

Capítulo 6

La economía circular del agua en la zona metropolitana de Guadalajara

*Hermes Ulises Ramirez Sanchez
Aída Lucía Fajardo Montiel
Samuel Horacio Cantú Munguía*

<https://doi.org/10.61728/AE20251666>



Resumen

El agua es fundamental en la economía circular, así el objetivo de este trabajo es describir la economía circular del agua en la Zona Metropolitana de Guadalajara resaltando su importancia, aplicación y los cambios necesarios para la óptima gestión del recurso hídrico. La economía circular es un modelo económico relacionado con la sostenibilidad y cuyo objetivo es que el valor de recursos, materiales y productos utilizados se mantengan en la economía el mayor tiempo posible, minimizando la generación de residuos. El objetivo de la economía circular es mejorar la eficiencia del uso del agua. Así, el concepto de economía circular del agua se refiere a la posibilidad de volver a utilizar el agua una, otra y otra vez, como sucede en su ciclo natural. La reutilización del agua, permite minimizar el consumo, utilizándola en distintos usos como el riego, limpieza, entre otros. Existen tecnologías para la reutilización del agua y opciones de utilizarla aun sin ningún tratamiento. En su fase de reutilización, con el uso de energías renovables, los residuos se transforman en nuevos recursos.

El objetivo de este capítulo será describir la utilización, reutilización del agua en el ámbito doméstico, industrial y de servicios en la Zona Metropolitana de Guadalajara y proponer nuevos esquemas de reutilización y mejora en las practicas ya realizadas, bajo el modelo de economía circular. El modelo de economía circular y la óptima gestión de los recursos hídricos, necesita un cambio de mentalidad de la sociedad. La economía circular del agua tiene un potencial muy fuerte. En algunos países, existen modelos circulares del agua en muchas ciudades y se está trabajando en multitud de proyectos de modelos sostenibles y de futuro. Sin embargo, en México, aún faltan acciones concretas para su implantación. Para lograr la gestión integral de los recursos hídricos con perspectiva de la economía circular, es indispensable implicar a las administraciones públicas, empresas, organizaciones y ciudadanos;

y generar un diálogo social y participativo, basado en estrategias de educación y comunicación de acuerdo con el tipo de público al que va dirigido. Finalmente, la rentabilidad y sostenibilidad de estos sistemas son cruciales. Los beneficios directos de la economía circular del agua son relevantes, pero también es importante valorar los beneficios indirectos y no monetizables, como el ahorro de agua potable, la reducción de cargas en los sistemas sanitarios, entre otros.

Introducción

El crecimiento poblacional y económico han impulsado un rápido incremento en la demanda de recursos hídricos (WWAP 2015), así el 36 % de la población mundial vive en regiones con escasez de agua y para el año 2050, más de la mitad de la población del mundo estará en riesgo por escasez de agua (HLPW 2018). En particular, la rápida urbanización, especialmente en países de renta baja a media, ha creado varios desafíos relacionados con el agua. Estos incluyen: una degradación en la calidad del agua, un suministro inadecuado y falta de infraestructura de saneamiento, particularmente en asentamientos periurbanos e informales crecientes. En América Latina y el Caribe, solo alrededor del 60 % de la población está conectada a un sistema de alcantarillado y solo un 30 a 40 % de las aguas residuales de la región que se captan se tratan. Estos porcentajes son sorprendentes, dados los niveles de ingreso y urbanización de la región, y tienen implicaciones importantes en la salud pública, la sostenibilidad ambiental y la equidad social.

Los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) añaden una nueva dimensión a los desafíos a los que se enfrenta el sector del agua, al centrar la atención en la sostenibilidad. Los objetivos vinculados a este sector incluyen mejorar la calidad del agua, implementar una gestión integrada de los recursos hídricos, lograr eficiencia en el uso del agua en todos los sectores, reducir el número de personas que sufren escasez de agua, y restaurar los ecosistemas acuáticos.

Para lograr los ODS, los gobiernos de la región tendrán que incrementar de manera significativa los niveles de tratamiento de las aguas residuales. Las necesidades de inversión en el sector del agua potable y

saneamiento son enormes, y para mejorar la gestión de las aguas residuales en la región, los países están embarcándose en programas masivos para captarlas y tratarlas. A medida que las ciudades siguen creciendo, existe la oportunidad de asegurar que se realicen inversiones de la manera más sostenible y eficiente posible. El desarrollo urbano futuro necesita enfoques que minimicen el consumo de los recursos y que se centren en la recuperación del recurso, siguiendo los principios de la llamada economía circular. En este contexto, las aguas residuales son y deben considerarse un recurso valioso a partir del cual pueden extraerse energía y nutrientes, así como ser una fuente adicional de agua.

Las aguas residuales pueden tratarse hasta lograr diversas calidades para satisfacer la demanda de diferentes sectores, incluidos la industria y la agricultura. Pueden emplearse para mantener el flujo ambiental, e incluso pueden reutilizarse como agua potable. El reúso del agua residual es una solución al problema de la escasez mundial de agua, puesto que se liberan recursos de agua para otros usos, o para su conservación. Además, los productos secundarios del tratamiento de las aguas residuales pueden convertirse en valiosos para la agricultura y la generación de energía, haciendo que las plantas de tratamiento de aguas residuales sean más sostenibles ambiental y financieramente.

Por consiguiente, una mejor gestión de las aguas residuales ofrece una doble propuesta de valor si, además de los beneficios ambientales y para la salud del tratamiento de las aguas residuales, ingresos financieros pueden cubrir parcial o totalmente los costos de operación y mantenimiento. La recuperación de recursos de las aguas residuales en forma de energía, agua reutilizable, biosólidos y otros recursos como nutrientes, representan un beneficio económico y financiero que pueden contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de saneamiento, y de las empresas de agua que los operan. Una de las principales ventajas de adoptar los principios de economía circular en la gestión de aguas residuales es que la recuperación y el nuevo uso del recurso podrían transformar el saneamiento de ser un servicio costoso a uno que es autosostenible y añade valor a la economía.

¿Qué es la economía circular?

Una economía circular es un sistema industrial restaurativo o regenerativo de acuerdo con su intención y diseño. Es un sistema económico que busca minimizar los residuos y aprovechar los recursos lo mejor posible. El método tradicional se basa en una economía lineal con un modelo de producción de “hacer, usar y descartar”. La economía circular reemplaza el concepto de final de vida con la restauración, cambia hacia el uso de la energía renovable, elimina el uso de químicos tóxicos que impiden el reciclaje y la devolución a la biósfera, y busca la eliminación del residuo a través de un diseño superior de los materiales, productos, sistemas y modelos de negocio. Una economía de esa naturaleza se basa en tres principios básicos:

- Diseñar para que no se produzca desperdicio y contaminación.
- Mantener los productos y materiales en uso, y
- Regenerar los sistemas naturales.

La economía circular es un modelo económico relacionado con la sostenibilidad y cuyo objetivo es que el valor de recursos, materiales y productos utilizados se mantenga en la economía el mayor tiempo posible, minimizando la generación de residuos.

¿Qué es la economía circular del agua ?

La economía circular del agua consiste en que las aguas residuales son y deben considerarse un recurso valioso a partir del cual pueden extraerse energía y nutrientes, así como ser una fuente adicional de agua.

El objetivo de la economía circular es mejorar la eficiencia del uso del agua. Así, el concepto de economía circular del agua se refiere a la posibilidad de volver a utilizar el agua una, otra y otra vez, como sucede en su ciclo natural. La reutilización del agua permite minimizar el consumo, utilizándola en distintos usos como el riego, limpieza, entre otros, y utilizar los residuos biosólidos en la generación de energía, como fertilizantes, entre otros.

Una de las mayores ventajas de adoptar los principios de una economía circular en el procesamiento del agua residual es que la recuperación y

reciclaje del recurso podría transformar el saneamiento de ser un servicio costoso a ser un sistema autosostenible que añade valor.

Sin embargo, en la mayoría de las ciudades (caso de la Zona Metropolitana de Guadalajara, ZMG), los servicios de saneamiento y tratamiento de aguas residuales todavía se piensan y planifican de manera lineal. Es más, con mucha frecuencia, el suministro de agua se planifica primero, los sistemas de alcantarillado se planifican después y los insumos de energía para ambos se consideran en ocasiones únicamente una vez que los sistemas han sido diseñados y construidos. A fin de cambiar la manera en que las instituciones abordan las aguas residuales, se necesita un cambio de paradigma en la región.

Las aguas residuales no deberían ser vistas como una carga para los gobiernos y la sociedad, sino como una oportunidad económica que puede convertirse en un recurso valioso.

¿Cómo aplicar la economía circular del agua?

Las aguas residuales (AR) pueden tratarse hasta lograr diversas calidades para satisfacer la demanda de diferentes sectores (industria y la agricultura). Pueden emplearse para mantener el flujo ambiental, e incluso pueden reutilizarse como agua potable. El reúso del AR es una solución al problema de la escasez mundial de agua, liberando recursos de agua (Figura 1).

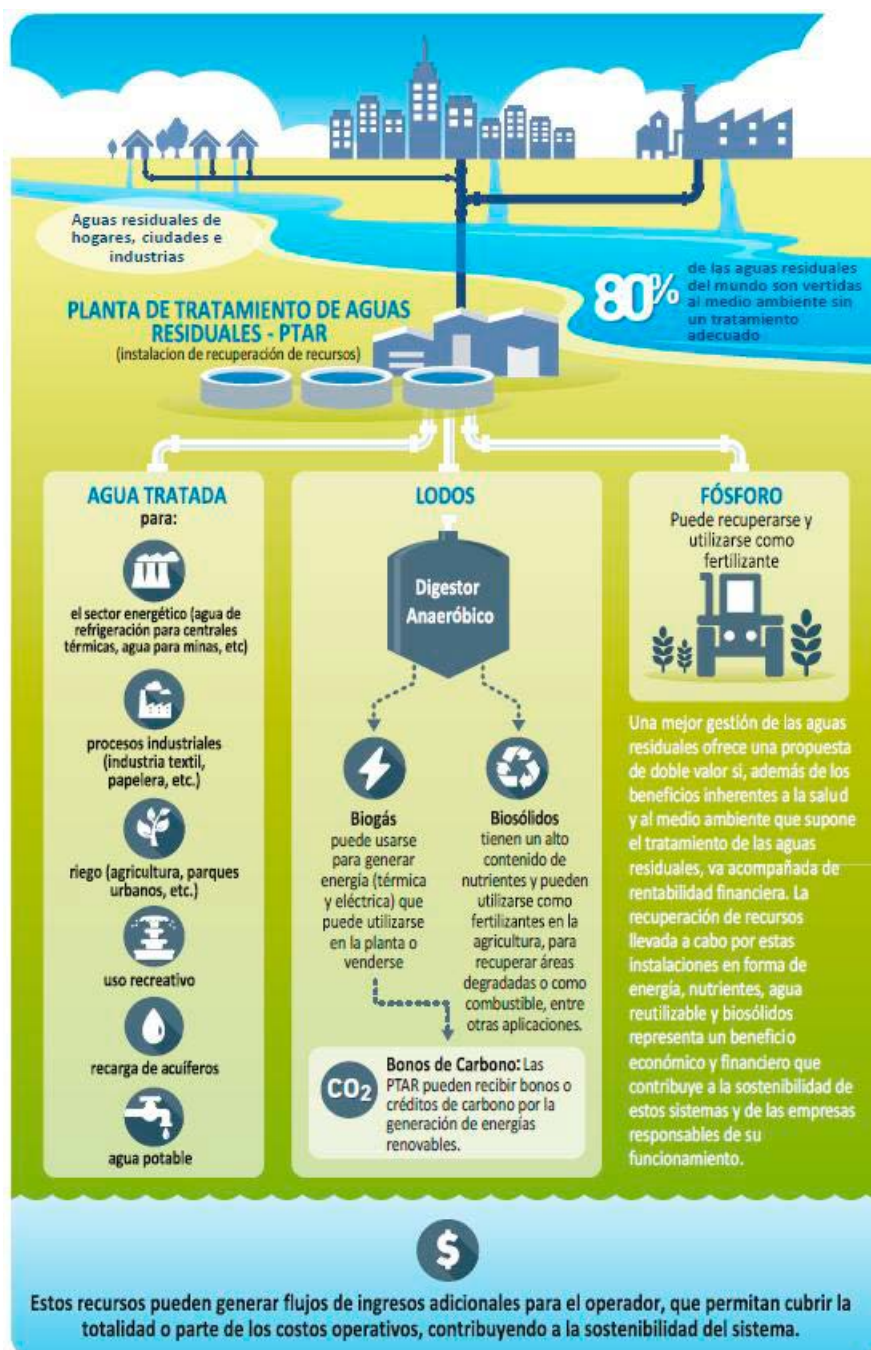
Los productos secundarios del tratamiento de AR pueden convertirse en valiosos para la agricultura y generación de energía, haciendo que las PTAR sean sostenibles ambiental y financieramente (Figura 1).

Una mejor gestión de las aguas residuales ofrece una propuesta de doble valor: además de los beneficios ambientales y para la salud que ofrece el tratamiento de las aguas residuales, es posible lograr flujos financieros que cubran parcial o totalmente los costos de operación y mantenimiento. La recuperación de recursos de aguas residuales en forma de energía, agua, biosólidos y otros recursos (como nutrientes y microplásticos) representa un beneficio económico y financiero que contribuye a la sostenibilidad de estos sistemas y las empresas de agua que los manejan.

Como ya se ha documentado, las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden:

- Vender el agua tratada para reutilizarse en la industria y potencialmente cubrir todos los costos de operación y mantenimiento, como en el caso de San Luis Potosí, México; Durban, Sudáfrica; y Aquapolo, Brasil (WWD 2011).
- Generar energía para venderla o para autoconsumo, ahorrando costos de energía, como en el caso de Atotonilco, México (Banco Mundial 2018); Santiago, Chile (Banco Mundial, 2019a); EBMUD en los Estados Unidos; y Ridgewood, en los Estados Unidos.
- Deshacerse de los biosólidos sin costo, como en el caso de Cusco, Perú; y Brasilia, Brasil.
- Vender el fósforo recuperado como fertilizante, como en el caso de Chicago, en los Estados Unidos (ASCE 2013).
- Cubrir los costos de capital y de operación, como en el caso de Cerro Verde, Perú.

Figura 1. Recuperación de recursos en plantas de tratamiento de aguas residuales



El ahorro de costos (además de las consideraciones ambientales) es una de las principales razones para considerar la recuperación de los recursos y para incorporar los principios de una economía circular en las plantas de tratamiento del agua residual en México y en particular en la ZMG. El desafío sigue siendo escalar las experiencias y los proyectos exitosos.

Con frecuencia, el sector privado es renuente a invertir en el sector de saneamiento por el poco rendimiento sobre la inversión y los elevados riesgos. Promover estos nuevos modelos de negocio con flujos adicionales de ingresos a la vez atraería al sector privado para cerrar la brecha de financiamiento.

Existe la necesidad de un entorno habilitador de estos modelos y que permita la inversión privada en infraestructura al unísono con mayor eficiencia en el financiamiento público para mejorar la sostenibilidad de los servicios, particularmente en los países en desarrollo.

Este nuevo enfoque también es necesario para alcanzar los ODS, que añaden una nueva dimensión a los desafíos del sector, al considerar la sostenibilidad. Los ODS se enfocan no solo en la provisión de servicios de saneamiento, sino también en mejorar la calidad del agua, poner en práctica la gestión integrada de los recursos hídricos, mejorar la eficiencia del uso del agua en los diversos sectores, reducir el número de personas que sufren escasez de agua y restaurar los ecosistemas acuáticos, entre otros objetivos pertinentes.

Por tanto, el tratamiento y manejo sostenible de las aguas residuales será crucial para lograr el ODS 6, y además también puede contribuir a cumplir varias otras metas. Por ejemplo, la generación de electricidad en las plantas de tratamiento de aguas residuales usando el biogás producido, puede contribuir hacia el ODS 7 (relacionado con la energía) y el ODS 13 (de acción por el clima); tratar las aguas residuales y restaurar las cuencas hidrográficas también contribuye al ODS 3 (salud y bienestar), al ODS 11 (ciudades sostenibles), y al ODS 14 (vida submarina), entre otros.

Economía circular del agua en la ZMG

En el caso particular de la Zona Metropolitana de Guadalajara, poco se ha hecho en el tema de la economía circular del agua. Muchos académicos y organizaciones no gubernamentales han propuesto diversos mecanismos

de economía circular del agua; sin embargo, estas no se han concretado por falta de voluntad política, tanto de los gobiernos en turno como de los industriales, que son los que más consumen, contaminan y poco tratamiento le dan a sus aguas una vez utilizadas. Los casos conocidos de economía circular del agua en la ZMG se reducen a:

1. La línea morada: En diciembre de 2023, el Gobierno del estado de Jalisco, en conjunto con industriales de El Salto, incluye obras como la ampliación de la PTAR El Ahogado, que fortalecerán el ciclo del agua para que la ciudad recupere 2 mil 600 l/s provenientes del reúso. Se invirtieron 16 mil mdp para realizar obras de potabilización, saneamiento, reúso, distribución y abastecimiento de agua. Sin embargo, no está claro su funcionamiento y a qué empresas provee la Línea Morada (Figura 2).

Figura 2. Línea morada instalada en 2023 entre el Gobierno del estado de Jalisco en conjunto con industriales de El Salto



2. Nidos de lluvia: Es el programa del Gobierno de Jalisco que busca implementar un nuevo modelo de abastecimiento, almacenamiento y uso del agua en las colonias y localidades con mayor vulnerabilidad hídrica del Estado, apostando por una sana relación con el agua, sus ciclos y las disponibilidades naturales. El sistema consiste en la conexión del techo de la vivienda para canalizar el agua de lluvia hacia un almacenaje y, mediante una serie de componentes, limpiar el agua

para obtener una fuente de abastecimiento de agua de buena calidad y potable. Con esta agua se pueden realizar actividades domésticas como lavar ropa, trastes, bañarse y cualquier necesidad del hogar (Figura 3).

3. Empresas que reciclan sus aguas tratadas: Algunas empresas que tienen sus plantas de tratamiento de aguas, reciclan sus aguas en el mismo proceso o en usos de riego y sanitarios (Figura 4).
4. Hogares: Que reciclan el agua de las lavadoras, el agua fría de la ducha, lavado de alimentos entre otros (Figura 5).

Figura 3. Nidos de lluvia instalados por el Gobierno del Estado de Jalisco en algunas colonias populares de la ZMG.

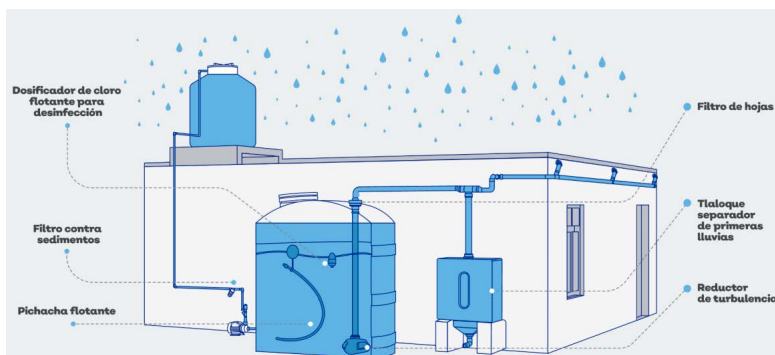


Figura 4. Empresas particulares que reciclan sus aguas tratadas y las utilizan para uso de sanitarios y riego.



Figura 5. Algunos hogares de la ZMG reciclando sus aguas de lavado, de agua fría de regadera y de lavado de frutas y vegetales.



¿Existen otras alternativas de economía circular del agua?

Actualmente existen otras alternativas más que pudieran aplicarse a la ZMG dentro de la economía circular del agua. Podríamos pensar en una empresa (estatal o particular) de agua del futuro que aspira a operar eficientemente y a recuperar todos los recursos del agua residual y a ser sostenible a largo plazo. La empresa de agua del futuro opera según los principios de una economía circular y reconoce el valor real del agua residual como recurso: aspira a ser neutra desde el punto de vista de uso de energía eléctrica o incluso puede ser productora de energía, pone en práctica el uso beneficioso de los biosólidos y reutiliza el agua residual tratada. De manera ideal, todos estos elementos proporcionan un flujo adicional de ingresos o ayudan a cubrir los costos de operación y mantenimiento, con lo que la empresa es sostenible tanto ambientalmente como financieramente. Por lo tanto, la empresa del futuro no maneja plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), sino plantas para la recuperación del recurso agua (PRRA). La empresa de agua del futuro también maneja eficientemente su infraestructura a la vez que protege el medio ambiente y la salud de la población.

El primer requisito para pasar a una economía circular y ejecutar la reutilización y recuperación de recursos en instalaciones de tratamiento es asegurar que las instalaciones se gestionan de manera efectiva y eficiente. La gestión efectiva y eficiente empieza con una planificación y un diseño inteligente. Cuando las instalaciones de tratamiento se planifican con la recuperación de recursos y la sostenibilidad en mente, el camino hacia una economía circular queda allanado.

Además de la reutilización del agua para irrigación, en la Tabla 1 se enumeran las maneras de utilizar el agua residual tratada. Los ejemplos aumentan cada año, particularmente en regiones que experimentan escasez de agua. Sin embargo, la mayor parte del agua tratada sigue descargándose en el cuerpo de agua más próximo. En lugar de descargarla, el agua residual puede tratarse hasta lograr diferentes calidades y puede adaptarse a los requisitos de cada consumidor: irrigación de cultivos o campos, recarga de agua subterránea, agua para enfriamiento o agua para procesos industriales, agua potable, etc. Idealmente, el usuario final pagaría una cuota por el agua residual tratada, con lo que se crearía un flujo adicional de ingresos para la empresa, que podría ayudar a cubrir los costos de operación y mantenimiento.

Al mismo tiempo de la comercialización del agua tratada, se pueden obtener recursos mediante el establecimiento de proyectos de recuperación de recursos; pueden aprovechar los flujos adicionales de ingresos o ahorros en costos (Figura 6) para reducir el riesgo financiero de los proyectos de infraestructura, mejorar la tasa de rendimiento y crear un entorno más atractivo para el sector privado. Estos ingresos no dependen únicamente de las tarifas del sector público, sino del mercado para los productos secundarios que se generan durante el proceso de tratamiento de las aguas residuales.

Tabla 1. Potencial de reutilización de las aguas residuales

Agricultura	Recreación	Industria	Medio ambiente
Cultivos de alimentos.	Aplicación de agua para paisajismo.	Lavar/limpiar (alimentos, bebidas).	Recarga de agua subterránea.
Cultivos de alimentos con irrigación por goteo.	Lagos para navegación.	Enfriamiento (generación de energía, papel y textiles).	Incremento del flujo.
Cultivos no alimenticios.	Lagos para nadar.	Agua para procesos, agua para calderas (todas las industrias).	Mejoramiento de la aridez.
Agua para que beba el ganado.	Para fabricar nieve.		

Fuente: USEPA 2012.

¿Existen casos de éxito de la economía circular del agua?

En el mundo se han desarrollado infinidad de proyectos para la aplicación de la economía circular del agua, aunque es verdad que no todos han funcionado, hay muchos casos de éxito que están operando actualmente y que proporcionan todos los beneficios de la economía circular, permitiendo una mejor gestión del recurso agua desde el punto de vista ambiental, sin dejar de lado el lado económico de operación y mantenimiento y generando recursos por la comercialización de agua tratada, como de productos secundarios del proceso de PRRA. En la Tabla 2 se exponen algunos de los mas significativos a nivel mundial y que podrían servir de referencia para establecerlos en la ZMG.

Figura 6. Flujos potenciales de ingresos y ahorros de las plantas de tratamiento para la recuperación de recursos.



Tabla 2. Casos de éxito de proyectos de la Economía Circular del Agua en el mundo

Caso	Modelo de economía circular	Estructura del contrato	Estructura financiera	Factores facilitadores
Bolivia: Santa Cruz de la Sierra	Compra de reducciones de emisiones certificadas (REC) de captura de gas metano. Electricidad para autoconsumo.	Contrato de compra de reducción de emisiones para captura de biogás. Primer contrato de este tipo para países de renta baja.	Banco Mundial a financiar los REC pero se retiró por cambio en la legislación.	Regulatorios: El proyecto no se ejecutó por limitaciones regulatorias en el sector de la energía. Técnicos: Tecnología de captura de metano adaptada a lagunas anaeróbicas.
Egipto: Cairo, New Cairo	Agua tratada reutilizada para agricultura. Biosólidos empleados como fertilizantes.	Primera alianza público-privada (APP) en Egipto Diseño, construcción, financiamiento, operación, transferencia; 20 años.	71% de financiamiento público. 21% de financiamiento sin recurso. 8% de capital.	Institucionales: Fuerte liderazgo del gobierno central (creación de una unidad centralizada de APP). Regulatorios: El completo potencial del proyecto no se ha realizado debido a marcos regulatorios ambiguos o inexistentes. Tanto la venta de créditos de carbono como el uso de la electricidad generada se han estancado. Técnicos: Fuerte apoyo y asesoría técnica externa (Servicio de Asesoría para Infraestructura pública-privada, PPIAF en inglés).
México: San Luis Potosí	Agua residual tratada para la industria (para el enfriamiento de la central eléctrica), agricultura (riego de 500 hectáreas), y conservación ambiental (mejora de los humedales) como parte del plan integral de saneamiento y reutilización del agua residual.	Construcción, propiedad, operación, transferencia (BOOT en inglés); 20 años. Convenio de compra revolvente con la Comisión Federal de Electricidad (CFE).	40% de subvención del gobierno con fondos de FINFRA . 36% de préstamo de Banobras; periodo de vencimiento a 18 años. 4% capital de empresa con capital de riesgo. Garantía de gobierno federal.	Institucionales: Fuerte liderazgo de las autoridades del agua federales y estatales. Colaboración transversal con la CFE. Regulatorios: El alto precio local para la industria para el uso del agua del acuífero promovió el uso del agua tratada. Claridad del mecanismo de pago y de los riesgos. Técnicos: Escasez del recurso agua, múltiples niveles de calidad del agua residual tratada adaptados para cada usuario final.
México: Atotonilco de Tula	Agua residual tratada reutilizada para agricultura (irrigación Valle Mezquital). Autogeneración de energía con biogás para cubrir alrededor del 60% de las necesidades de energía. Biosólidos empleados como fertilizante y mejoramiento del suelo.	Diseñar, construir, poseer, operar, transferir (DBOOT en inglés); 25 años.	49% subvención gubernamental del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN). 20% de capital del consorcio socio. 31% de financiamiento comercial.	Institucionales: Robusta propiedad de instituciones gestoras de recursos de agua con experiencia. Robusta experiencia de agencia de financiamiento publico. Regulatorios: Reglamentos claros permitieron la reutilización del agua y los biosólidos. Técnicos: Múltiples niveles de calidad del agua residual tratada a la medida de diferentes usos, el Programa de Tecnología para el Tratamiento del Agua adaptado a las temporadas secas.

Caso	Modelo de economía circular	Estructura del contrato	Estructura financiera	Factores facilitadores
Estados Unidos: Ridgewood	Neutralidad energética en la planta por medio del uso del biogás (con co-digestión).	Contrato de compra de energía de 20 años con empresa municipal.	4 millones en financiamiento privado (Ridgewood Green). Certificados de energía renovable.	Institucionales: Fuerte apoyo público y compromiso de la municipalidad. Técnicos: Se empleó innovación para actualizar la infraestructura existente.
Brasil: PRODES	Subvenciones de financiamiento basadas en resultados, atadas a estrictas normas de gestión y ambientales que promueven la eficiencia del recurso. Financiamiento vinculado a la existencia de comités de cuencas que promuevan un método de planificación de cuencas.	No se promueve una estructura de contratación en particular.	Financiamiento basado en resultados.	Institucionales: Fuerte apoyo del Ministerio de Finanzas y la Agencia Nacional del Agua (ANA). Regulatorios: Estricta conexión entre resultados y ayuda financiera Técnicos: Fuerte apoyo técnico de ANA durante el proceso de certificación.
Sudáfrica: Durban	Agua residual tratada vendida para propósitos industriales: Modi (industria de papel) y SAPREF (refinería).	Contrato de Construcción, propiedad, operación, transferencia (BOOT en inglés) a 20 años.	47% de préstamo del Banco de Sudáfrica. 20% de capital. 33% de préstamo comercial.	Institucionales: Fuertes mecanismos de coordinación apoyados por el gobierno local. Técnicos: Cercanía de los usuarios finales del agua residual tratada. Innovaciones tecnológicas para actualizar la planta existente.
Caso	Modelo de economía circular	Estructura del contrato	Estructura financiera	Factores facilitadores
Chile: Santiago, La Fafana	Generación y venta de biogás a un usuario final.	Empresa conjunta + Contrato de acuerdo de compra de biogás (6 años renovables).	Instrumentos de financiamiento empresarial combinado (bonos verdes/deuda). Posibilidad de vender certificados de energía renovable.	Fuerte propiedad de grupos de interés y socios financieramente sólidos. Técnicos: Proximidad a la planta de gas ciudad. Innovaciones tecnológicas para actualizar la planta existente. Regulatorios: Mercado regulado del gas permite el uso del gas para la producción de gas ciudad. Regulación del agua que promueve la innovación: concede un período de cinco años de gracia durante los que las empresas pueden conservar las utilidades obtenidas de una innovación antes de ser obligados a trasladarlas a los consumidores por medio de reducción de tarifas.
Perú: Arequipa, Cerro Verde	Reutilización del agua residual tratada para la industria minera.	Contrato APP de Construcción, propiedad, operación, transferencia (BOOT en inglés) a 29 años adjudicado al usuario final.	100% financiado por el usuario final (empresa minera privada) (ate mining company).	Institucionales: Legislación integral para APP, fuerte apoyo de gobierno local y federal. Técnicos: Socio privado asegura que se eligiera la mejor tecnología para las condiciones locales. Institucionales: Fuerte apoyo del gobierno regional y federal. Escasez de agua: el costo de aprovechar la fuente de agua más cercana era elevado.

¿Porque la economía circular del agua no se ha desarrollado en Mexico y ZMG?

Desafortunadamente, en México y en particular en la Zona Metropolitana de Guadalajara, se han presentado muchos obstáculos institucionales, económicos, regulatorios, sociales y tecnológicos, que tendrán que superarse para lograr el cambio necesario de paradigma para poder implementar exitosamente proyectos de economía circular del agua. Entre estos obstáculos se encuentran:

Obstáculos institucionales:

1. La brecha en el conocimiento y la falta de voluntad política conservan el statu quo.
2. Existe falta de coordinación entre instituciones, legislación y sectores.

Obstáculos económicos:

1. El agua está subvalorada.
2. Se recalca demasiado la promoción y el financiamiento de nueva infraestructura.
3. Las plantas de tratamiento de aguas residuales dependen de financiamiento convencional (es decir, público) y no se aprovechan de las condiciones del mercado ni de incentivos para mejorar la sostenibilidad.

Obstáculos regulatorios:

1. Los marcos regulatorios en vigor con frecuencia son demasiado restrictivos o incongruentes.
2. El control de las descargas industriales es inadecuado
3. Faltan marcos regulatorios y de directrices para la reutilización del agua, para el uso beneficioso de los biosólidos y para la generación de energía en las plantas de tratamiento de aguas residuales.
4. No hay incentivos para la reutilización del agua residual y la recuperación de los recursos, o si existen son insuficientes.

Obstáculos sociales:

1. Las percepciones negativas sobre el agua regenerada y de los productos provenientes del agua residual no se han contrarrestado de manera adecuada.

2. Existe falta de coordinación entre instituciones, legislación y sectores.

Obstáculos tecnológicos:

1. Los criterios de selección de la tecnología están sesgados hacia tecnologías costosas sin considerar qué posibilidades son más idóneas para las condiciones locales.

Así, de acuerdo ante lo anteriormente expuesto, las oportunidades para implementar proyectos de economía circular del agua en la ZMG son amplias de aquí al futuro; sin embargo, es necesario romper con el status quo y convencer a los gobiernos y particulares de cambiar el paradigma de PTAR a PRRA, promoviendo las bondades económicas, políticas, sociales y ambientales de dichos proyectos.

Conclusión

En México y la ZMG sigue existiendo la concepción tradicional de una economía lineal del agua con un modelo de producción de “hacer, usar y descartar”: Es necesario un cambio de paradigma en el que se reconozca la propuesta de valor de las aguas residuales en una economía circular. Cuando se dé este cambio, se podrá desarrollar la economía circular del agua, para tratar de tener un ciclo del agua sano, sustentable y, asimismo, generar ingresos. En resumen, pasar de tener la visión de que las “aguas residuales son un residuo” y empezar a verlas como un recurso.

Referencias

- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2013). “Chicago to Add Nutrient Recovery to Largest Plant.” *Civil Engineering*, November 5. <https://www.asce.org/magazine/20131105-chicago-to-add-nutrient-recoveryto-largest-plant/>.
- Banco Mundial y Banco de Desarrollo para América Latina (CAF). (2018). *Agua Residual: de desecho a recurso—Cambiano paradigmas en América Latina y el Caribe*. <http://pubdocs.worldbank.org/en/569441545316362225/FINAL-AGENDA-BancoMundialAgua-Residual-SPA.pdf>.

- Banco Mundial. (2019). *Wastewater: From Waste to Resource-The Case of Santiago, Chile*. Banco Mundial, Washington, DC.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/284951573498126244/pdf/WastewaterFromWaste-to-Resource-The-Case-of-Santiago-Chile.pdf>.
- Panel de alto nivel en materia de agua (HLPW). (2018). *Making Every Drop Count. An Agenda for Water ACCIÓN: High- Level Panel on Water Outcome Document*. 14 de marzo de 2018. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/17825HLPW_Outcome.pdf.
- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO.
- Water and Wastes Digest (WWD). (2011). Brilliant Water Reuse in Brazil. *Revista de WWD* (en línea), September 12. <https://www.wwdmag.com/water-recycling-reuse/brilliant-water-reuse-brazi>

