídrica agregada de todos los usuarios. El uso del conocimiento y la tecnología permite mejorar nuestra comprensión y capacidad para la toma de decisiones, considerando las complejas interacciones entre los diversos usuarios del agua que ya se aprecian a lo largo del territorio nacional. El uso de información abierta y evidencia científica permite articular esfuerzos y dirigir beneficios y costos entre sectores.

Esto implica, además del uso de la tecnología, una conducta ética de todos: servidores públicos, empresarios y comunidades, que deje a un lado el interés personal y la avaricia de los individuos y pase necesariamente por la valoración de la equidad hídrica, definida como la distribución equitativa de la huella hídrica por comunidad, y de la eficiencia, para contrastar la huella hídrica de un producto en diferentes climas respecto a la realidad local.

Así, por ejemplo, para las empresas preocupadas por no contar en el futuro con la suficiente agua para operar, el primer lugar para buscar soluciones de menor costo es dentro de sus propias instalaciones y procesos. En particular, aquellas industrias con mayor antigüedad y que fueron diseñadas sin atención a la conservación del agua. Tal es el caso de 35 fábricas textiles en India, que por medio de la implementación de recomendaciones sencillas de ahorro de agua generaron en tan solo un año un retorno de inversión de 765 %. Con ahorro en el consumo de agua de 6.6 % y una reducción en el uso de energía del 3.4

% y de 14 % en el uso de químicos. Las lecciones aprendidas de este caso señalan que hay muchas industrias que pueden reducir sus riesgos hídricos con medidas relativamente sencillas, y que este esfuerzo se paga lo suficientemente rápido para ser financieramente atractivo, además de que hay beneficios colaterales en ahorro de energía y reducción de la contaminación.

La premisa básica para todos los que estemos involucrados deberá ser que es posible caminar hacia el desarrollo de una manera socialmente justa y ambientalmente responsable. Ese es el mantra. El agua es un bien común del que todos dependemos, su correcto manejo es preocupación de todos.

Hasta ahora, los ecosistemas acuáticos han sido sacrificados de manera rutinaria a favor del progreso económico. Si bien algunos de estos impactos son inevitables, otros pueden ser evitados por medio de mejores políticas territoriales y conocimiento científico moderno. La separación de lo que se puede o no evitar es un proceso altamente controversial que resalta posiciones en conflicto y que además requiere evidencia científica para la construcción de un terreno común que habilite legitimidad.

Las sociedades en todo el planeta han luchado con la planeación de recursos e infraestructura en medio de poblaciones en crecimiento, la degradación de los ecosistemas y el cambio climático (Mitchell et al., 2018). El reconocimiento de la complejidad y la naturaleza socioambiental de los retos, junto con el análisis de los errores del pasado y el uso de evidencia científica para la toma de decisiones, indican la necesidad de generar un nuevo modelo que permita el uso sustentable de nuestros recursos, que garantice el desarrollo económico y social de México con equidad, a la par que cuide nuestra riqueza ambiental y su biodiversidad.

Hoy más que nunca, la toma de decisiones se dará en contextos complejos y altamente dinámicos, definidos por objetivos dispares y en competencia. Por ello, es vital trascender las viejas formas y fomentar el uso de la ética y la ingeniería moderna, con un enfoque interdisciplinario y multipropósito, de tal suerte que sea posible atender los retos de hoy y mañana (Hall et al., 2017). Este planteamiento surge de la clara evolución mundial en la manera en la que se toman decisiones, cuya renovación es resultado de la obsolescencia de los métodos ingenieriles tradicionales (p. ej. el análisis costo-beneficio de las obras), los cuales ya no son adecuados para tomar en cuenta aspectos fundamentales, como la no estacionariedad de las condiciones climáticas, su incertidumbre, el crecimiento poblacional, ni aspectos complejos que resultan de las interacciones entre ambiente y sociedad.

Desde el sector ambiental y en materia hídrica, la prioridad ha sido utilizar el conocimiento de punta para proveer los medios por los que el progreso en las ciencias y las innovaciones tecnológicas se utilizan de manera directa para mejorar las decisiones de gobierno y las condiciones de vida de las mexicanas y mexicanos (ver intervención en el Plan de Justicia para el Pueblo Yaqui). Además, la generación de información y

datos que se hacen públicos nos permiten a todos: sociedad, industria y gobierno partir de un punto común de información real respecto al manejo del agua.

El futuro requiere atención a dos imperativos morales de naturaleza global que son también de México. El primero es la necesidad de equidad, con base en el hecho de que hoy estamos interconectados y que como individuos somos responsables unos de otros, los hogares, las instituciones, empresas y naciones. El segundo es intergeneracional, el subsidio ecológico para el nivel de bienestar actual es hoy día tan grande que hemos excedido la capacidad ecológica del planeta (Donges et al., 2017).

El desarrollo sustentable e igualitario de nuestro país se construirá trascendiendo los métodos y sinergias del pasado. El uso conjunto de ética, ingeniería nacional y tecnología presenta una oportunidad que no debemos desaprovechar: enfrentar los problemas más difíciles de la sociedad a la vez que se fomenta el desarrollo económico y social de todos, cimentando acciones en principios de equidad, responsabilidad, distribución sustentable del espacio y respeto de unos a otros, los que vivimos hoy y los que vivirán mañana.

Referencias

Donges J.F., Winkelmann R., Lucht W., Cornell S.E:, Dyke J.G., Rockström J., Heitzig J., Schellnhuber H.J. 2017. Closing the loop: Reconnecting human dynamics to Earth System science, The Anthropocene Review, Vol. 4, 2, pp 151-157, doi = https://doi.oirg/10.1177/2053019617725537

Hall, J.W., Thacker, S., Ives, M.C., Cao, Y., Chaudry, M., Blainey, S.P. and Oughton, E.J. (2017) Strategic analysis of the future of national infrastructure. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering, 170(1): 39-47.

Mitchell, D., Allen, M., Hall, J.W., Muller, B., Rajamani, L. and Le Quere, C. (2018) The myriad challenges of the Paris Agreement. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 376(2119).

Ciencia y tecnología del agua desde la práctica

Agustín Breña Naranjo

Las disciplinas científicas asociadas al sector hídrico desempeñan un papel primordial en la mitigación de problemas de sostenibilidad ambiental.

No obstante, para ver un impacto real de la ciencia y tecnología en la solución de problemas es necesario contar con mecanismos efectivos de acompañamiento y comunicación de la ciencia. Los grandes problemas hídricos que aquejan a México, tales como la escasez permanente de agua en una buena parte del territorio nacional (sin mencionar las implicaciones negativas en términos de gobernanza y conflictividad social), los problemas de salud pública asociados a la mala calidad en fuentes y redes de abastecimiento, así como la poca adaptación al cambio climático que actualmente prevalece, entre otros, requieren de una mayor interacción entre la evidencia (basada en la ciencia y tecnología) y la toma de decisiones (a través de políticas públicas) (von Schneidemesser et al., 2020).

Es importante mencionar que la ciencia y sus instituciones pueden llegar a entrar en crisis, y en esos casos es necesario reformar el sistema de ciencia e investigación prevaleciente previo a dicha crisis. Tal es el caso de Japón, en dónde la confianza pública y política hacia sus universidades y centros de investigación tuvo un colapso como consecuencia del terremoto, tsunami y desastre nuclear ocurridos en marzo de 2011. La falta de preparación ante este "cisne negro", provocado por una cadena de eventos "posibles, pero no probables", de acuerdo con las autoridades y sus asesores científicos, puso en entredicho la utilidad de la ciencia y la tecnología al servicio de la población de este país (Arimoto y Sato, 2014). En los años posteriores a este desastre, el gobierno japonés llevó a cabo una reforma en el sector de la ciencia e investigación (uno de los más importantes del mundo) con el objetivo de reconstruir la confianza entre ciencia y sociedad.

No obstante, la coordinación y comunicación entre dos ecosistemas completamente diferentes: el científico (enfocado en desarrollar investigación básica y aplicada o realizar evaluaciones científicas, entre otros) y el de gestión y regulación (encargados de trabajar con otras dependencias gubernamentales, apoyar en la redacción e implementación de nuevas leyes, entre otros) es posible mediante la creación de instituciones en donde la ciencia, la tecnología y la innovación ocupen un lugar preponderante dentro de dichas organizaciones.

Por ejemplo, en Estados Unidos existen por lo menos cinco agencias o departamentos (equivalentes a dependencias o secretarías de estado en México) que se relacionan con el sector hídrico, y en cuya estructura operacional existe una sección de ciencia o investigación. A continuación, se describirá de

Fecha de publicación:
07 de febrero de 2022

En Estados Unidos existen por lo menos cinco agencias o departamentos (equivalentes a dependencias o secretarías de estado en México) que se relacionan con el sector hídrico, y en cuya estructura operacional existe una sección de ciencia o investigación.

Núm. 03, 2022

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-03



manera breve las funciones contempladas en cada sección:

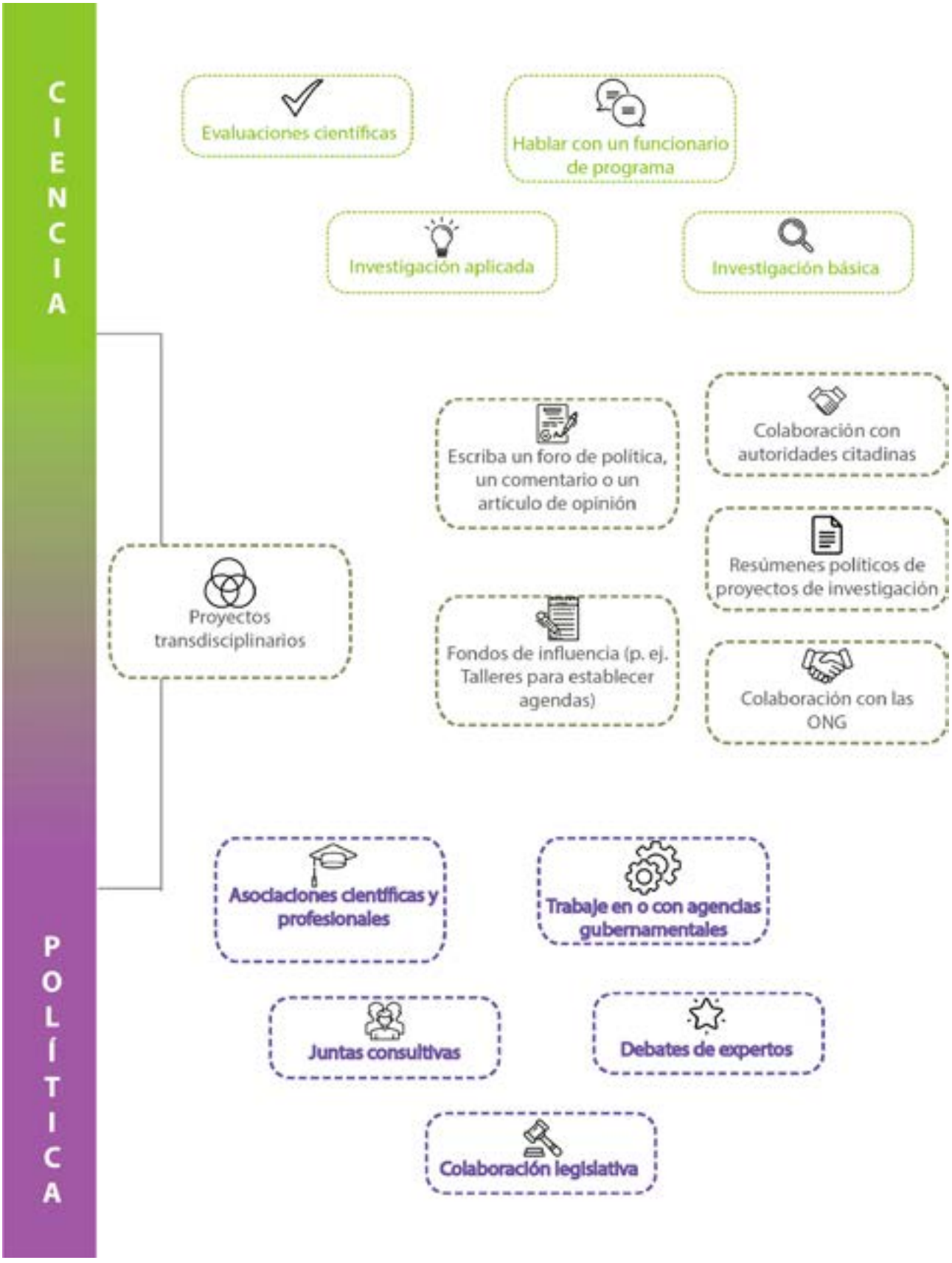
1. Oficina de Investigación y Desarrollo (ORD, por sus siglas en inglés), perteneciente a la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA): Esta oficina lleva a cabo investigación para la EPA con el objetivo de proveer con credibilidad la base para la toma de decisiones asociadas a las salvaguardas de la salud humana y ecosistemas con respecto a los contaminantes ambientales. La oficina está compuesta por seis áreas de investigación, dentro de las cuales una se enfoca únicamente al tema de la sostenibilidad de los recursos hídricos.

2. Área de Misión de Recursos Hídricos (WRMA, por sus siglas en inglés) perteneciente al Servicio Geológico de EU (US Geological Survey, USGS): Esta área proporciona la información científica requerida para el bienestar económico local y nacional, la protección de la vida y la infraestructura, y la gestión efectiva de los recursos hídricos de los EU. A través de asociaciones con socios regionales se realizan acciones de monitoreo, evaluación, investigación específica y divulgación de información sobre diferentes temáticas, tales como las aguas superficiales y subterráneas, así como la disponibilidad hídrica y su uso consuntivo.

3. Oficina del Científico en Jefe (OCS, por sus siglas en inglés), perteneciente a la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA): El científico en jefe sirve como el principal asesor del titular de la Administración en programas de ciencia e investigación impulsados por esta agencia y en planeación estratégica, entre otros. También representa los objetivos y logros ante la comunidad nacional e internacional, incluyendo otras agencias gubernamentales y organizaciones científicas, así como a los sectores público, privado y académico.

4. Investigación Oceánica y Atmosférica (OAR, por sus siglas en inglés), perteneciente a la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA): La OAR promueve el mejoramiento de las predicciones climatológicas y oceánicas, las alertas tempranas de desastres naturales, así como una mejor comprehensión de nuestro sistema terrestre mediante el uso de la mejor ciencia disponible y libre de sesgos. Entre sus objetivos específicos se encuentran el monitoreo de la variabilidad y cambio climático para fines de planeación y respuesta, la gestión, protección y restauración de los recursos costeros y oceánicos mediante soluciones basadas en la naturaleza, así como el apoyo al sector del transporte terrestre y marítimo mediante información confiable y segura.

5. Oficina del Científico en Jefe (OCS, por sus siglas en inglés), perteneciente al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): El científico en jefe informa al titular del USDA acerca de los impactos al sistema agropecuario de los Estados Unidos, sus comunidades y ecosistemas aledaños,



Fuente: von *Schneidemesser et al., 2020*

derivados de las decisiones, políticas y regulaciones que el gobierno federal lleva a cabo. Esta oficina cuenta con la autoridad científica, que asegura que la asesoría y consultoría entregada al Departamento de Agricultura y a sus usuarios se apega a los estándares más altos de rigor intelectual e integridad científica.

Todos los ejemplos que se acaban de presentar previamente indican que las organizaciones gubernamentales necesitan la mayor cantidad de evidencia científica para todo tipo de decisiones, principalmente aquellas orientadas a brindar el mayor beneficio a nuestra sociedad (Rosen, 2018). Tal como se muestra en la siguiente figura, existe un amplio espectro de posibilidades para involucrarse de manera conjunta en el mejoramiento de la toma de decisiones y de políticas públicas, mediante un diálogo permanente con representantes del poder ejecutivo y legislativo, respectivamente.

En el caso del sector ambiental, es necesario estrechar las relaciones entre los organismos científico- tecnológico y las instituciones encargadas de administrar, regular, controlar y proteger los recursos naturales. En este sentido, es de suma importancia repensar los retos y oportunidades que implican hacer ciencia desde la práctica, esto es, transformar la evidencia científico-tecnológica en decisiones de alto impacto y para el beneficio de todos, de la mano de los formuladores de políticas y tomadores de decisiones.

Referencias

Arimoto, T. y Sato, Y. (2014). Crisis, renewal and the prospects for science advice in Japan. The Guardian.

https://www.theguardian.com/science/political-science/2014/aug/29/crisis-renewal-and-the-prospects-for-science-advice-in-japan

Rosen, J. (2018). Help to shape policy with your science. Nature, 560(7720), 671–673. Career Feature.

https://doi.org/10.1038/d41586-018-06038-4

von Schneidemesser, E., Melamed, M., y Schmale, J. (2020). Prepare Scientists to Engage in Science-Policy. Earth's Future, 8, e2020EF001628. https://doi.org/10.1029/2020EF001628

Transformación hídrica por la vida: reflexión sobre el día mundial del agua 2021

Adrián Pedrozo Acuña

En todo el mundo, un aspecto poco explorado en las conversaciones sobre el agua tiene que ver con las dimensiones relativas a su valor cultural o religioso.

A pesar de ello, las concepciones de millones de personas sobre el mundo natural están fuertemente influenciadas por consideraciones espirituales, que involucran sentimientos relativos al desdén, la indiferencia, el respeto o incluso el amor. En cierta medida, esto se debe a la separación tecnocrática que resulta de considerar a un compuesto natural multidimensional como un recurso a ser dominado y explotado, dejando a las fuerzas del mercado la evaluación de lo importante con criterios exclusivamente económicos.

Los cambios repentinos, detonados justamente por este modelo económico global, han impuesto una fuerte presión sobre nuestro planeta y su agua, que ha resultado en desequilibrios del ciclo hidrológico global, que hoy se manifiestan en eventos extremos, como sequías e inundaciones, la sobreexplotación de ríos y acuíferos, la degradación de la calidad del agua por las actividades humanas y, este año, la propagación espacial de un virus que pone en riesgo el aseguramiento de la salud y prosperidad de todas las naciones. La lección es simple: el planeta nos dice, a través de este virus, que nuestra salud personal sí se relaciona y afecta con la salud del planeta, y que con la degradación ecológica se entrelazan la salud humana y el crecimiento económico global.

Esto nos indica que hoy, más que nunca, necesitamos nuevas formas de mirar al mundo; cosmovisiones que nos permitan conectarnos como seres vivientes con este compuesto clave para la vida. Es imperativo construir entre toda la sociedad un nuevo ethos del agua que nos dé la posibilidad de guiar las decisiones en torno a ella en función de su conservación y su sustentabilidad; es decir, en función de la vida, la de los ciudadanos de hoy y la de nuestros hijos y nietos. Nuestra visión del mundo está cimentada no solo por conceptos técnicos o físicos, sino también por percepciones simbólicas, a veces inconscientes, y experiencias personales o grupales que quedan plasmadas en leyendas o historias que pasan de forma oral de generación en generación.

El gran reto consiste en cómo operar esta reunificación de valores. No se trata de que una percepción conquiste a otra, sino de llegar al reconocimiento de que esta visión incompleta, que hemos tenido durante los últimos treinta años, nos ha llevado al borde de una crisis global. Por lo tanto, quizá por esa razón es que valga la pena el esfuerzo de reincorporar otras dimensiones en el análisis. En el IMTA estamos ciertos de que es necesario y posible producir desarrollo y movernos hacia un mundo sin pobreza e injusticia de la mano del agua, pero,

Fecha de publicación:
21 de marzo de 2021

La reflexión ética en temas de agua nos permite dar forma a las discusiones y el necesario debate sobre acceso al agua.

Núm. 10, 2021

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-10



a la vez, debemos respetar los límites de la sustentabilidad. De esta forma, se detona una transición hídrica que tiene su base en la ética por la vida y que busca asegurar la prosperidad de largo plazo para todos. La misión consiste en mantener la habilidad de todos los ecosistemas para dar soporte al mundo moderno y su desarrollo.

La reflexión ética en temas de agua nos permite dar forma a las discusiones y el necesario debate sobre acceso al agua, su manejo, distribución y utilización. Si bien existen diferentes significados del concepto de ética, este se asume como la reflexión sistemática sobre las acciones humanas, las instituciones y el carácter. Algunos teólogos complementan esta definición como el arte o ciencia que busca proveer sensibilidad y método al discernimiento de valores morales, incluyendo en la reflexión no solo los principios y la razón, sino también las experiencias grupales, las dimensiones afectivas y la imaginación resumida en símbolos e historias que detonan nuestra creatividad. Como el flujo de un río, la ética da forma a la manera en la que conducimos nuestra vida.

Diversas personas alrededor del mundo reconocen que, para construir este nuevo ethos del agua debemos volver la vista a lo local, al territorio. Sobre todo, hacia aquellas comunidades que, por medio de la organización, la participación y políticas basadas en la empatía, han logrado cuidar dentro de su universo a las personas que se encuentran en condiciones de mayor desventaja y con alta precariedad hídrica. Por lo tanto, la construcción de este nuevo ethos echa sus raíces más fuertes sobre las historias de las personas que alrededor del planeta sufren para cubrir sus necesidades hídricas básicas. El compartir y conversar esta visión entre usuarios nos permitirá caminar hacia un desarrollo económico y un bienestar social impulsado por el agua, en el que las industrias actúen de forma responsable, considerando una lente de sustentabilidad y reciclado completo del agua.

En todo el mundo se reconoce que el paradigma de planeación y gestión del agua del siglo XX, caracterizado por las grandes obras de infraestructura, la centralización, el manejo corporativo y la no representación de las personas en lo local, está agotado. Requerimos de un enfoque que supere la visión utilitaria del agua basada exclusivamente en una concepción física y materialista del mundo natural. Hoy, la construcción de la nueva política hídrica pasa necesariamente por la transformación hacia el reconocimiento de los olvidados, los que se quedaron atrás, los sin voz. Esto necesariamente requiere considerar una lente comunitaria, democrática, local, de pequeña escala y una tecnología que respete y trabaje con los procesos físicos del territorio y la concepción espiritual de sus habitantes, pensando no solo en los que existimos hoy, sino en los que habrán de seguir nuestros pasos mañana.

Hoy día es vital que la transformación que vive nuestro país en diversos ámbitos de la vida nacional se dé también en el sector hídrico. El agua es parte del territorio y de la identidad local. A través de ella se vinculan valores culturales, éticos y morales de las comunidades que expresan sus preocupaciones legítimas sobre la calidad y cantidad del agua de cuencas y acuíferos. Por ello, la responsabilidad que tiene el IMTA, acompañando la labor de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, es la de generar el mejor conocimiento disponible en el mundo y ponerlo al servicio de la nación como una potente herramienta para la urgente transformación hídrica, mediante la atención de los problemas locales del agua en todo el territorio nacional. Lo hacemos porque es lo correcto, y como la inteligencia hídrica del gobierno y del pueblo de México trabajamos y continuaremos trabajando en desarrollar conocimiento científico-tecnológico en beneficio de toda la ciudadanía mexicana, impulsados por una conducta ética que busque como fin la sustentabilidad del agua y, por ende, la continuidad de la vida como la deseamos.

Agua inteligente, ciudades inteligentes

Adrián Pedrozo Acuña

Diversos investigadores señalan que durante el siglo XXI una gran cantidad de ciudades en todo el mundo enfrenarán retos hídricos inconmensurables (Peirce y Johnson, 2009).

La impermeabilización del suelo, debida a la presencia de concreto y asfalto en grandes superficies, modifica la relación lluvia-escurrimiento de las cuencas dentro de la ciudad, lo que a su vez produce que incluso lluvias de corta duración dificulten la conducción y el drenaje seguro de los volúmenes de agua resultado de precipitaciones moderadas. De esta manera, las inundaciones representan una amenaza importante al bienestar de la sociedad y al funcionamiento adecuado de los servicios urbanos.

Por otro lado, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), reporta que es muy probable que el número de eventos de precipitación extrema sobre la Tierra haya aumentado, además de que se espera que, en un futuro próximo, estos eventos sean cada vez más intensos y frecuentes (Stocker et al. 2013). Dada la magnitud de los riesgos hidrometeorológicos esperados, las ciudades tienen la obligación de desarrollar e implementar estrategias de adaptación y resiliencia ante estos nuevos extremos, de tal suerte que sea posible definir una estrategia para su gestión en el corto, mediano y largo plazos.

Es posible anticipar que, de no emprender ninguna acción en diversas zonas urbanas de nuestro país, se registrará un incremento en la cantidad y magnitud de impactos adversos registrados por la incidencia de fenómenos hidrometeotológicos extremos. Tal como ya se ha visto durante esta temporada de lluvias (2020), con el nuevo récord de huracanes registrados en un año y las extensas inundaciones en Tabasco. Esto es evidencia clara de la proyección al alza en el número e intensidad de inundaciones y lluvias severas, por lo que es necesario implementar acciones concretas e inmediatas que permitan conocer los cambios en el ciclo hidrológico por la presencia del hombre, para de esta forma hacer un mejor uso del agua y la infraestructura disponible.

Los sistemas de monitoreo in situ proporcionan información clave para la gestión adecuada del agua y el manejo de situaciones extremas no previstas. Por ejemplo, las autoridades locales, las empresas y los habitantes necesitan información oportuna y detallada que les permita conocer de una manera precisa los riesgos e impactos a los que están expuestos durante una tormenta. Por otro lado, las tecnologías de la información y comunicación (TIC) han sido reconocidas como un factor clave para el crecimiento sustentable, mediante las cuales se alcanza la eficiencia trascendiendo las formas y soluciones clásicas de la ingeniería hidráulica. Entre estas se encuentran el Internet, las redes inalámbricas, los teléfonos

Fecha de publicación:
06 de diciembre de 2020

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), reporta que es muy probable que el número de eventos de precipitación extrema sobre la Tierra haya aumentado.

Núm. 33, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-33



celulares y otros medios de comunicación que ya son utilizados en sociedades modernas y que están modificando profundamente la manera en la que se vive (p. ej. Uber para el servicio de transporte, Airbnb, para el alojamiento, etc.). El uso de las TIC a nivel urbano permite un mejor monitoreo y diagnóstico de problemas, de tal manera que es posible priorizar acciones y manejar situaciones no previstas en un tiempo muy corto. La aplicación de estas tecnologías para el monitoreo del ciclo urbano del agua es referido en la literatura como sistemas de agua inteligentes. La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés) define a estos sistemas como aquellos "con un alto grado de automatización, tiempos de respuesta rápidos o con la capacidad de capturar información en tiempo real y la habilidad para transmitir datos entre lugares remotos al servidor de procesamiento, de tal manera que estos datos están disponibles al público y usuarios" (OECD, 2014).

Mientras que este tipo de sistemas combinan innovaciones técnicas y no técnicas, las TIC proveen nuevas posibilidades de priorización de recursos y atención de zonas susceptibles a experimentar daños en tiempos muy cortos, con lo que se abre la posibilidad de disminuir y mitigar las pérdidas que de otra manera serían registradas hasta la finalización del evento.

Son aún pocas las ciudades del mundo que proveen acceso a la información hidrológica a través de las telecomunicaciones (p. ej. internet, sensores inalámbricos, teléfonos celulares, etc.), por lo que en diversos foros internacionales se reconoce que todavía existe un nivel de madurez bajo respecto a la estandarización de soluciones con base en TIC para este propósito (Goubersville, 2016). Uno de los factores que ha restringido la proliferación global de estos sistemas es el alto costo económico para su implementación en el monitoreo de lluvia, caudales y fugas en tiempo real (Boyle et al., 2013). Este costo es consecuencia directa no solo de los equipos de monitoreo necesarios, sino también de las herramientas sofisticadas que se necesitan para el proceso y posproceso de la información adquirida, ya que, por lo general, esta se encuentra en un formato que no suele ser amigable para personas sin la suficiente cultura informática, y su interpretación requiere un alto grado de especialización por parte del personal encargado.

Uno de los mayores retos de las ciencias hidrológicas y de la ingeniería hidráulica es el monitoreo remoto de las variables relevantes en tiempo real, de tal manera que se provea una fotografía instantánea de los forzamientos y el sistema en operación (p. ej. drenaje o zonas con lluvia intensa) (Bogena et al., 2010).

Un caso digno de rescatar es el de la Ciudad de México. Esta urbe constituye uno de los centros urbanos más grandes del mundo, en el que el monitoreo de la precipitación es de gran importancia para la adecuada operación de la infraestructura de drenaje. En este caso, en años recientes, a pesar de los esfuerzos de las autoridades para actualizar el sistema de drenaje (p. ej. construcción del Túnel Emisor Oriente, entre otros), ha sido evidente que la ciudad continúa expuesta a inundaciones. Esto se debe a lo complejo que resulta la operación del drenaje bajo forzamientos de lluvias de gran intensidad y corta duración (de tipo convectivo), además de la limitada ventana de observación (15 minutos) de estos eventos por parte de los sistemas actualmente instalados. Esta problemática ejemplifica la complejidad a la que están expuestas las autoridades encargadas de atender este tipo de eventos desde su nivel municipal hasta el nivel estatal. Por ejemplo, en aquellos casos en los que las afectaciones se registran de manera generalizada y simultánea es necesario proveer a todos las áreas pertinentes la información más reciente y precisa posible para la organización de brigadas de apoyo y rescate por parte de sus cuerpos de seguridad.

En este sentido, el aprovechamiento de las TIC para el monitoreo inteligente del agua en zonas propensas a inundación tiene el potencial de contribuir de manera directa al incremento de la seguridad de su población, así como al mejoramiento de las estrategias de prevención, atención y adaptación ante estos eventos climáticos, en virtud de que través de su uso es posible no solo contar con información en diversos puntos, sino también tener acceso (abierto y público) a la información de manera rápida y a una alta resolución temporal (minuto a minuto). De hecho, en todo el mundo existe una preocupación creciente por la obtención de información de lluvia en tiempo real (al minuto) a una escala urbana. Sin embargo, la mayoría de los componentes de almacenamiento de datos que se comercializan en el mercado no permiten la adquisición y transmisión de información en tiempo real. Esto se debe a las restricciones de cableado que elevan considerablemente el costo de implementación (Kerkez et al., 2012). Si bien es cierto que existen numerosos sistemas inalámbricos comerciales que pueden transmitir datos entre dos puntos, este hardware utiliza por lo general radios de alta potencia que requieren una energía sustancial para la transmisión de la información.

De manera alternativa, se han registrado avances en la tecnología informática que hacen uso de librerías gratuitas para diversos propósitos. Esto ha permitido el desarrollo de computadoras miniatura de bajo costo, conocidas como Arduino o Raspberry, cuyo uso dentro de la ingeniería hidráulica es todavía incipiente. A pesar de lo anterior, ya empiezan a registrarse los primeros casos de éxito, en los que se demuestra su capacidad para la implementación de soluciones de bajo costo y alta eficiencia, permitiendo el monitoreo de variables en tiempo real a escalas espaciales y temporales nunca antes vistas (Pedrozo-Acuña et al., 2017). Es el caso del sistema de monitoreo de lluvia desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM para la Ciudad de México, transformando el paradigma del alto costo de estos servicios e incorporando tecnologías de la información bajo una filosofía de datos abiertos y disponibles a toda la sociedad (www.oh-iiunam-mx). Es posible afirmar que la misma arquitectura de este sistema se puede utilizar para medir concesiones, acuíferos, ríos, drenaje, presas y acueductos. Es una demostración viva de que un cambio de paradigma en el monitoreo del agua es posible, de la mano de la ingeniería nacional y con base en dispositivos de bajo costo para la adquisición y gestión de datos, cualidad que lo hace una plataforma escalable, interoperable y que soporta la recolección de datos de diversos sensores de una manera eficiente, además de su procesamiento, almacenamiento y publicación. Este esfuerzo representa una iniciativa que permite una mejor toma de decisiones a las autoridades de diversos niveles de gobierno que tienen bajo su jurisdicción la creación de estrategias que permitan un mejor manejo de estos desastres, a través de una mejor hidrología operativa (Watteyne et al., 2012).

Vivimos globalmente una nueva era tecnológica, lo que abre la oportunidad al uso de la ciencia, la innovación y la tecnología en los temas asociados con el agua. Sin embargo, en todo el mundo, los profesionales del agua son considerados conservadores, precavidos y, en general, lentos en adoptar la modernización. A pesar de ello, estamos

ante una disyuntiva que nos obliga a comenzar a andar el camino hacia la desectorización y digitalización del agua. Hay dos razones fundamentales que dan origen a este razonamiento: primero, la idea de un mundo estacionario está muerta. Los ingenieros de antaño estaban entrenados para trabajar con la fluctuación natural del ambiente, anticipando las condiciones futuras con registros históricos, pero el pasado ya no sirve de guía. Conforme el cambio se instala en el clima global, los profesionales del agua deben modernizar sus estrategias para la planificación de infraestructura, utilizando observaciones del ciclo hidrológico en tiempo real. Segundo, los usuarios del agua estamos profundamente conectados.

Las tecnologías digitales permean nuestras vidas en maneras inimaginables hasta hace pocos años; por ello, la digitalización del agua ha comenzado con la recolección de información en tiempo real. El uso de sensores inteligentes, junto con la inteligencia artificial, abren la puerta a un uso abierto, honesto y legítimo de recursos. En el IMTA trabajamos arduamente para aprovechar la tecnología y la digitalización en el sector hídrico, de tal suerte que podamos construir un ecosistema de cooperación con base en evidencia e información común. La premisa básica para todos los involucrados deberá ser que es posible caminar hacia el desarrollo, de una manera socialmente justa y ambientalmente responsable. Ese es el mantra: el agua es un bien común del que todos dependemos, y su correcto manejo es preocupación de todos.

Referencias:

Bogena, H. R., M. Herbst, J. A. Huisman, U. Rosenbaum, A. Weuthen, and H. Vereecken (2010), Potential of wireless sensor networks for measuring soil water content variability, Vadose Zone J., 9, 1002–1013.

Boyle, T., Giurco, D., Mukheibir, P., Liu, A., Moy, C., White, S., Stewart, R. (2013) Intelligent Metering for Urban Water: A Review. Water, 5, 1052-1081.

Goubersville, P., (2016) Key Challenges For Smart Water. 12th International Conference on Hydroinformatics, HIC 2016, Incheon, Korea

Kerkez, B., S. D. Glaser, R. C. Bales, and M. W. Meadows (2012), Design and performance of a wireless sensor network for catchment-scale snow and soil moisture measurements, Water Resour. Res., 48, W09515, doi:10.1029/2011WR011214.

OECD. (2014). Managing water for future cities.

Peirce, N.R., Johnson, C.W.: Century of the City: No Time to Loose. Rockefeller Foundation, New York (2009) Pedrozo-Acuña, A., Magos-Hernández, J.A., Sánchez-Peralta, J.A., Amaro-Loza, A., Breña-Naranjo, J.A., 2017. Real- time and Discrete Precipitation Monitoring in Mexico City: Implementation and Application. HydroSensoft 2017, International Symposium on Hydro-Environment Sensors and Software, IAHR, Madrid, Spain.

Stocker, T.F., et al.: Technical summary. In: Stocker, T.F., et al. (eds.) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York (2013)

Watteyne, T., Vilajosana, X., Kerkez, B., Chraim, F., Weekly, K., Wang, Q., Glaser, S. and Pister, K. (2012), OpenWSN: a standards-based low-power wireless development environment. Trans. Emerging Tel. Tech., 23: 480–493. doi:10.1002/ett.2558

Ciencia del agua y ética por la vida: pilares de desarrollo equitativo y sustentable

Adrián Pedrozo Acuña

Nos encontramos ante una disyuntiva critica que como sociedad necesitamos resolver.

Fecha de publicación:
22 de noviembre de 2020

Algunos pensadores señalan que es necesario repensar cómo accedemos al progreso, pues los cambios repentinos detonados por el acelerado desarrollo económico global han impuesto una fuerte presión sobre nuestro planeta, lo cual ha resultado en desequilibrios del ciclo hidrológico global, que hoy se manifiestan en eventos extremos, como sequías e inundaciones, pero más importante es la propagación espacial de un virus que pone en riesgo el aseguramiento de la salud y prosperidad de todas las naciones.

Actualmente, la pandemia de COVID-19 es una llamada de atención planetaria que nos señala que cuando parecía estar todo bien por el desarrollo económico del mundo, en realidad no lo estaba. Este virus es una manifestación natural que —además de someter a prueba la capacidad de organización y fraternidad de todas las familias, sociedades, instituciones y gobiernos del planeta— pone en pausa el crecimiento económico de todas las naciones. La lección es simple: el planeta nos dice, a través de un virus con propagación global, que nuestra salud personal sí se relaciona y afecta con la salud del planeta, y que con la degradación ecológica se entrelazan la salud humana y el crecimiento económico global.

En el IMTA estamos ciertos de que es necesario y posible producir desarrollo y movernos hacia un mundo sin pobreza e injusticia de la mano del agua, pero, a la vez, debemos respetar los límites de la sustentabilidad. De esta forma, se detona una transición hídrica que tiene su base en la ética por la vida y que busca asegurar la prosperidad de largo plazo para todos. Nuestra misión, como especialistas del agua, consiste en mantener la habilidad de todos los ecosistemas para dar soporte al mundo moderno y su desarrollo. Esto requiere una transformación total en economías, sociedades, culturas y patrones de consumo y producción. El futuro estará cimentado en principios de equidad, responsabilidad, distribución sostenible del espacio y los recursos, y en el respeto de unos por otros de los que vivimos hoy y por quienes vivirán mañana.

El futuro estará cimentado en principios de equidad, responsabilidad, distribución sostenible del espacio y los recursos, y en el respeto de unos por otros de los que vivimos hoy y por quienes vivirán mañana.

La pandemia ha hecho evidente la visión incompleta que tenemos del agua. En todos los países, su administración ha estado fundada en una perspectiva técnica de eficiencia económica y productividad, soslayando equidad, justicia y participación ciudadana.

Las condiciones actuales nos obligan a voltear a lo local y al cuidado de nuestra salud, de nuestro campo y del agua con una visión de atención comunitaria, solidaria y empática, capaz de reconocer que el bienestar de todos es una obligación

Núm. 31, 2020

DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-31



ética y moral. El mundo que nacerá deberá reconocer que la mejor decisión ya no es necesariamente la más eficiente desde una perspectiva exclusivamente económica. Las decisiones deberán ser resultado de un análisis con base en evidenca científica, considerando siempre una lente de ética en lo local. Por si este razonamiento fuera poco, el número y nivel de conflictos hídricos que se aprecian en el mundo nos indican que es importante agregar a los conceptos de eficiencia y sustentabilidad hídrica consideraciones relativas a la justicia en la distribución del vital líquido.

Además de los sectores de abasto y producción de alimentos, necesitamos pensar en fomentar un mejor uso del agua por parte de la industria. Por ejemplo, promoviendo prácticas hacia un reciclado completo de agua (huella hídrica cero). Tecnológicamente, no existen obstáculos para movernos hacia ello en todas las industrias. Es posible un desarrollo económico impulsado por una agricultura e industria que utilicen el agua de forma responsable, pero necesitamos reconocer que, para ello, uno de los grandes retos consiste en mover la voluntad y el dinero de aquellos grandes usuarios para dirigirse hacia una mayor eficiencia y una huella hídrica cero. Por un lado, esto depende, de un marco jurídico y de normas que lo fomenten, y podemos ir diseñándolo de forma participativa de la mano del mejor conocimiento disponible. Por otro lado, debemos también reconocer dos cosas: 1, que el modelo de producción extractivo no es sustentable y está agotado y 2, que requerimos de la ética tanto en el servicio público como en el quehacer agrícola e industrial, de tal suerte que hacer lo correcto por el bien de todos se convierta en un impulso que motive nuestras acciones. Esto nos permitirá caminar como sociedad hacia un desarrollo económico equitativo, soportado por un uso sustentable e inteligente del agua.

Adicionalmente, debemos reconocer que existen límites al mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua por parte de los agricultores, en virtud de la trampa que representa la tentación de utilizar el agua ahorrada para producir más (beneficio económico), lo que resulta en un mayor estrés hídrico para las fuentes de abastecimiento.

Para la mayoría de los países, el reto es tripartita: mejorar la productividad hídrica en la agricultura, asegurar que la industria utilice las mejores prácticas y tecnología para el uso del agua y mover a su población hacia dietas con un bajo consumo de carne.

La humanidad ha demostrado capacidad transformativa a lo largo de su historia. Toca el turno al sector hídrico global de hacer del agua el elemento clave que dé soporte a nuestra vida. Al final de cuentas, lo que tenemos que entender es que todos compartimos el mismo planeta, con agua insuficiente para continuar con este modelo económico, que fomenta prácticas de consumo y producción no sustentables. Es por ello que requerimos de la participación de la ciencia y la tecnología del agua en la creación de marcos de trabajo que hagan un uso más sustentable del agua, para así garantizar la salud ambiental del planeta, nuestra propia salud y el futuro de las nuevas generaciones.

Reflexiones para la sustentabilidad hídrica. Visión prospectiva del agua en México se terminó de imprimir en febrero de 2023 en el Instituto Mexicano de Tecnología del agua, en Jiutepec, Morelos.