

Conclusiones generales



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.493.10.01>

La gestión sostenible del agua en México exige superar las respuestas fragmentadas, sectoriales y predominantemente reactivas que durante décadas han orientado buena parte de la política hídrica y de las decisiones empresariales. Los diez casos analizados muestran que los problemas de disponibilidad, contaminación, saneamiento, sobreexplotación, desigualdad y vulnerabilidad climática no pueden resolverse mediante una sola tecnología, una obra aislada o la intervención exclusiva de una institución. Se requiere una transformación de los modelos productivos, de los mecanismos de coordinación y de las relaciones entre el Estado, las empresas y la sociedad.

La primera conclusión general es que no existe una crisis hídrica homogénea. Cada territorio presenta condiciones hidrológicas, económicas, sociales e institucionales particulares. Nuevo León enfrenta la necesidad de fortalecer la resiliencia de una economía industrial expuesta a sequías y crisis de abastecimiento; Baja California debe evaluar la desalación dentro de una estrategia que incorpore energía, salmuera, tarifas y riesgos fiscales; Sonora requiere compatibilizar la actividad minera con la prevención de daños, la transparencia y la reparación; y Chihuahua debe evitar que la tecnificación del riego produzca una expansión del consumo total.

En Guanajuato, la sobreexplotación de acuíferos obliga a vincular la manufactura y la agroindustria con la economía circular del agua. Querétaro presenta oportunidades para sustituir extracciones mediante agua regenerada y redes industriales de reúso. Jalisco necesita fortalecer la gobernanza de la cuenca Lerma-Chapala y construir formas legítimas de acción colectiva empresarial. Puebla enfrenta el desafío de sanear el río Atoyac

mediante una combinación de cumplimiento, infraestructura, monitoreo y justicia ambiental. Veracruz requiere transformar la gestión hídrica de sus corredores petroquímicos, mientras que Quintana Roo debe vincular el crecimiento turístico con la protección de un acuífero kárstico especialmente vulnerable.

Estas diferencias confirman que las soluciones deben diseñarse desde el territorio. La gestión hídrica no puede basarse únicamente en promedios nacionales, balances administrativos generales o indicadores corporativos agregados. Las decisiones deben considerar las características de la cuenca o del acuífero, la localización de los usuarios, la calidad del recurso, los ecosistemas, las condiciones climáticas, la infraestructura disponible y la distribución de los riesgos.

La cuenca y el acuífero como unidades fundamentales

Una de las principales aportaciones de la obra consiste en demostrar que la sostenibilidad debe evaluarse más allá del perímetro de las instalaciones. Una empresa puede contar con un desempeño interno favorable y continuar dependiendo de una fuente deteriorada. También puede reducir el consumo por unidad producida y aumentar simultáneamente la extracción total debido al crecimiento de sus operaciones.

Por esta razón, la unidad empresarial debe relacionarse con la unidad territorial. Los balances internos permiten identificar pérdidas, consumos, recirculaciones y descargas, pero la evaluación definitiva requiere observar los efectos sobre la cuenca, el acuífero o el sistema urbano. La eficiencia de una instalación no equivale automáticamente a seguridad hídrica territorial.

La escala de cuenca permite identificar interdependencias. Las extracciones realizadas aguas arriba modifican la disponibilidad aguas abajo; las descargas pueden desplazarse y acumularse; los retornos agrícolas alimentan determinados sistemas; y las decisiones urbanas, industriales y agropecuarias compiten por las mismas fuentes. Esta interconexión resulta evidente en el lago de Chapala y el río Atoyac, pero también está presente en los acuíferos industriales del centro y norte del país.

El análisis territorial también permite evitar falsas soluciones. Trasladar agua desde otra región, utilizar una fuente alternativa o construir una nueva planta puede resolver temporalmente el abastecimiento de determinados usuarios, pero generar mayores presiones sobre otros territorios. Toda intervención debe evaluar sus impactos directos, indirectos y acumulativos.

La responsabilidad empresarial antecede a la colaboración

La segunda conclusión general es que la colaboración empresarial solo es legítima cuando se sustenta en el cumplimiento de las responsabilidades individuales. Las empresas deben medir sus consumos, prevenir fugas, reducir contaminantes, operar correctamente sus sistemas de tratamiento, informar sobre sus impactos y reparar los daños que les sean atribuibles.

Las acciones voluntarias no sustituyen estas obligaciones. La financiación de una planta municipal, un proyecto de restauración, una campaña de reforestación o una plataforma colectiva no compensa automáticamente una descarga incumplida, una extracción excesiva o una falta de mantenimiento. La responsabilidad obligatoria y la cooperación voluntaria deben permanecer claramente diferenciadas.

Esta distinción resulta especialmente importante en sectores con impactos potencialmente elevados, como la minería, la petroquímica, la curtiduría y determinadas actividades manufactureras. La colaboración no puede convertirse en un mecanismo para negociar límites menos estrictos, reducir sanciones o mejorar la reputación sin modificar el desempeño real.

La responsabilidad empresarial debe extenderse hacia las cadenas de suministro. Las empresas tractoras influyen sobre agricultores, fabricantes de componentes, lavanderías, proveedores de tratamientos superficiales, transportistas y otros actores que pueden concentrar una parte sustancial del consumo o de la contaminación. Las políticas de compra y contratación pueden impulsar mejoras, pero deben acompañarse de asistencia técnica, financiamiento y plazos razonables para no excluir a pequeños productores y empresas.

La rectoría pública es irrenunciable

La tercera conclusión es que la participación privada no elimina la responsabilidad del Estado. Las autoridades deben conservar las funciones de planeación, regulación, inspección, sanción, información y garantía del derecho humano al agua y al saneamiento.

El agua no puede asignarse exclusivamente conforme a la capacidad económica de los usuarios. La prioridad del consumo humano y doméstico debe reflejarse en los permisos, protocolos de emergencia, contratos y decisiones de inversión. Las empresas que financian infraestructura no deben obtener privilegios regulatorios, acceso preferente o influencia desproporcionada sobre las decisiones públicas.

La rectoría pública también implica mantener capacidades técnicas. Los contratos complejos, las tecnologías avanzadas y los esquemas de financiamiento pueden generar asimetrías cuando el operador privado posee más información que la entidad encargada de supervisarlos. Sin equipos públicos especializados, indicadores claros y auditorías independientes, las alianzas pueden producir dependencia y pérdida de control.

La coordinación entre niveles de gobierno constituye otra condición indispensable. Muchos problemas involucran competencias federales, estatales y municipales. Las concesiones, las descargas, el alcantarillado, el desarrollo urbano, la salud, el ambiente y la protección civil suelen estar distribuidos entre distintas instituciones. La ausencia de coordinación genera vacíos, duplicidades y conflictos que retrasan o debilitan las intervenciones.

La tecnología es necesaria, pero no suficiente

La cuarta conclusión general es que las soluciones tecnológicas deben insertarse en sistemas de gestión. La desalación, los sistemas de riego presurizado, las membranas, la oxidación avanzada, los sensores, la digitalización y las plantas de tratamiento pueden producir beneficios importantes, pero no garantizan por sí mismos sostenibilidad.

La tecnología requiere una línea base, personal capacitado, energía, mantenimiento, reposición de componentes, monitoreo y presupuesto de largo plazo. Una planta construida que opera intermitentemente, un medidor que no se lee o un sistema de riego abandonado después de pocos ciclos representan inversiones sin resultado ambiental.

La selección tecnológica debe responder a la calidad inicial, el uso final, las capacidades operativas y las condiciones del territorio. No siempre la alternativa más compleja es la más adecuada. El riego superficial correctamente diseñado puede ser más viable que un sistema presurizado en determinados contextos; una solución descentralizada puede ser preferible a una planta central cuando la población se encuentra dispersa; y un tratamiento avanzado puede ser innecesario para usos industriales de menor exigencia.

La evaluación debe considerar también la energía y los residuos. Las membranas, la desalación y los sistemas de descarga líquida cero pueden reducir la extracción o el volumen descargado, pero generan salmueras, concentrados, lodos y consumos energéticos. Una solución no es sostenible cuando transfiere el problema del agua hacia el suelo, el mar, el aire o los residuos peligrosos.

La economía circular debe demostrar resultados territoriales

La quinta conclusión es que la economía circular del agua ofrece un marco útil para transformar los procesos productivos, siempre que no se limite a declaraciones, porcentajes o tecnologías aisladas.

La circularidad debe comenzar con la prevención. Antes de tratar y reutilizar, es necesario reducir consumos innecesarios, reparar fugas, modificar procedimientos y separar corrientes. La recirculación interna y el reúso externo deben incorporarse después de estas acciones.

La separación de corrientes conserva el valor del agua y facilita el tratamiento. Mezclar efluentes relativamente limpios con corrientes contaminadas aumenta el volumen, eleva los costos y reduce las posibilidades de recuperación. Esta condición es particularmente relevante en la agroindustria,

la curtiduría, la manufactura automotriz, la petroquímica y los establecimientos turísticos.

El reúso debe medirse mediante sustitución. Incorporar agua regenerada no produce necesariamente una reducción territorial cuando se mantienen las extracciones anteriores o se amplían las superficies, jardines, procesos o producción. El indicador principal debe ser el volumen de agua convencional efectivamente sustituido.

La recuperación de energía, hidrocarburos, nutrientes, calor y materiales puede mejorar la viabilidad económica del tratamiento. Sin embargo, cada corriente requiere caracterización y una ruta segura de aprovechamiento. Un residuo no se convierte en recurso únicamente porque se le asigne un uso potencial. La simbiosis industrial puede generar economías de escala mediante plantas compartidas, redes de agua regenerada, laboratorios, vapor, almacenamiento y servicios de emergencia. Estos intercambios requieren contratos, estándares, medición, respaldo y mecanismos para gestionar la salida o incumplimiento de alguno de los participantes.

Las alianzas público-privadas deben evaluarse por su valor público

La sexta conclusión es que las alianzas público-privadas constituyen instrumentos y no fines en sí mismas. Su conveniencia no se demuestra únicamente por la cantidad de inversión privada movilizada o por la posibilidad de construir infraestructura sin un desembolso público inmediato.

Toda inversión privada debe recuperarse mediante tarifas, pagos gubernamentales, contratos de compra o garantías. Por ello, la evaluación debe considerar el ciclo de vida, los riesgos fiscales, las obligaciones contingentes, las condiciones de terminación y las posibles renegociaciones.

La asignación de riesgos debe corresponder con la capacidad de cada parte. El socio privado puede asumir diseño, construcción, operación y mantenimiento; el Estado debe conservar la regulación, supervisión y protección del interés público. Los riesgos de demanda, calidad del influente, energía, eventos climáticos o cambios regulatorios pueden requerir esquemas compartidos.

Los contratos de desempeño ofrecen ventajas cuando vinculan la remuneración con resultados verificables. La calidad del efluente, la disponibilidad de una planta, la reducción de fugas, el ahorro energético o la sustitución de extracciones son indicadores más útiles que el número de equipos instalados o la terminación física de una obra.

Las alianzas deben incorporar transparencia contractual. Los costos, plazos, garantías, tarifas, penalizaciones, modificaciones y resultados deben ser públicos. La confidencialidad comercial no puede utilizarse para ocultar compromisos fiscales o ambientales.

La participación pública debe justificarse mediante beneficios territoriales. El Estado puede financiar redes troncales, monitoreo, investigación, restauración o infraestructura colectiva. No resulta adecuado utilizar recursos públicos para cubrir obligaciones individuales de empresas solventes o garantizar exclusivamente su abastecimiento.

La transparencia y el monitoreo son condiciones de la sostenibilidad

La séptima conclusión es que no puede gestionarse aquello que no se mide y no puede exigirse rendición de cuentas sobre información que permanece oculta o fragmentada. Los balances empresariales deben distinguir captación, agua adquirida, consumo consuntivo, recirculación, descarga y calidad. Los datos corporativos agregados no permiten evaluar los impactos de cada instalación ni relacionarlos con el territorio.

La infraestructura pública debe informar capacidad, caudal recibido, volumen tratado, cumplimiento, consumo energético, lodos, incidentes y costos. La capacidad nominal de una planta no demuestra su funcionamiento ni su contribución al saneamiento.

El monitoreo ambiental debe integrar agua superficial, subterránea, sedimentos, ecosistemas y variables sociales. Los sensores en línea facilitan la detección de cambios, pero no sustituyen los análisis de laboratorio para contaminantes específicos. Las observaciones comunitarias también pueden ayudar a localizar episodios intermitentes, olores, espumas, cambios de color o afectaciones ecológicas.

La verificación debe ser independiente. Las empresas y operadores necesitan generar datos para administrar sus procesos, pero no deben controlar exclusivamente la evaluación regulatoria. Las universidades y centros de investigación pueden contribuir, siempre que se proteja su independencia y se transparenten los conflictos de interés.

La información debe presentarse en formatos comprensibles y permitir el acceso a las series y metodologías. Los tableros resumidos facilitan la consulta, pero no deben ocultar los datos primarios ni simplificar problemas complejos mediante indicadores aislados.

La justicia hídrica debe orientar las decisiones

La octava conclusión es que la sostenibilidad no puede evaluarse únicamente mediante indicadores técnicos y económicos. Es necesario analizar quién recibe los beneficios, quién soporta los costos y quién participa en las decisiones.

Las comunidades situadas cerca de ríos contaminados, corredores industriales, minas, zonas turísticas o instalaciones petroquímicas pueden enfrentar riesgos sanitarios y ambientales sin recibir una proporción equivalente de los beneficios. La recuperación del río Atoyac, la protección del lago de Chapala, la gestión de los corredores de Veracruz y el saneamiento de Quintana Roo requieren atender estas desigualdades.

La justicia distributiva exige evitar que la seguridad privada de determinados usuarios se construya a costa de la vulnerabilidad pública. Un hotel, industria o mina puede financiar infraestructura propia, pero su operación no debe reducir el acceso de las comunidades, deteriorar las fuentes ni trasladar costos de tratamiento a la población.

La justicia procedimental requiere participación efectiva. Las comunidades deben intervenir desde la definición del problema y no solamente cuando el proyecto ya se encuentra diseñado. La información, la asesoría técnica y los recursos para participar son necesarios para reducir las diferencias de poder.

La justicia de reconocimiento implica respetar conocimientos, identidades, prácticas productivas y relaciones culturales con el agua. Los pesca-

dores de Chapala, las comunidades cercanas al Atoyac, los habitantes del sur de Veracruz y las poblaciones vinculadas con cenotes y acuíferos costeros poseen conocimientos que pueden mejorar el diagnóstico y la evaluación.

La resiliencia exige anticipación y aprendizaje

La novena conclusión es que la gestión hídrica debe prepararse para condiciones cambiantes. Las sequías, inundaciones, huracanes, fallas de infraestructura y episodios de contaminación pueden interrumpir simultáneamente el abastecimiento, el tratamiento y la producción.

Los protocolos de emergencia deben establecer prioridades, reducciones escalonadas, fuentes de respaldo, comunicación y responsabilidades. El consumo humano debe mantener prioridad y las empresas deben definir anticipadamente cómo ajustarán sus operaciones durante periodos críticos.

La resiliencia también requiere redundancia y mantenimiento. Las plantas necesitan energía de respaldo, almacenamiento y procedimientos de contingencia. Los sistemas de reúso deben contar con mecanismos para suspender el suministro cuando la calidad se deteriore, sin convertir las fuentes convencionales de respaldo en una vía permanente para ampliar el consumo.

La adaptación debe sustentarse en monitoreo y aprendizaje. Los proyectos requieren evaluaciones periódicas y capacidad para modificar tecnologías, contratos o metas. Mantener una intervención ineficaz únicamente porque ya recibió inversión prolonga los costos y retrasa las soluciones.

Hacia un modelo multiescalar de gestión sostenible

Los diez capítulos permiten proponer un modelo general organizado en cuatro escalas. La primera es la instalación, donde se desarrollan los balances, la eficiencia, el mantenimiento, la prevención y el tratamiento. La segunda corresponde a la cadena productiva, en la que se gestionan proveedores, materias primas, servicios y requisitos ambientales.

La tercera escala es el corredor, parque, distrito o sistema urbano, donde pueden compartirse infraestructura, redes, tratamiento, monitoreo y financiamiento. La cuarta es la cuenca o el acuífero, donde se evalúa la sostenibilidad territorial, la distribución de beneficios y la evolución de las fuentes.

Una acción solamente puede considerarse sostenible cuando sus beneficios en una escala no provocan impactos superiores en otra. La eficiencia de una parcela no debe aumentar el consumo del distrito; el reúso de una industria no debe mantener intactas sus extracciones; y la seguridad de un corredor turístico no debe construirse a costa de las comunidades.

El modelo debe apoyarse en ocho componentes transversales: diagnóstico territorial, responsabilidad individual, prevención, tecnología apropiada, colaboración, financiamiento transparente, monitoreo independiente y justicia hídrica.

El diagnóstico define las condiciones y prioridades. La responsabilidad individual establece quién debe actuar y financiar. La prevención reduce el consumo y la contaminación en el origen. La tecnología proporciona instrumentos compatibles con el contexto.

La colaboración articula capacidades para atender problemas compartidos. El financiamiento distribuye costos y riesgos sin socializar indebidamente las obligaciones privadas. El monitoreo verifica resultados y permite ajustes. La justicia orienta la distribución de beneficios y protege los derechos.

Consideración final

La gestión sostenible del agua no consiste únicamente en garantizar volúmenes para mantener el crecimiento económico. Implica adaptar la producción, las ciudades y la infraestructura a los límites de las fuentes. En determinados territorios será posible ampliar actividades mediante eficiencia, reúso y circularidad; en otros será necesario modificar cultivos, procesos, localizaciones o ritmos de expansión.

Las empresas tienen un papel relevante, pero no pueden asegurar su futuro de manera aislada. Su competitividad depende de la estabilidad de las cuencas, la calidad de la infraestructura pública, la confianza social y la

fortaleza de las instituciones. La seguridad hídrica empresarial se encuentra vinculada con la seguridad hídrica territorial.

El Estado debe fortalecer su capacidad de planeación, supervisión y sanción. La sociedad necesita información y espacios efectivos para participar. Las instituciones científicas deben contribuir con evidencia independiente. La cooperación será útil cuando se construya sobre estas responsabilidades y no cuando pretenda reemplazarlas.

La sostenibilidad hídrica requiere transformar las relaciones entre producción, territorio e instituciones. Su éxito no se medirá por el número de obras, el monto de inversión o los compromisos anunciados, sino por la reducción sostenida de extracciones y contaminantes, la recuperación de los ecosistemas y la garantía efectiva del derecho humano al agua.