

Invertir en el próximo servicio público esencial: El caso de la infraestructura hídrica descentralizada

Por: Juan Pablo Rivero
marzo de 2025

Resumen ejecutivo (Contenido de un vistazo)

Este informe técnico describe la acuciante crisis mundial del agua y destaca la oportunidad de abordarla mediante sistemas descentralizados de tratamiento y reutilización del agua. Los puntos clave incluyen:

- I. La crisis mundial del agua: una convergencia de riesgos** Destaca el estrés hídrico mundial, los impactos en la salud pública y las vulnerabilidades impulsadas por el clima debido a las aguas residuales no tratadas.
- II. El déficit de infraestructura de Estados Unidos y los desequilibrios globales** Detalla el grave déficit de financiación de los sistemas de agua de Estados Unidos y sus implicaciones económicas, tanto a nivel nacional como mundial.
- III. Por qué tiene sentido la descentralización** Explica cómo los sistemas modulares y locales de tratamiento de agua proporcionan soluciones flexibles y eficientes en comparación con los modelos centralizados obsoletos.
- IV. El modelo Hydrous: agua como servicio (WaaS)** Presenta la plataforma de infraestructura como servicio de Hydrous, enfatizando su eficiencia de capital, beneficios ESG y casos de éxito del mundo real.
- V. Entrada al mercado: cómo invertir en agua** Describe las vías públicas y privadas para la inversión en agua, comparando el agua descentralizada con el auge de la energía solar.
- VI. La ventaja del arbitraje** ilustra cómo las diferencias regionales de precios en el suministro y la eliminación de agua crean oportunidades de alto margen para los sistemas descentralizados.
- VII. Vientos de cola globales y corporativos** Analiza cómo la regulación y la gestión corporativa del agua están impulsando la adopción de soluciones de reutilización descentralizadas.
- VIII. Retornos y resiliencia** Resumen fuertes métricas de desempeño financiero de los activos de reutilización de agua, incluidos períodos de recuperación cortos y TIR altas.
- IX. De la escasez a la seguridad: el papel de los inversores** exige capital privado para cerrar la brecha de la infraestructura hídrica y ampliar los sistemas descentralizados a nivel global.
- X. Conclusión** Refuerza la lógica económica y ambiental para invertir en la reutilización descentralizada del agua como una solución de infraestructura estratégica.

Introducción

La crisis mundial del agua ya no es una amenaza lejana, sino una realidad presente. Impulsada por el cambio climático, el crecimiento poblacional y la urbanización, la demanda de agua supera la oferta, y la infraestructura existente no puede seguir el ritmo. Este informe técnico explora por qué la inversión en infraestructura hídrica, en particular el tratamiento y la reutilización descentralizados del agua, es una medida estratégica, urgente y rentable para gobiernos, industrias e inversores privados. Si bien se reconoce la naturaleza global de la crisis, Estados Unidos se utiliza a lo largo del informe como caso de estudio, dada la magnitud de su déficit de infraestructura, la madurez de sus mercados y su relevancia para orientar los marcos de inversión aplicables en otras geografías.

I. La crisis mundial del agua: una convergencia de riesgos

La escasez de agua afecta a todos los continentes. Según las Naciones Unidas, el 80 % de las aguas residuales se vierten al medio ambiente sin tratar, y el 44 % de las aguas residuales domésticas se reutilizan sin tratamiento. Como resultado, 1800 millones de personas están expuestas a contaminantes potencialmente dañinos. Enfermedades como el cólera, la fiebre tifoidea y la disentería están estrechamente relacionadas con la gestión deficiente de las aguas residuales (OMS, 2024; ONU-Agua, 2018).

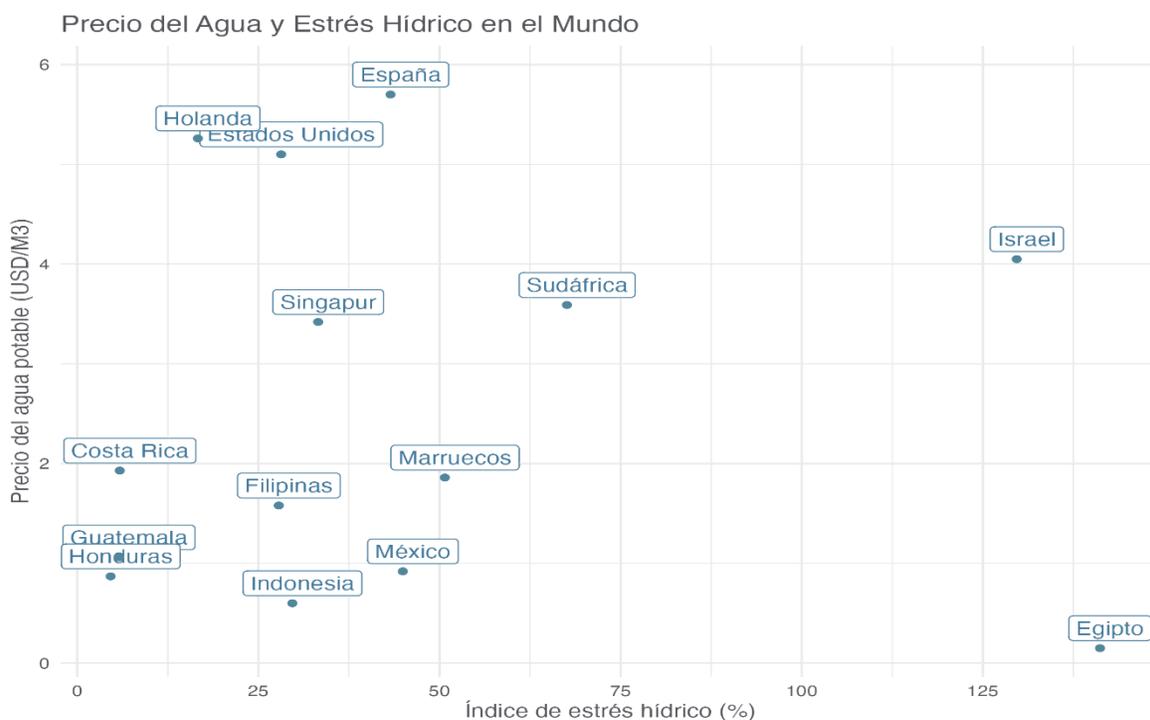


Gráfico 1: Precios globales del agua vs. estrés hídrico.

Esta visualización ilustra una paradoja: las regiones con mayor estrés hídrico suelen tener los precios más bajos, lo que desincentiva la inversión y la conservación. Fuentes: FAO (2025) y Comisión Mundial sobre la Economía del Agua (2023).

Paralelamente, el 74 % de los desastres naturales ocurridos entre 2001 y 2018 estuvieron relacionados con el agua, incluyendo inundaciones y sequías (UNICEF, 2024). El cambio climático está exacerbando estas tendencias, ejerciendo una enorme presión sobre los sistemas

hídricos y aumentando la necesidad de infraestructuras capaces de adaptarse con rapidez y eficacia.

La infraestructura hídrica es fundamental para la salud pública, la productividad económica y la gestión ambiental. Sin suficiente inversión e innovación, las comunidades corren el riesgo de quedar vulnerables a crisis que van desde brotes de enfermedades hasta interrupciones industriales y fracasos agrícolas.

Estos desafíos globales se reflejan —y se magnifican— a nivel nacional. En países como Estados Unidos, donde prevalecen infraestructuras obsoletas y regulaciones fragmentadas, la desconexión entre el estrés hídrico y la inversión es especialmente aguda. Comprender el déficit de infraestructura estadounidense ofrece una perspectiva crucial para comprender la magnitud y la urgencia del problema, así como la oportunidad.

II. El déficit de infraestructura de EE. UU. y los desequilibrios globales

A pesar del papel fundamental del agua en la productividad económica, la inversión en infraestructura en general sigue estando gravemente sub financiada en todos los sectores. Estados Unidos se enfrenta a un déficit histórico de financiación para infraestructuras críticas —desde el transporte y la energía hasta la banda ancha y el agua—, lo que amenaza la competitividad y la resiliencia nacionales.

California ha adoptado la reutilización del agua como parte de su estrategia de seguridad hídrica a largo plazo . En respuesta a las sequías persistentes y la escasez de agua, el estado ha puesto en marcha iniciativas como la Operación NEXT de Los Ángeles y el programa Agua Pura de San Diego, ambas destinadas a tratar y reutilizar las aguas residuales municipales para satisfacer una parte creciente de la demanda urbana de agua. Estos ejemplos subrayan el potencial de las tecnologías innovadoras de reutilización cuando cuentan con el respaldo de las políticas locales, la financiación y el apoyo público.

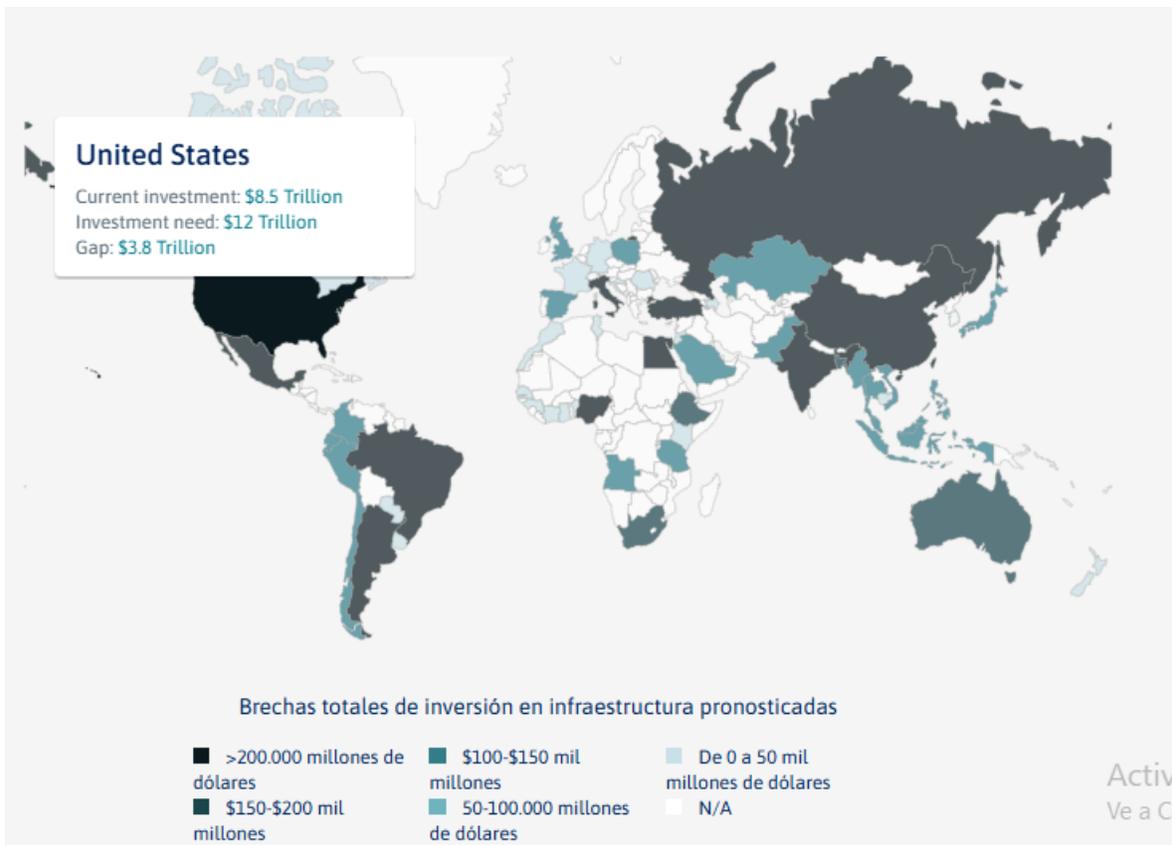


Gráfico 2: Déficit total de inversión en infraestructura. Este gráfico muestra el déficit estimado de financiación de infraestructura en EE. UU. en sectores clave durante los próximos 20 años, donde los sistemas de agua representan una parte importante de las necesidades insatisfechas. Fuente: Oxford Economics - Global Infrastructure Outlook (2017).

La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) estima un déficit de 500 000 millones de dólares en inversión en infraestructura de agua y aguas residuales solo en Estados Unidos. Cerrar completamente este déficit podría añadir 4,5 billones de dólares al PIB, crear 800 000 empleos y aumentar el ingreso familiar promedio en 2000 dólares al año (ASCE, 2020).

Inversión en infraestructura según las tendencias y necesidades actuales

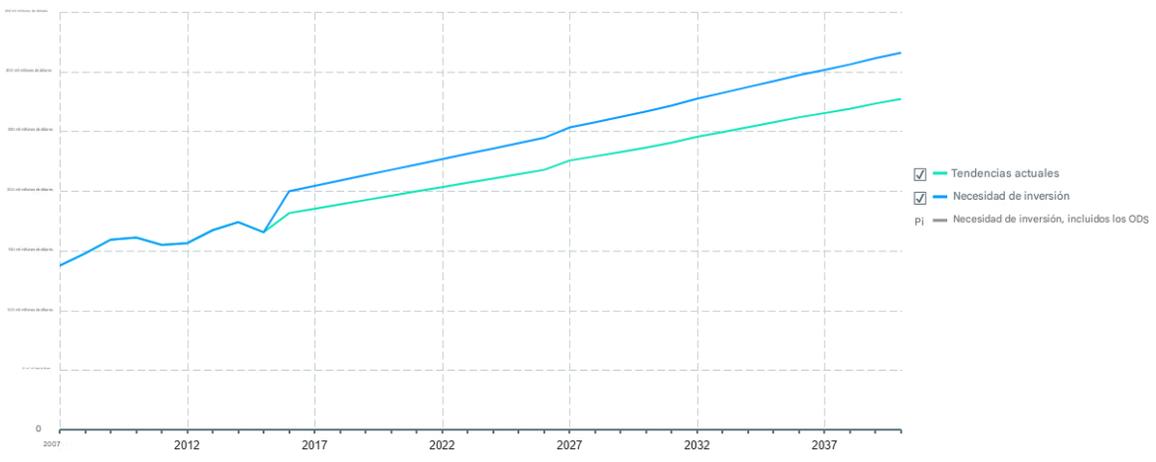


Gráfico 3: Brechas de inversión en agua Un déficit en la inversión en agua y aguas residuales amenaza la sostenibilidad a largo plazo y la competitividad económica
Fuentes: Oxford Economics - Global Infrastructure Outlook. (2017)

A pesar de esta urgencia, menos del 0,3 % del agua estadounidense se recicla, según The New York Times (Walsh, 2012). Este bajo rendimiento no solo agrava la presión sobre la disminución de los suministros de agua dulce, sino que también genera la pérdida de oportunidades económicas. En términos más generales, a nivel mundial, el 80 % de las aguas residuales no se tratan y se devuelven al ecosistema, lo que representa una fuente importante de pérdida de valor (ONU-Agua, 2018).

Si bien California ha logrado avances significativos, las políticas nacionales y los mecanismos de mercado siguen estando subdesarrollados. El desafío no es solo técnico, sino también institucional, financiero y cultural.

III. Por qué tiene sentido la descentralización

Los sistemas de agua tradicionales se diseñaron para economías de escala centralizadas: grandes plantas de tratamiento, extensas redes de distribución y un importante capital público inicial. Si bien fueron eficaces en el pasado, estos sistemas son inflexibles, de adaptación lenta y de mantenimiento costoso. En una era de volatilidad climática, cambios demográficos y aumento de los precios de la energía, la infraestructura centralizada tiene dificultades para mantener el ritmo. Es vulnerable a puntos únicos de fallo, requiere una inversión masiva para su expansión o modernización y, a menudo, no logra atender eficientemente a comunidades remotas o en rápido crecimiento.

Como señala la economista Kate Raworth en *Doughnut Economics*, “Necesitamos economías que sean distributivas por diseño y regenerativas por intención”. Este principio apoya directamente a los sistemas hídricos descentralizados: distribuyen la funcionalidad más cerca de donde se necesita y regeneran los recursos hídricos a nivel local, alineando el desarrollo económico con los límites ecológicos.

Por el contrario, el tratamiento descentralizado del agua ofrece una alternativa moderna y adaptable:

- Modular : se pueden agregar o quitar sistemas según sea necesario.
- Localizado : El tratamiento se realiza cerca del punto de generación y uso.
- Flexible : se puede adaptar a contaminantes específicos y objetivos de reutilización.
- Eficiente : Minimiza la necesidad de infraestructura extensa y de bombeo.

La descentralización apoya los principios de la economía circular y la optimización de recursos. Las aguas residuales dejan de ser una carga: se convierten en un activo local que se trata, se reutiliza y se reintegra al sistema, reduciendo así el impacto ambiental y los costos operativos.

Costos de tratamiento de agua vs. Tarifas domésticas de agua
 Operación y Mantenimiento de Tecnologías Descentralizadas (MBR y Ósmosis inversa)
 Precios de suministro de agua en ciudades de USA

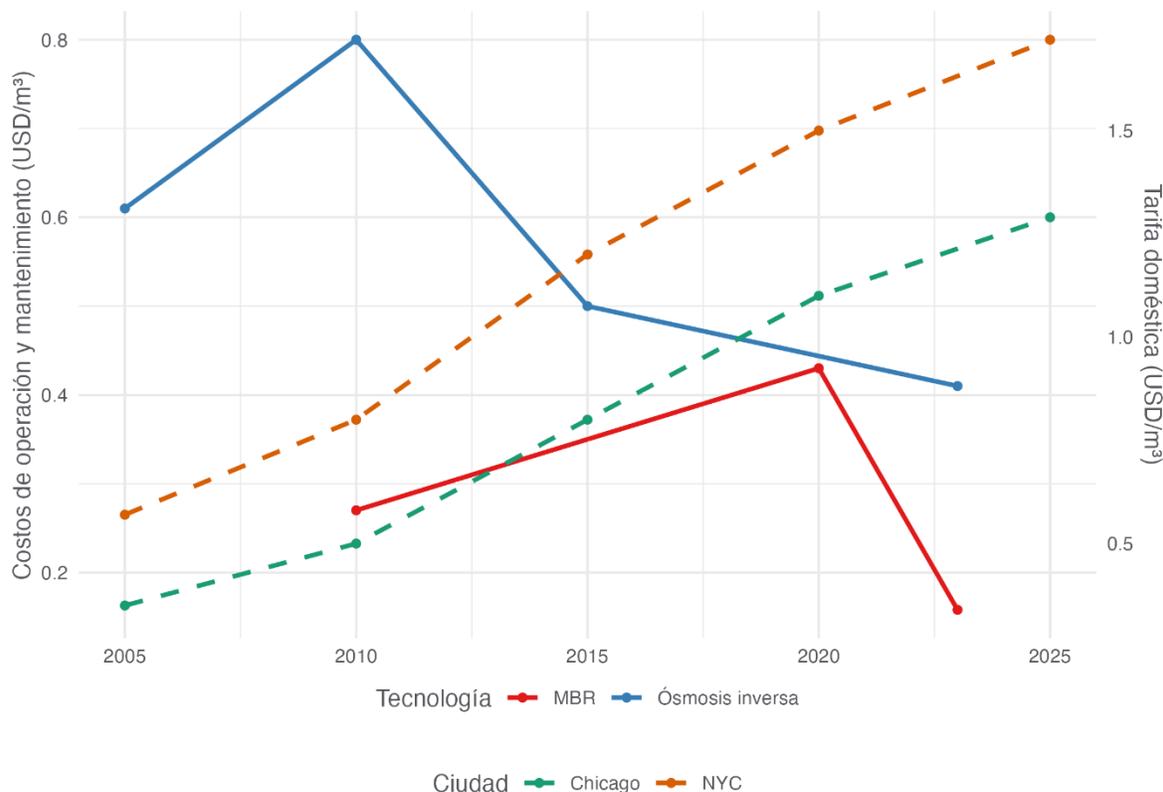


Gráfico 4: Evolución tecnológica: Costos de ósmosis inversa y biorreactores de membrana (MBR) vs. Precios del agua.

Este gráfico muestra cómo han disminuido los costos de tecnologías de tratamiento avanzadas, como la ósmosis inversa y los biorreactores de membrana, lo que permite soluciones descentralizadas más rentables. Fuentes: Worley Consulting, Consejo Nacional de Investigación (2006), Poole (2023), Verrecht et al. (2015), He et al. (2023), Cosín (2019), Arif et al. (2020), Ciudad de Houston (2009; 2020), Ketchum (2018), Junta de Aguas de la Ciudad de Nueva York (s.f.) y McGuinness (2021).

Entre los enfoques descentralizados emergentes a nivel mundial, varias plataformas han innovado en los modelos tecnológicos y financieros para su implementación. Un ejemplo de ello es Hydrous, que integra la tecnología de tratamiento modular con la financiación de infraestructura como servicio (IaaS). Su modelo, que se detalla a continuación, demuestra cómo los sistemas descentralizados pueden volverse financieros, invertibles y altamente escalables.

IV. El modelo hídrico: agua como servicio (WaaS)

Hydrous ofrece una solución descentralizada y con un uso reducido de activos para la infraestructura hídrica mediante su modelo de Agua como Servicio (WaaS) . En lugar de exigir a los clientes que inviertan en equipos de alto coste, Hydrous financia, implementa y opera unidades modulares de tratamiento de agua , cobrando únicamente por el volumen o la

calidad del agua tratada y reutilizada. Esto desvía la carga técnica y de capital de los usuarios y permite una implementación más rápida y rentable.

Este modelo es especialmente adecuado para:

- **Instalaciones industriales** en zonas remotas o con estrés hídrico, como plantas de petróleo y gas, minería o automotrices, donde el reciclaje de agua reduce el riesgo logístico y de suministro.
- **Usuarios comerciales** como hoteles, complejos turísticos y centros comerciales que generan grandes volúmenes de aguas residuales pero carecen de acceso a sistemas de reutilización municipales.
- **Operaciones de alimentos y bebidas**, donde los procesos de limpieza en el lugar (CIP) y saneamiento demandan grandes volúmenes de agua y las aguas residuales transportan altas cargas orgánicas.
- **Desarrolladores inmobiliarios y parques industriales**, que a menudo enfrentan retrasos y costos crecientes debido a la sobrecarga de la infraestructura pública.
- **Los gobiernos municipales y las empresas de servicios públicos** buscan alternativas rentables para ampliar la capacidad de tratamiento o reducir la dependencia de redes centralizadas sobrecargadas.

Este enfoque conlleva múltiples beneficios:

- **Sin gastos de capital para los usuarios finales**: elimina una barrera importante para la adopción.
- **Transferencia de riesgo**: El riesgo operativo y técnico lo asume Hydrous.
- **Economía escalable**: los inversores se benefician de los flujos de caja respaldados por activos.
- **Impacto circular**: los clientes reducen su huella hídrica y mejoran las métricas ESG.

Los estudios de caso demuestran la versatilidad del modelo:

- **Petróleo y gas**: Las unidades de tratamiento redujeron los lodos hasta en un 90%, eliminaron el aceite residual y superaron a los sistemas DAF tradicionales, lo que redujo los costos operativos y aumentó la reutilización del agua.
- **Alimentos y bebidas**: El efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales móviles se reutiliza para el lavado de vehículos y el riego, lo que garantiza el cumplimiento y reduce la dependencia del agua municipal.
- **Hospitalidad**: La electrocloración en el lugar reemplazó los productos químicos peligrosos, mejorando la seguridad, la automatización y el cumplimiento normativo para las operaciones de complejos turísticos a gran escala.
- **Pinturas y recubrimientos**: Los lodos se deshidrataron en el lugar, lo que redujo los costos de transporte y eliminación en un 70% y permitió una gestión de residuos más segura y eficiente.

V. Entrada al mercado: cómo invertir en agua

La infraestructura hídrica ha estado históricamente subrepresentada en las carteras de inversión. Sin embargo, ofrece características de servicio esencial y resiliencia a la inflación, similares a las de la energía o el transporte. Las opciones incluyen:

- **Acciones públicas**: acciones de grandes empresas de agua como Veolia, Xylem y American Water Works.

- **ETF** : los fondos cesta como CGW de Invesco ofrecen una exposición diversificada.
- **Private Equity** : Inversión directa en operadores como Gradiant, Fluence Corporation, Skion Water, con contratos estables a largo plazo.

Lo que antes parecía inusual —invertir en un panel móvil que convierte la luz solar en electricidad— ahora es algo común. Estos sistemas modulares se financian, implementan y monetizan mediante contratos de compraventa a largo plazo. Hoy en día, la energía solar no solo es ecológica; también es invertible.

El agua está ahora al borde de la misma transición.

Así como los paneles solares capturan una materia prima (la luz solar) para producir un resultado comercializable (electricidad), los sistemas modulares de tratamiento de agua capturan las aguas residuales (un pasivo) y las convierten en un producto valioso: agua limpia y utilizable.

La historia de la energía solar, como se muestra en el Gráfico 5, demuestra que los inversores apostarán por activos pequeños, móviles y eficientes en términos de capital cuando las necesidades económicas, regulatorias y de infraestructura se alineen. El agua se encuentra ahora en ese punto de inflexión.

A medida que el capital fluyó hacia la energía solar, la escala aumentó y los costos disminuyeron, convirtiéndola en una de las historias de infraestructura descentralizada más exitosas de las últimas dos décadas.

Precio promedio e instalaciones de sistemas fotovoltaicos
Estados Unidos de América

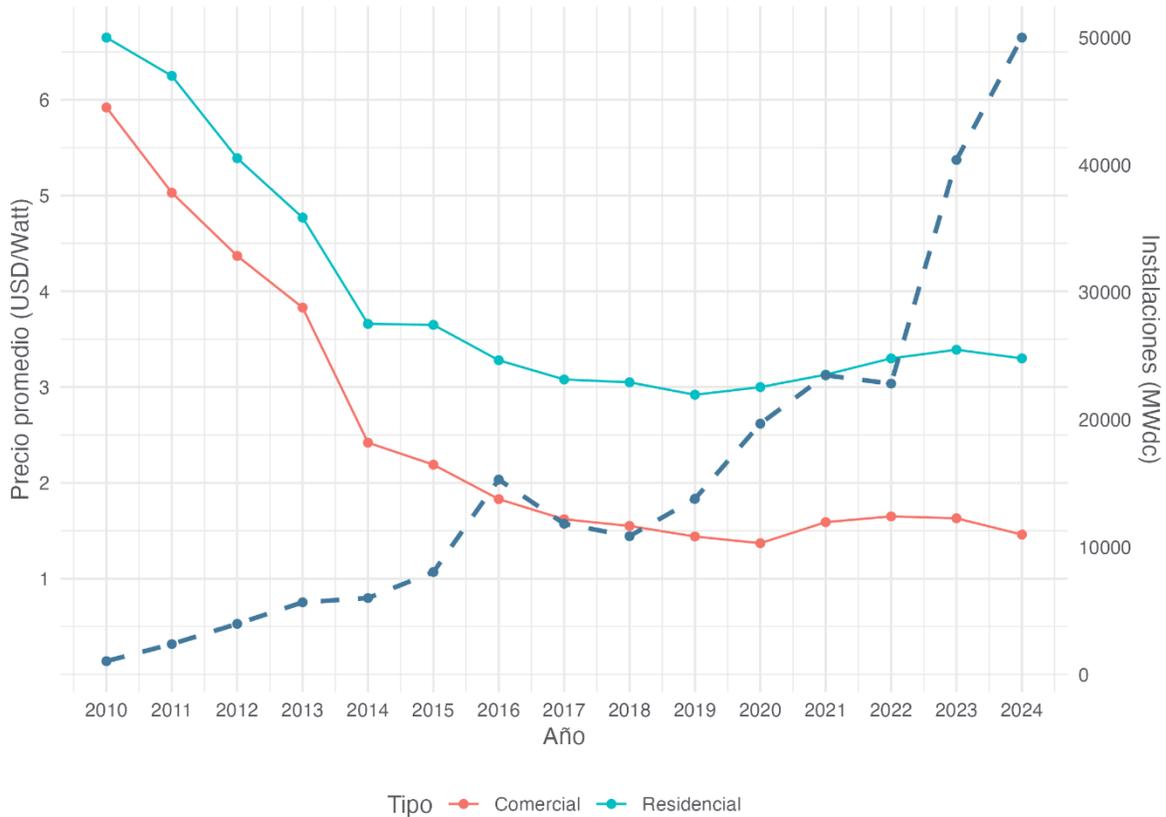


Gráfico 5: MW instalados vs. Costo de las instalaciones solares.

Este gráfico ilustra cómo las entradas de capital y la escala redujeron drásticamente los costos de la energía solar; se prevé una transición similar en el sector hídrico. Fuente: Asociación de Industrias de Energía Solar (2025).

Si bien países como Israel y Singapur han hecho del reciclaje del agua un elemento central de su estrategia nacional, Estados Unidos se encuentra significativamente rezagado respecto a otros países desarrollados. Facilitar la reutilización a gran escala es un imperativo de salud pública, económico y de inversión.

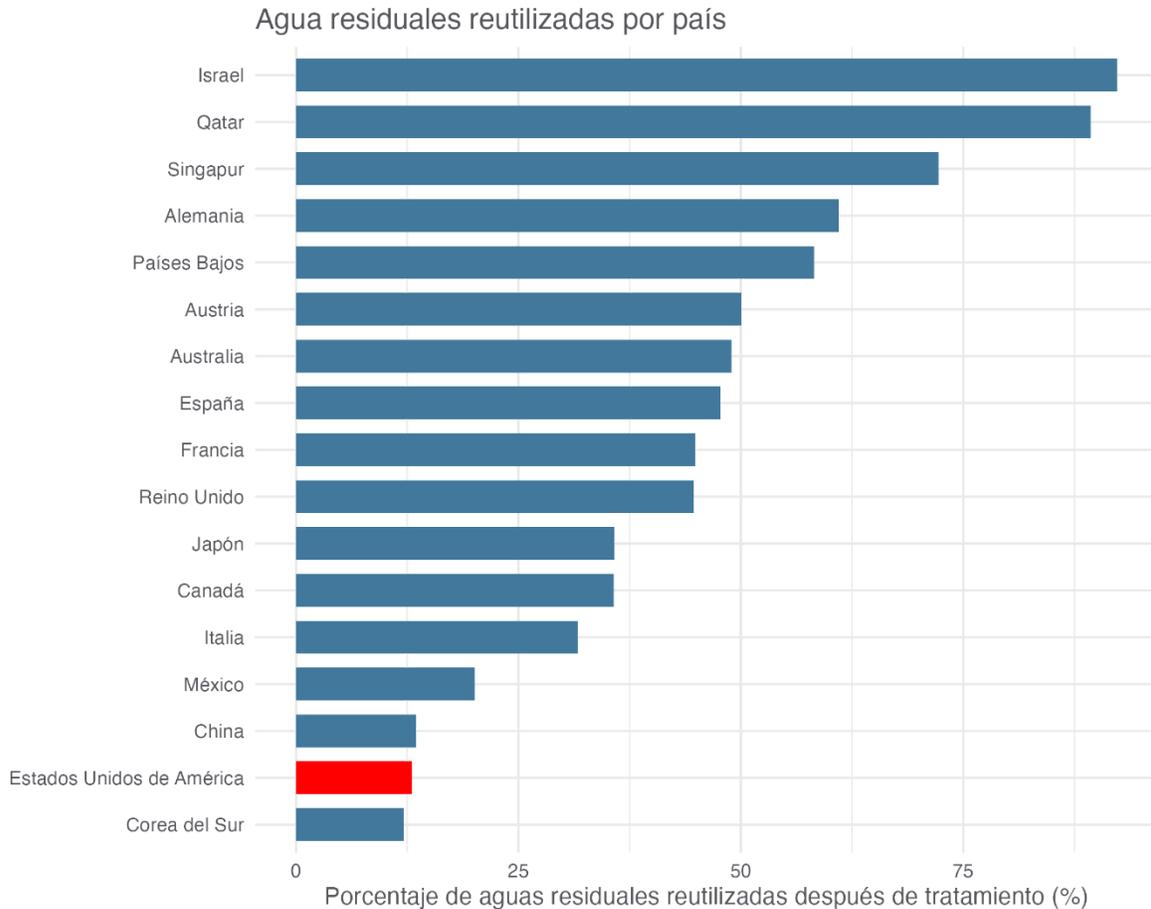


Gráfico 6: Reutilización de aguas residuales por país

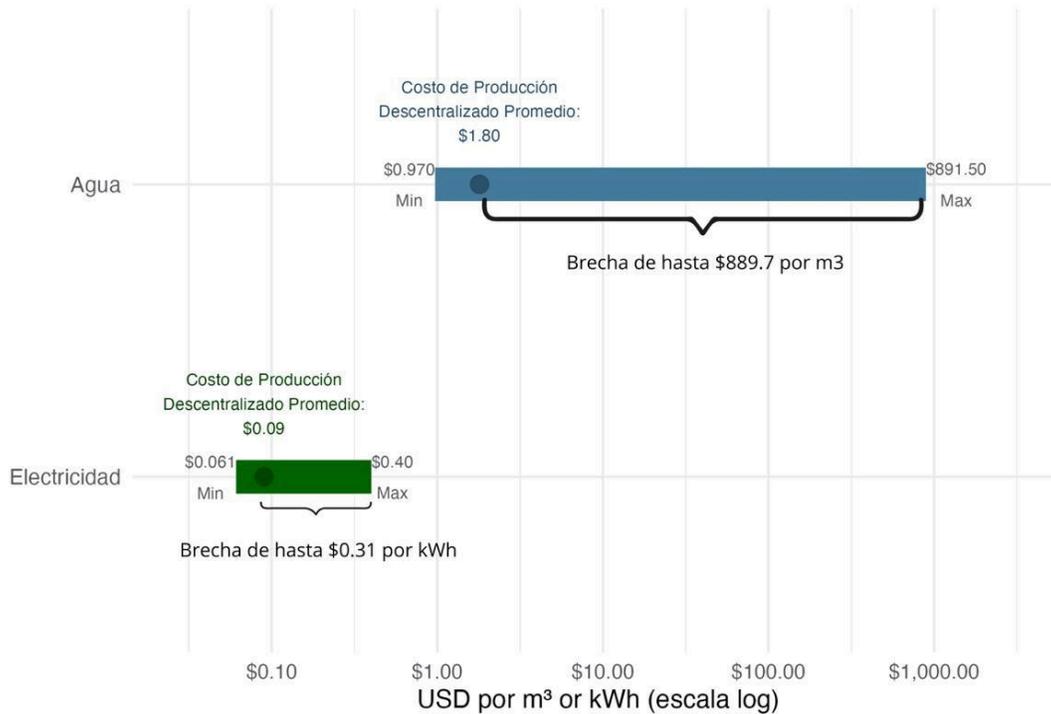
. La comparación por nación muestra una gran variabilidad. Israel reutiliza más del 85 % de su agua; Estados Unidos está por debajo del 10 % y México, aún más abajo. Esta brecha representa una oportunidad. Fuentes: Yale Center for Environmental Law & Policy (2024) y Jones et al. (2020).

Esta brecha no es solo una estadística, sino un mapa de oportunidades. La reutilización de aguas residuales es esencial para abordar la escasez de agua, reducir el impacto ambiental y recortar costos tanto para la industria como para los municipios.

VI. La ventaja del arbitraje

Una de las características de inversión más atractivas de la infraestructura hídrica descentralizada es su potente oportunidad de arbitraje económico . A diferencia de los mercados eléctricos, donde los marcos regulatorios y la competencia han reducido los diferenciales de precios, los mercados del agua siguen siendo ineficientes, fragmentados y, a menudo, fuertemente subsidiados . Esto crea una oportunidad única: en muchas regiones y casos de uso, el costo de producir agua reciclada in situ es significativamente menor que el costo combinado de comprar agua potable y tratar o eliminar aguas residuales .

Brecha Entre Rango de Precios y Costo de Producción Descentralizada Estados Unidos de América



Gráfica 7: Precios de la electricidad y el agua vs. Sistemas descentralizados in situ.

Esta gráfica ilustra la importante diferencia entre el costo de producción y los precios de mercado, especialmente en casos de uso industrial. El costo descentralizado del agua corresponde a las aguas residuales sanitarias. Fuentes: Grupo de Trabajo de la Agenda de Cambio Climático México-Estados Unidos (2021), Iglesias et al., 2022, Bluefield Research (2025) y Administración de Información Energética de Estados Unidos (2025).

Como se ilustra en el Gráfico 7, el costo promedio del tratamiento descentralizado de agua sanitaria ronda los \$1,80/m³, mientras que los usuarios industriales de agua pueden pagar hasta \$891,50/m³ al considerar los costos de suministro, eliminación y regulación. Este delta de cambio de \$889,7/m³ convierte al reciclaje de agua en una de las inversiones en infraestructura más rentables.

En cambio, la generación descentralizada de electricidad mediante energía solar suele oscilar entre 0,09 dólares/kWh y un techo de mercado de 4,00 dólares/kWh, una diferencia aún impresionante, pero mucho más estrecha y ya fuertemente capitalizada por los inversores.

Lo que hace que este momento sea particularmente ventajoso es el momento oportuno. Nos encontramos en las primeras etapas de una transformación similar a la que experimentaron las energías solar y eólica hace una década. Los inversores que inviertan ahora pueden beneficiarse de:

- Mercados infravalorados con oportunidades de proyectos de alto rendimiento sin explotar.
- Tendencias regulatorias favorables, como el endurecimiento de las normas de descarga y las presiones ESG.
- Baja competencia en relación con sectores de infraestructura maduros.

- Creciente demanda de los clientes de independencia y resiliencia hídrica.

El modelo descentralizado también es inherentemente escalable: se pueden implementar rápidamente unidades modulares y móviles para atender a clientes de alto valor en regiones donde la infraestructura centralizada está abrumada, retrasada o es económicamente inviable.

Para el capital privado, esta convergencia de producción de bajo costo, alta demanda y amplios diferenciales de precios ofrece una oportunidad inigualable de generar flujos de efectivo fuertes y recurrentes a partir de una infraestructura que no sólo es rentable sino esencial para la sostenibilidad a largo plazo.

VII. Vientos favorables globales y corporativos

La transición hacia sistemas descentralizados se está acelerando gracias a una combinación de regulación, liderazgo corporativo e innovación tecnológica.

Regulación

En Estados Unidos, la EPA ha puesto en marcha iniciativas para promover la reutilización del agua, mientras que el Fondo Rotatorio Estatal ofrece financiación a bajo interés para mejoras de infraestructura. Paralelamente, se están endureciendo las leyes ambientales de México para exigir un tratamiento de aguas residuales más eficaz.

Compromisos corporativos

Las grandes empresas están adoptando objetivos positivos en materia de agua:

- Microsoft pretende reponer más agua de la que consume para 2030.
- Amazon e Intel están invirtiendo en sistemas de agua de circuito cerrado.
- Coca-Cola ha anunciado la neutralidad del agua en todas sus operaciones.

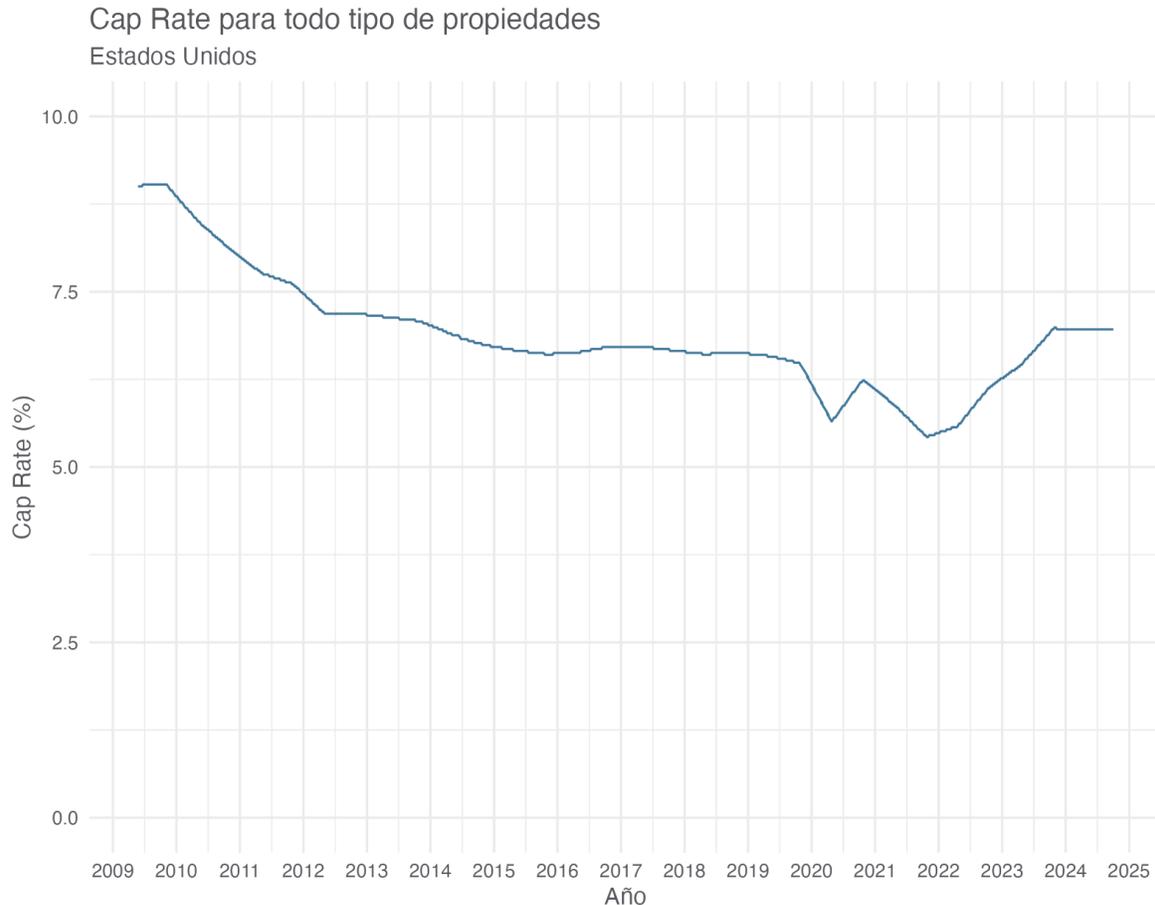
Estas acciones no sólo reducen el riesgo sino que mejoran la reputación y la confianza de los inversores.

VIII. Retornos y resiliencia

El agua es una clase de activo no correlacionada con protección contra caídas. Las instalaciones descentralizadas han demostrado:

- Plazos de amortización inferiores a 24 meses
- Tasas internas de retorno superiores al 30%
- De 2,8x a 4x de rentabilidad en efectivo durante la vida del contrato

Estas cifras rivalizan y a menudo superan los rendimientos de los bienes raíces o las energías renovables.



de capitalización inmobiliaria . Fuente: CBRE (2025)

IX. De la escasez a la seguridad: el papel de los inversores

Resolver la crisis del agua requerirá billones de dólares en inversiones durante las próximas décadas. Los sistemas descentralizados, con menores barreras de entrada y una implementación más rápida, son una herramienta poderosa en esta transición.

Al apoyar plataformas como Hydrous, los inversores pueden:

- Desbloquee ingresos recurrentes de infraestructura crítica.
- Cobertura contra la inflación y la volatilidad climática.
- Proporcionar rendimientos sociales y ambientales mensurables.

X. Conclusión

El desafío mundial del agua es urgente, pero tiene solución. Las herramientas existen. La tecnología está probada. Lo que falta es capital, coordinación y convicción.

Para los inversores que buscan un impacto sostenible, un flujo de caja a largo plazo y alineación con las megatendencias, la infraestructura hídrica descentralizada ofrece una de las oportunidades más claras del siglo XXI.

Proyección del consumo de agua y población globales De 1900 a 2050

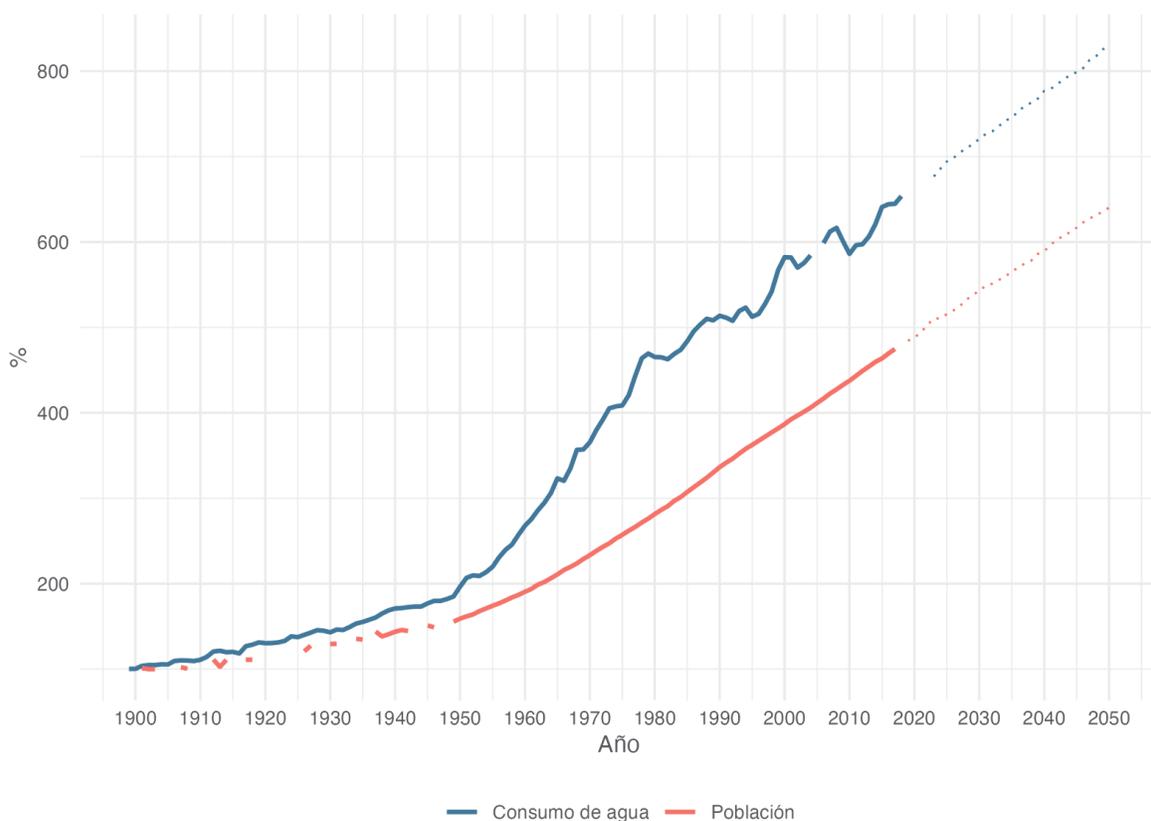


Gráfico 8: Proyecciones futuras: Crecimiento poblacional vs. Demanda de agua.
Esta proyección muestra una marcada divergencia entre las tasas de crecimiento de la población y la extracción de agua. Fuentes: Boretti y Rosa (2019).

Descargo de responsabilidad:

Este documento fue preparado por Juan Pablo Rivero únicamente con fines informativos. Las opiniones y puntos de vista expresados en este documento son los del autor y no reflejan necesariamente las de ninguna entidad o persona afiliada. Todos los datos y estadísticas incluidos en este informe provienen de materiales de terceros de acceso público que se consideraban fiables al momento de su redacción, incluyendo informes de la ONU, la ASCE, Bluefield Research y otras fuentes citadas. Sin embargo, no se garantiza la exactitud, integridad o actualidad de los datos.

Este documento no constituye asesoramiento de inversión ni una oferta de venta ni una solicitud de oferta de compra de valores o instrumentos de inversión. Se recomienda a los lectores consultar con sus propios asesores legales, fiscales y financieros antes de tomar cualquier decisión de inversión.

Referencias

- Sociedad Americana de Ingenieros Cíviles (26 de agosto de 2020). La subinversión crónica en la infraestructura hídrica estadounidense pone en riesgo la economía. Fuente de Ingeniería Civil. Consultado el 15 de mayo de 2025 en <https://www.asce.org/publications-and-news/civil-engineering-source/society-news/article/2020/08/26/chronic-underinvestment-in-americas-water-infr-structure-puts-the-economy-at-risk>
- Arif, AUA, Sorour, MT, y Aly, SA (2020). Análisis de costes de plantas de tratamiento de aguas residuales de lodos activados y biorreactores de membrana. *Alexandria Engineering Journal*, 59(6), 4659–4667. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.08.023>
- Bluefield Research. (2025). Índice de tarifas de agua de servicios públicos municipales de EE. UU. 2024: Agua potable y alcantarillado. Autor: <https://www.bluefieldresearch.com/research/us-municipal-drinking-water-sewer-annual-utility-rate-index/>
- Boretti, A., y Rosa, L. (2019). Reevaluación de las proyecciones del Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. *NPJ Clean Water*, 2, 15. <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>
- CBRE. (12 de febrero de 2025). Encuesta sobre la tasa de capitalización de EE. UU., segundo semestre de 2024. <https://www.cbre.com/insights/reports/us-cap-rate-survey-h2-2024>
- Ciudad de Houston. (2009). Bonos de primer gravamen de ingresos y reembolso del Sistema Combinado de Servicios Públicos, serie 2009A. <https://www.fmsbonds.com/wp-content/uploads/2015/07/442435VV2.pdf>
- Ciudad de Houston (2020). Estudio de tarifas del costo del servicio de agua y aguas residuales. <https://houstontx.gov/citysec/HPW/2020mcsrsr.pdf>
- Cosin, C. (15 de enero de 2019). Evolución de las tarifas en desalinización (Parte 1). *Revista Smart Water*. <https://smartwatermagazine.com/blogs/carlos-cosin/evolucion-de-las-tarifas-en-desalinizacion-parte-i>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2025). Sistema de difusión AQUASTAT. Consultado el 6 de mayo de 2025 en <https://data.apps.fao.org/aquastat/?lang=en>
- Comisión Global sobre la Economía del Agua (2023). Precios, costos y mercados del agua. <https://watercommission.org/publication/water-pricing-costs-and-markets/>
- He, J., Zhang, Z., Cui, F., Tan, X., Zheng, X. y Cheng, R. (2024). Análisis tecnoeconómico global de biorreactores de membrana para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias. *Science of the Total Environment*, 918, 177172. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177172>
- Iglesias, R., Simón, P., Moragas, L., Arce, A. y Rodríguez-Roda, I. (22 de abril de 2022). Comparación de costos de tecnologías de recuperación de agua a escala real, con énfasis en biorreactores de membrana. *The MBR Site*. <https://www.thembrsite.com/features/cost-comparison-of-full-scale-water-reclamation-technologies-with-an-emphasis-on-membrane-bioreactors>
- Jones, Edward R; Van Vliet, Michelle TH; Qadir, Manzoor; Bierkens, Marc FP (2020): Producción, recolección, tratamiento y reutilización de aguas residuales a nivel nacional y en red [CONJUNTO DE DATOS]. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/pangaea.918731>
- Ketchum, D. (16 de abril de 2018). El precio del agua en Estados Unidos. *GoBankingRates*. <https://www.gobankingrates.com/saving-money/home/water-prices-by-state/>
- McGuinness, D. (21 de junio de 2021). Houston considerará esta semana el mayor aumento en las facturas de agua en al menos 17 años. *Houston Chronicle*. <https://www.houstonchronicle.com/politics/houston/article/Houston-to-consider-biggest-hike-to-water-bills-16263054.php>
- Consejo Nacional de Investigación (2008). Desalinización: Una perspectiva nacional. *The National Academies Press*. <https://doi.org/10.17226/12184>
- Junta de Aguas de la Ciudad de Nueva York (s.f.). Tarifas de agua y aguas residuales. Consultado el 6 de mayo de 2025 en <https://www.nyc.gov/site/nycwaterboard/rates/rates-regulations.page>
- Poole, G. (22 de septiembre de 2023). Desalinizar el agua se está volviendo absurdamente barato. *Human Progress*. <https://humanprogress.org/desalinating-water-is-becoming-absurdly-cheap/>
- Asociación de Industrias de Energía Solar (2025). Datos de investigación de la industria solar. Recuperado el 6 de mayo de 2025 de <https://seia.org/research-resources/solar-industry-research-data/>
- Administración de Información Energética de EE. UU. (2025). Precio promedio de la electricidad para clientes finales por sector de consumo final, por estado, febrero de 2025 y 2024 (centavos por kilovatio-hora). *Navegador de Datos de Electricidad*. Consultado el 8 de mayo de 2025 en https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php?t=epmt_5_6_a
- Grupo de Trabajo sobre la Agenda de Cambio Climático México-Estados Unidos (2021). Documento informativo: El papel de las energías renovables en la estrategia de cambio climático de México y la posible cooperación entre Estados Unidos y México para apoyar dicha estrategia. https://usmex.ucsd.edu/_files/climate-change-working-group/briefing-renewable-energy-2021-09.pdf
- ONU-Agua. (Septiembre de 2018). Datos sobre el agua: Calidad del agua y aguas residuales [Ficha informativa]. Consultado el 16 de mayo de 2025 en https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2018/10/WaterFacts_water_and_watwater_sep2018.pdf
- UNICEF. (15 de marzo de 2024). El agua y la crisis climática mundial: 10 cosas que debes saber. *Historias de UNICEF*. Consultado el 16 de mayo de 2025 en <https://www.unicef.org/stories/water-and-climate-change-10-things-you-should-know>
- Verrecht, B., James, C., Germain, E., Birks, R., Barugh, A., Pearce, P. y Judd, S. (2012). Evaluación económica y experiencias operativas de un biorreactor de membrana (MBR) a pequeña escala para la reutilización de agua no potable. *Journal of Environmental Engineering*, 138(5), 473–480. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000505](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000505)
- Walsh, D. (24 de enero de 2012). Desperdiando aguas residuales [Entrada de blog]. *Green – The New York Times*. Recuperado el 16 de mayo de 2025 de <https://archive.nytimes.com/green.blogs.nytimes.com/2012/01/24/wasting-the-wastewater/>
- Organización Mundial de la Salud. (22 de marzo de 2024). Saneamiento [Hoja informativa]. Consultado el 16 de mayo de 2025 en <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>
- Worley Consulting. (s.f.). El coste de la desalinización. *Advisian*. Consultado el 6 de mayo de 2025 en <https://prod-cm.advisian.com/en/global-perspectives/the-cost-of-desalination>
- Centro de Derecho y Política Ambiental de Yale. (2024). Aguas residuales reutilizadas (WWR) [Índice, EPI 2024]. en el Índice de Desempeño Ambiental 2024. Recuperado el 15 de mayo de 2025 de <https://epi.yale.edu/measure/2024/WWR>