

EL PARADIGMA DE LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS TRATADAS EN PANAMÁ: UNA ALTERNATIVA CLAVE PARA LAS CIUDADES SOSTENIBLES

THE PARADIGM OF THE REUSE OF TREATED WATER IN PANAMA: A KEY ALTERNATIVE FOR SUSTAINABLE CITIES.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8133351>

AUTORES: Tomás Díaz-Ríos ¹

Dirección para correspondencia: tdiaz@umip.ac.pa

Fecha de recepción: 17 / 05 / 2023

Fecha de aceptación: 14 / 06 / 2023

Fecha de publicación: 30 / 06 / 2023

RESUMEN

La ciudad de Panamá comprende la región Metropolitana y los distritos de Panamá y San Miguelito. Por varios años, el consumo de agua se devolvía a través de los medios naturales. El propósito es presentar una alternativa clave para reutilizar las aguas tratadas para usos no convencionales. La metodología es de tipo descriptiva-documental, con el objetivo de medir y analizar los datos e información, mediante el uso de las técnicas, como la observación y los registros-análisis estadísticos obtenidos del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales, el Programa de Saneamiento de la Bahía de Panamá y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, y el Instituto Nacional de Estadística y Censo. El crecimiento de la población y el cambio climático hacen que disminuya la disponibilidad de los recursos hídricos. Se pretende aplicar la circularidad del agua como ruta obligatoria, estable y sostenible.

PALABRAS CLAVE: crecimiento urbano, desarrollo sustentable, medioambiente

¹ Profesor de Geografía Marítima de la Universidad Marítima Internacional de Panamá. Agradecimiento a la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SENACYT) de Panamá por el apoyo a la financiación de este proyecto; al Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAAN), al Programa de Saneamiento de Panamá (PSP) y el Instituto de Estadística y Censo (INEC) de la Contraloría General de la República de Panamá por compartir los datos y estadísticas para esta investigación.

ABSTRACT

Panama City comprises the Metropolitan region and the districts of Panama and San Miguelito. For several years, the consumption of water was returned through natural means. The purpose is to present a key alternative to reuse treated water for non-conventional uses. The methodology is of a descriptive-documentary type, with the objective of measuring and analyzing data and information, through the use of techniques, such as observation and statistical records-analysis obtained from the Institute of National Aqueducts and Sewers, the Sanitation Program of the Bay of Panama and the Wastewater Treatment Plant, and the National Institute of Statistics and Census. Population growth and climate change reduce the availability of water resources. It is intended to apply the circularity of water as a mandatory, stable and sustainable route.

KEYWORDS: urban growth, sustainable development, environment

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Panamá es la capital de la República de Panamá; es la más grande y poblada de ese país centroamericano (Barra 2014); forma parte de la provincia de Panamá y es cabecera del distrito de Panamá. La urbe capitalina es una ciudad moderna con aproximadamente de 430,299 habitantes y crece sin planificación y ordenamiento territorial con una urbanización difusa, que toma forma de una dispersión cada vez más lejana y discontinua (Michel y Ribardiére, 2017). El crecimiento poblacional se ha dado de manera acelerado en los últimos años (Candanedo y Villarreal, 2020). La concentración urbana ha ocasionado externalidades negativas, que adicionalmente provoca un incremento de la demanda del recurso hídrico (Chamba-Ontaneda et al., 2019). El objetivo es promover ciudades inteligentes y sostenibles destacando el uso eficiente del agua; destacando que si bien las ciudades son una fuente importante de los problemas medioambientales también se reconoce que en ellas es donde se pueden generar las soluciones (Alvarado, 2018).

A partir del 2013 la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) localizada en el corregimiento de Juan Díaz, al sur del Corredor Sur y al oeste de la desembocadura del río Juan Díaz. Esta planta de tratamiento tiene el propósito de mejorar la calidad de vida de la población, el medio ambiente y las condiciones sanitarias de la Ciudad de Panamá (Soto y Saavedra, 2015). Esta investigación, responde a la importancia de incorporar las aguas regeneradas procedentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) a la gestión integral de los recursos hídricos en Panamá. La demanda creciente de este recurso nos lleva a la situación de tener que generar incrementos de la oferta mediante vías no convencionales (Montaño, 2019), a fin de resolver el problema de suministro para otros usos que no requiere calidad de agua potable. Se propone cerrar el círculo virtuoso con el reúso de las aguas tratadas, se logrará aplicar el modelo de la circularidad del agua como una nueva manera de consumo y protección del agua de manera sostenible en la sociedad.

Como contrapartida, a medida que aumenta la población, disminuye la disponibilidad y capacidad de conciliar la demanda de los recursos hídricos de la sociedad (Díaz-Ríos, 2021). Panamá uno de los países con mayor consumo directo de agua; 507 litros por habitante por día, más de dos veces y media el promedio mundial, siendo el cuarto país del mundo con mayor consumo humano de agua per cápita y el primero de América Latina (Garcimartín et al., 2020). La escasez de recursos hídricos, junto con el crecimiento de población y los patrones de consumo, piden a gritos un cambio en el modelo lineal actual (Arroyo, 2018).

Este patrón, está sustentado en la mayor parte de las economías de los países, incluyendo a Panamá (Díaz, 2020); como modelo lineal: extraer, fabricar, consumir y tirar, dejando atrás una huella hídrica insostenible; adoptar nuevos procesos y tecnologías unitarias para el tratamiento de aguas residuales (Chávez-Vera, 2017). Por lo tanto, la provisión de agua para la población es un tema de interés en nuestros días.

La reutilización del agua, la segunda vida del agua es esencial en entornos de escasez hídrica, como fuente de abastecimiento (Martínez, 2017). Por esta razón, es fundamental diseñar

plantas de tratamientos capaces de satisfacer las restricciones ambientales cada vez más exigentes, al menor coste (Vilanova, et al., 2017), y aprovechar al máximo el reúso de las aguas tratadas.

Mientras tanto, el hombre intenta a través de la aplicación de la ciencia y la práctica, mejorar la gestión del agua para el consumo sostenible. La Fundación Ellen Macarthur, establece las bases hacia la ruta de la economía circular; conservar y mejorar el capital natural; optimizar los rendimientos de los recursos (Fernández-César, et al., 2020). El paradigma de la economía circular se presenta como la alternativa a este modelo lineal (Acosta-Pérez, et al., 2020). Se busca establecer la circularidad del agua como modelo de gestión sostenible para Panamá; está centrada en el crecimiento económico, dando importancia a la sostenibilidad y desarrollo ambiental (Ortiz-Palomino y Fernández, 2021) y tiene un encaje fácil en las fases del ciclo integral del agua, por lo que su adopción lejos de ser forzada es conveniente y se ajusta perfectamente a un negocio circular (Cordero, 2019). Sin embargo, la economía circular del agua está representada de manera implícita en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6.

El Instituto de Acueducto y Alcantarillado Nacionales (IDAAN) proporcionará las estadísticas de consumo de agua potable y el Programa Saneamiento de Panamá los datos de las aguas tratadas procedentes de los distritos de Panamá y San Miguelito. Adicional, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC) de la Contraloría General de la República de Panamá suministrará las estadísticas de las viviendas sin agua en la provincia de Panamá.

La utilización de las aguas regeneradas se ha convertido en una opción estratégica para el aumento de la oferta de los recursos hídricos (Aznar-Crespo, et al., 2019); es decir, una segunda vida a las aguas tratadas, y se propone que sean incluidas en la gestión integral de los recursos hídricos. El concepto de manejo integral del recurso hídrico implica la gestión eficaz basada en el ahorro y la reserva. El paradigma de la circularidad del agua conduce a la ciudad de Panamá en la dirección obligatoria hacia la sostenibilidad ambiental, sustituyendo

las aguas regeneradas para usos no convencionales, sin comprometer las fuentes de agua dulce.

DESARROLLO

La idea de la circularidad del agua está basada en replicar de las experiencias como la de Israel, que ocupa el primer lugar en cuanto a la reutilización de las aguas residuales en el mundo, con casi 75% del total de los recursos residuales, seguido de España y Estados Unidos, que reciclan 12% y 6% respectivamente (Díaz, 2020). Se observó que las descargas de las aguas regeneradas de PTAR no cuentan con usos prácticos, y son vertidas y liberadas al río Juan Díaz. Las plantas de tratamiento de aguas residuales juegan un papel fundamental en el ciclo del agua (Duque-Sarango, et al., 2018), para que las aguas tratadas tengan una segunda vida en usos no convencionales, con un enfoque de consumo y producción sostenible para la sociedad; no cabe duda de que las ventajas de adoptar modelos circulares, aplicando la innovación tecnología en la reducción, reciclado y reutilización del agua, ayudará a las soluciones del recurso hídrico (Díaz, 2020); en preservar las fuentes subterráneas y superficiales, reutilizando las aguas tratadas para usos no convencionales.

La circularidad del agua tiene como objetivo transversal a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 y 11; y encaja en las fases del ciclo hidrológico para brindar la eficiencia energética de manera sostenible. Los ODS plantean respuestas sistémicas a una visión global e interrelacionada del desarrollo sostenible que afronta cuestiones tan importantes como la desigualdad y la pobreza extrema (Gómez, 2018). La idea del reúso de las aguas tratadas en la ciudad de Panamá y San Miguelito surge como una estrategia de ahorro y el reúso de estas aguas a la gestión integral de los recursos hídricos de Panamá.

METODOLOGÍA

Esta investigación se enmarca en tipo de investigación descriptiva-documental, correlacional enmarcada bajo el paradigma mixto, es decir, que entrelaza lo cuantitativo y cualitativo con el propósito de poder medir y analizar los datos e información, mediante el uso de las

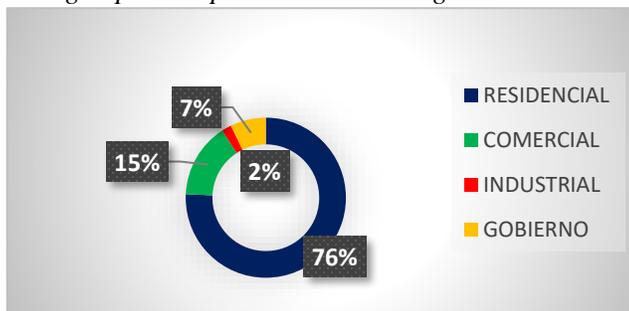
técnicas, como la observación y los registros-análisis estadísticos suministrados por el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN); y el Programa de Saneamiento de la Bahía de Panamá y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), y el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) de la República de Panamá. Este estudio está delimitado en el distrito de Panamá con el propósito de establecer el nuevo paradigma de la reutilización de las aguas tratadas en Panamá, como alternativa clave para las ciudades sostenibles.

Se pretende proponer una iniciativa legislativa para incorporar las aguas regeneradas procedentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales a la gestión integral de los recursos hídricos; fundamentada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

RESULTADOS

La ciudad de Panamá es la segunda mayor urbe metropolitana de América Central, con aproximadamente 430,299 habitantes. Se observa que tiene un alto nivel de consumo directo de agua por parte del sector residencial (Figura 1). Sin embargo, los recursos hídricos se agotan a causa del crecimiento de la población y el cambio climático. Se identifican deficiencias en la calidad de la prestación de los servicios, organización, ausencia de planificación e insuficiente inversión que puedan garantizar, a medio y largo plazo, el sostenimiento de las coberturas de los servicios de agua (López 2021), por parte del administrador Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN).

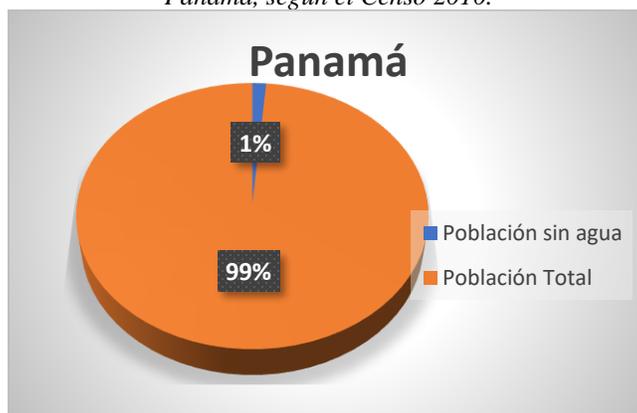
Figura 1. Consumo de agua potable por cliente en la región de Panamá Metro, año: 2021.



Fuente: Adaptación de datos de la Dirección de Planificación del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales.

En la Figura 1 se observa que el sector residencial es el mayor consumo de agua registra con un 76%; es decir, un elevado consumo directo por parte de los habitantes de la ciudad. Con un 15% el sector comercial; un 7% el sector gubernamental; y por último, un 2% el sector industrial. Se observa que, un pequeño grupo de habitantes en la provincia de Panamá, no cuentan con agua de manera continua (Figura 2).

Figura 2. Características de las viviendas particulares ocupadas de población sin agua en la provincia de Panamá, según el Censo 2010.

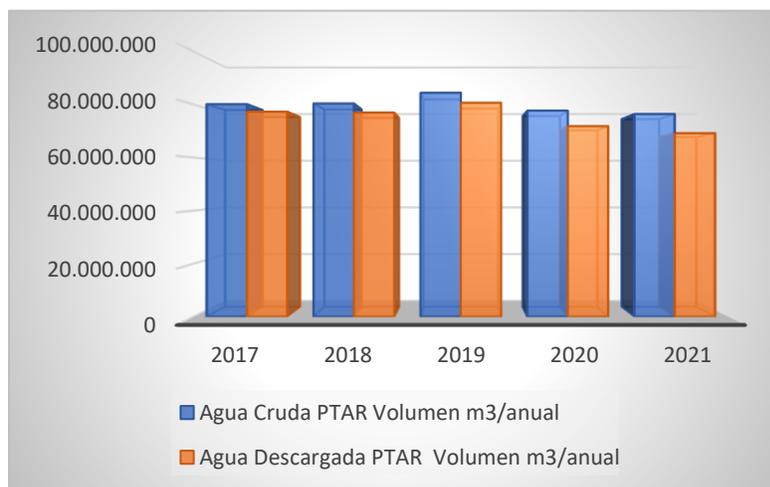


Fuente: Adaptación de los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo de la Contraloría de la República de Panamá.

En la Figura 2 se observa que un 1% de la población no cuenta con agua en la provincia de Panamá según el último Censo del 2010. Esta brecha aumenta sobre todo en las zonas periurbanas de la capital Metropolitana donde son más extensas la huella poblacional. A medida que aumenta la población, se hace más difícil mejorar la eficiencia en la distribución del agua y reducir el impacto del cambio climático.

Se evidenció que las aguas tratadas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) son vertidas al río Juan Díaz sin contar con alguna utilidad (Figura 3). Estas aguas desechadas en residuos son transformadas en aguas regeneradas. El crecimiento de la población y la urbanización hace que aumente la producción y servicio con el consumo de agua dulce (agua potable) en los últimos años.

Figura 3. Volumen de agua cruda vs agua descargada por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, años: 2017-2021



Fuente: Adaptación de los datos del Programa de Saneamiento de Panamá.

La Figura 3 evidencia que siempre el volumen de entrada de las aguas crudas es superior a las aguas descargadas. Durante el tratamiento de las aguas servidas se recupera aproximadamente el 97%. El 2019 fue el año que más agua cruda se recibió en la PTAR con un total de 84,421,221 m³ y se descargaron, casi 80,630,964 m³, sin ningún tipo de uso al río Juan Díaz. La reutilización reduce la demanda sobre los manantiales debido a la sustitución del agua potable por agua de menor calidad (Da Silva y Pasold, 2019), para disminuir el consumo neto de agua potable.

Se observa que las aguas descargadas y regeneradas vertidas al río Juan Díaz puedan reemplazar el agua potable en usos no convencionales. Este principio está basado en asegurar, conservar, reducir y ahorrar el agua potable que proviene de los cuerpos hídricos localizados en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, como un recurso alternativo a disposición en usos diversos que no requiere calidad del agua. La cuestión del agua en Panamá evidencia la necesidad de aplicar la llamada circularidad del agua, siguiendo los principios de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

DISCUSIÓN

Se logró identificar en esta investigación, puntos críticos como el agua, mitigación del cambio climático, planificación y ordenamiento territorial, que inciden en la cobertura de agua potable en la ciudad de Panamá y el periurbano. Se evidenció, a través de las estadísticas del consumo de agua potable en la región Metropolitana, que existe un sobreconsumo de agua por parte de la población (Figura 1); los conflictos por los recursos hídricos han aumentado en los últimos años (Díaz-Ríos, 2020). El proceso de urbanización en los últimos años ha producido un aumento de viviendas y población; y el incremento del consumo de determinados recursos como el agua (Morote, 2017); evidenciando el nexo agua, energía y alimentación. Sin embargo, para los próximos años Panamá, enfrentará retos en el sector hídrico que tendrá que superarlos, para mantener el dinamismo económico y satisfacer las necesidades de la población panameña.

Es fundamental estudiar la compleja relación disponibilidad-demanda de agua en las ciudades para impulsar el progreso y bienestar de las sociedades (Vilchis-Mata, et al., 2018). Por esta razón, es importante conocer que todo lo que consumimos, deja a su paso una huella hídrica (Díaz-Ríos, 2022). En la actualidad, están siendo redefinidas con proyectos innovadores que integran criterios de sostenibilidad y circularidad del recurso (Ramírez et al., 2020). De esta manera, la demanda de agua que se lleva a cabo en los hogares es un reflejo de las actividades señaladas anteriormente, las cuales a su vez dependen de los estilos de vida (Morales, 2017). En particular, en una delimitación geográfica (ciudad/territorio) la innovación no es transitar a un nuevo paradigma tecnológico, sino hacer un uso efectivo, práctico y novedoso de las tecnologías disponibles para dar soluciones de problemas existentes (Alvarado, 2018), donde entran en sinergia el desarrollo tecnológico y la innovación en una ciudad.

Se reconoce que el IDAAN, carece de un ordenamiento y planificación para garantizar la seguridad hídrica del país. A largo plazo este escenario puede agravarse, puesto que la

tendencia de crecimiento poblacional implica un aumento en la presión demográfica sobre el recurso hídrico (Massa-Sánchez, et al.). La ciudad de Panamá y la zona periurbana, se abastece de agua de las aguas superficiales de la represa de Alajuela y Miraflores. El proceso emergente de urbanización, que se expande a una velocidad más rápida que el crecimiento de la población urbana (Montes y Duque 2014), ocasiona una presión sobre los recursos hídricos. Eventualmente la ciudad de Panamá tiene problemas con falta de agua, interrupciones y baja presión en el suministro, sobre todo en las áreas de la periferia; pero mantiene según el último Censo del 2010 un 1% sin agua en la provincia de Panamá como señala en la Figura 2.

De otro modo, las aguas residuales cobran mayor importancia a causa del crecimiento demográfico de la ciudad de Panamá. Sin embargo, las elevadas tasas del aumento poblacional; el alto crecimiento del consumo de agua potable, la deficiencia del sistema de cobertura y calidad del servicio de agua, son ineficiencias que se traducen en pérdidas cuantiosas para el país. Adicionalmente, afecta el déficit hídrico las bajas precipitaciones y se prevé que el cambio climático tendrá efectos directos sobre los organismos individuales, sobre las poblaciones y sobre los ecosistemas (Rodríguez-Martínez, et al., 2019). Se necesita invertir en planes de resiliencia y adaptación al impacto del cambio climático y reducir el alto consumo directo de agua, con el apoyo de la innovación y la tecnología.

El modelo lineal está fundamentado en las empresas extraen las materias primas necesarias del ambiente para hacer productos que puedan insertarse en algún mercado; después de que las materias primas se han transformado en algún producto, se espera a que un consumidor lo adquiera y use el producto hasta que el producto se deteriore, descomponga o simplemente se vuelva obsoleto; y por último una vez que el producto ya no le es útil al consumidor, éste se desecha para adquirir uno nuevo (González y Vargas-Hernández, 2017, p. 118).

Cabe resaltar, que el sector hídrico no está representado de manera explícita en los esquemas conceptuales de la economía circular, donde solo suelen prevalecer los ciclos de materiales. Sin embargo, la Fundación Ellen MacArthur amplió el concepto de la economía circular y se propuso extender el diseño de esquema considerando el ciclo del agua, y adoptando la

circularidad del agua. El desarrollo de la economía circular se fundamenta en la reutilización del agua implica el ciclo integral del agua (Sánchez-Maroto, 2021).

Este nuevo paradigma de la economía circular del agua promueve utilizar el agua más justa, eficiente y rentable entre las comunidades, para reducir la huella de agua a un nivel sostenible; su diseño se caracteriza como modelo reconstituyente y regenerativo, sin generar desechos. Además, la circularidad del agua es una herramienta clave para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible; y se centra en generar crecimiento económico, social y promover la protección al medio ambiente.

Es inevitable que las actividades humanas generen aguas residuales (Arrocha, 2021); y hasta el momento no se ha logrado darles a las aguas regeneradas una aplicación práctica en usos no convencionales para destinar el agua potable para la higiene personal y el consumo humano. Se encontró, que un elevado volumen de las aguas tratadas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es vertido al río Juan Díaz, sin ningún tipo de reúso; entre el 2017 y el 2020 se descargaron 306,699,046.7 m³ que no se le dio un segundo uso. El reúso de aguas servidas tratadas se enmarca en el manejo sustentable del recurso hídrico (Vera, et al., 2016). Aunque la recuperación y reutilización de las aguas tratadas se practica en muchos países de todo el mundo, los niveles actuales de reutilización constituyen una pequeña fracción del volumen total (De Anda, 2017); en nuestro país, el nivel de reutilización de las aguas tratadas es nulo (Tabla 1). Se busca incorporar las aguas tratadas de la PTAR, para usos no convencionales.

Tabla1. Características de la alternativa del uso de tecnología no convencional y sus aplicaciones para la reutilización de las aguas tratadas.

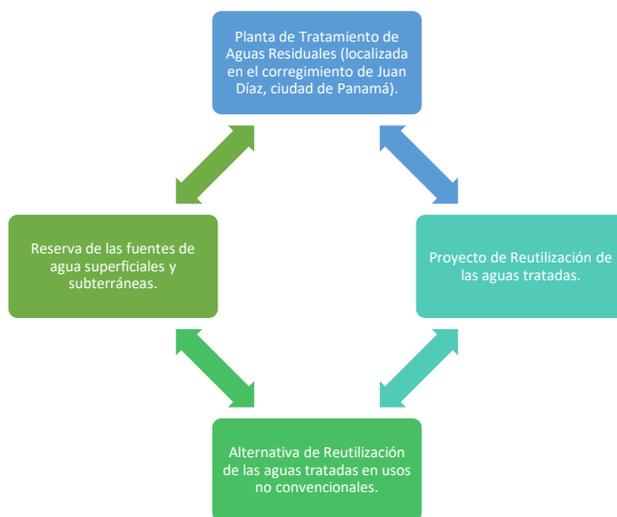
Características de la tecnología no convencional.	Aplicaciones de la reutilización de las aguas tratadas.
Alternativa a la escasez de agua potable.	Riego de parques y jardines (campos de golf, cementerios, cinta costera, etc.).
Versatilidad y adaptabilidad a una segunda vida de las aguas regeneradas.	Reutilización industrial (refrigeración, alimentación de calderas, etc.).

Menor coste de implantación y aplicación.	Usos urbanos (lucha contra incendios, limpieza de calles y edificios, lavado de autos, etc.).
Mayor eco-eficiente	Recarga artificial (recarga de acuíferos, control de intrusión marina, etc.).
Elevada integración en el entorno natural.	Uso medioambiental (caudales ecológicos, zonas húmedas, etc.).
Tecnología sostenible.	Otros (fusión de nieve, construcción, etc.).

Fuente: Elaboración propia con datos de varias fuentes.

El reúso de las aguas tratadas representa una alternativa estable y segura para el abastecimiento de las ciudades (Figura 4); son elecciones relativamente más baratas que las obtenidas por los procesos de desalinización. Esta novedosa opción, permite que los recursos hídricos puedan alcanzar suministros de agua segura, sostenible y de calidad para el futuro. La reutilización reduce la demanda sobre los manantiales debido a la sustitución del agua potable por agua de menor calidad (Antunes de Souza y Pasold). Su calidad permite diversos usos y es conveniente para el medioambiente. Es necesario abordar la relevancia de la protección de los recursos hídricos para caracterizar sus elementos fundamentales y relacionar la importancia de la economía circular con la sostenibilidad de los recursos hídricos (Cansi y Cruz, 2020). Sin embargo, se espera que estas aguas en el futuro sean soluciones a la demanda de abastecimiento humano.

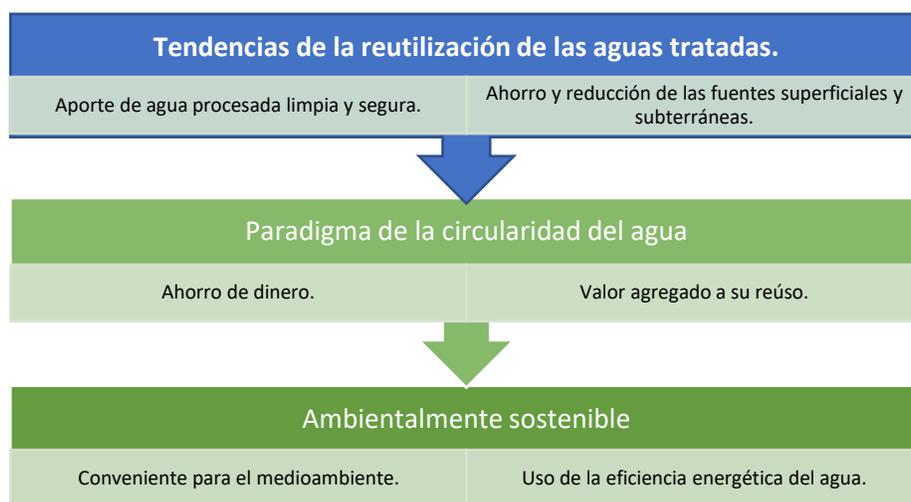
Figura 4. Propuesta de proyecto de la circularidad del agua.



Fuente: Elaboración propia con datos de varias fuentes.

Este modelo económico, social y ambiental conlleva a un nuevo reto para todos los países y organizaciones en el mundo (Almeida-Guzmán y Díaz-Guevara, 2020); la transición a una economía circular requiere cambios fundamentales en muchas áreas del sistema socio-económico vigente; para acelerar el proceso de transición (Cerdá y Khalilova, 2016). Este proyecto de investigación propone una iniciativa de ley legislativa que establezca el régimen jurídico de la reutilización de las aguas tratadas, basado en el principio de la circularidad del agua (Figura 5).

Figura 5. Tendencias de la reutilización de las aguas tratadas.



Fuente: Elaboración propia con datos de varias fuentes.

El paradigma de la circularidad del agua es una alternativa para enfrentar los retos de la gestión del agua en Panamá, ante la presencia del cambio climático y el crecimiento demográfico. El reúso de las aguas regeneradas es una práctica usual en los países desarrollados, y satisfacen alrededor del 40% de la demanda de agua para el desarrollo sostenible de la ciudad. No se trata en ningún caso de reciclar por reciclar, o de reutilizar por reutilizar, sino de hacerlo para generar valor a partir (Da Costa Pimenta, 2022), de las aguas residuales.

Se busca también, incorporar las aguas tratadas como parte del ciclo técnico de la PTAR a la gestión integral de los recursos hídricos del país, aprovechando el uso de la tecnología y la eficiencia energética de manera sostenible.

La gestión o manejo integrado de los recursos hídricos se entiende entonces como un proceso que promueve el desarrollo y la administración coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados para llevar al máximo el resultante económico y la asistencia social de manera equitativa sin afectar la sostenibilidad de ecosistemas esenciales (Martínez y Villalejo, 2018, p.60).

Este concepto representa una oportunidad para superar los modelos de gestión del agua basados en el patrón de economía lineal y, con ello, promover la colaboración de diversos sectores para el manejo sostenible del recurso (Piedra y Rosales, 2019). Se busca a través de la economía circular del agua, cerrar el ciclo técnico del agua, para impulsar el uso eficiente de los recursos y mejorar la sostenibilidad a través de la innovación y la tecnología, y devolver las aguas regeneradas a su entorno natural libre de contaminantes.

Por consiguiente, la acuñación de este concepto para explicar las funciones del agua en diversas actividades económicas y sociales contribuye a la planeación estratégica por los administradores del agua (Vera y Corrales, 2020). En este sentido, las ciudades sostenibles buscan el desarrollo económico, social y ambiental con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes, y mayor equidad de los recursos hídricos que condiciona el dinamismo de la economía panameña.

CONCLUSIONES

La circularidad del agua permitirá revalorizar las aguas tratadas y su papel en la gestión integral de los recursos hídricos de Panamá. La reutilización reducirá la demanda sobre los manantiales debido a la sustitución del agua potable por agua de menor calidad.

El desarrollo urbano sostenible en la ciudad de Panamá implica la adopción de formas de desarrollo que hagan compatibles la reutilización de los recursos en el entorno; el uso de las aguas regeneradas ayudará a reforzar la disponibilidad de las fuentes de aguas superficiales

y subterráneas y mitigar la desigual de la distribución de los recursos hídricos, a causa de las seguías ocasionadas por el cambio climático y el crecimiento poblacional.

El reúso de las aguas residuales urbanas es una práctica habitual en los países desarrollados y que en Panamá debe implementar como para enfrentar los retos en el sector económico y el abastecimiento de agua a la población para las próximas décadas. Las aguas regeneradas cuentan con distintos niveles de usos y aplicaciones de manera sostenibles como: riego de parques y jardines, campos de golf, cementerios, limpiezas de calles y edificios, lucha contra incendios, recarga de acuíferos, lavados de autos, entre otros.

Se propone presentar una iniciativa ciudadana con el objetivo que se convierta en ley de la República ante la Asamblea de Diputados de Panamá. Desde esta tribuna, se presentó la idea general acerca de “la circularidad de las aguas tratadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) como modelo sostenible para Panamá”. Establecer un régimen jurídico para la reutilización de las aguas regeneradas, que permita disponer de planes y políticas públicas para incorporarlas a la gestión integral de los recursos hídricos de Panamá.

La adopción de la economía circular del agua en la ciudad de Panamá servirá como un centro de innovación en el reúso de las aguas tratadas más eficiente y poder incorporar estas aguas en la gestión de los recursos hídricos cumpliendo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El desafío conlleva la necesidad de modificar nuestros hábitos de consumo de agua, reconociendo que los recursos hídricos son limitados y nos obliga adoptar un cambio de aptitud en nuestra sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

- Acosta-Pérez I., Marrero-Delgado F., y Espinoza-Martínez J. (2020). La economía circular como contribución a la sostenibilidad en un destino turístico cubano de sol y playa. *Estudio y Perspectiva en Turismo-30° aniversario*, 29, 406-425. Recuperado <https://www.redalyc.org/journal/1807/180763168005/>.
- Almeida-Guzmán M., y Díaz-Guevara C. (2020). Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. Avances en Ecuador. *Estudios de la Gestión*, 8, 35-57. Recuperado <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/2407>.
- Alvarado Raúl. 2018. Ciudad inteligente y sostenible: hacia un modelo de innovación inclusiva. *Revista de Tecnología y Sociedad*, año 7, número 13. Recuperado https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-36072018000100002.
- Antunes de Souza M., y Pasold C. (2019). La reutilización del agua en el ámbito de la economía circular y sostenibilidad. *Revista Chilena de Derecho y Ciencia Política*, 10, (2), 155-172. Recuperado <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7329350>.
- Arrocha C. (2021). Caracterización para oportunidad de reúso de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales de una industria de grasas vegetales. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, Vol.16, N°2, 30-37. Recuperado <https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1326>.
- Arroyo F. (2018). La economía circular como factor de desarrollo sostenible del sector productivo. *INNOVA Research Journal*, 3, (12), 78-98. Recuperado <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/786>.
- Aznar-Crespo P., Aledo A., y Melgarejo J. (ed). Congreso Nacional del Agua Orihuela. Innovación y Sostenibilidad. Celebrada 21 y 22 de febrero 2019. Recuperado <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/88367>. Universidad de Alicante. España: discurso, ISBN 978-84-1302-034-1, 759-772.
- Cabrera M. (2022). Desigualdad territorial y exclusión social: claves para una lectura crítica de la ciudad de Panamá. *Societas*, 24, (1), 268-297. Recuperado <https://revistas.up.ac.pa/index.php/societas/article/view/2665>.
- Candanedo M., y Villarreal D. (2020). Efecto de las islas de calor urbano en las principales vías de la ciudad de Panamá. *Revista de I+D Tecnológico*, 16, (2), 25-36. Recuperado <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/2829>.
- Cerda E. y Khalilova A. (2016). Economía Circular. *Economía Circular, Estrategia y Competitividad Empresarial*, 401, 11-20. Recuperado <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>.
- Chamba-Ontaneda M., Massa-Sánchez P., y Fries A. (2019). Presión demográfica sobre el agua: un análisis regional para Ecuador. *Revista Geográfica Venezolana*, 60, (2), 360-377. Recuperado <https://www.redalyc.org/journal/3477/347766130008/html/>.
- Chávez-Vera. (2017). Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales. *Ciencias Industriales*, 3, (1), 536-560. Recuperado [file:///C:/Users/umip/Downloads/Dialnet-DisenoEImplementacionDeUnSistemaDeTratamientoDeAgu-6134928%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/umip/Downloads/Dialnet-DisenoEImplementacionDeUnSistemaDeTratamientoDeAgu-6134928%20(1).pdf).

- Cordero J. (2019). Economía Circular: el ciclo integral del agua y la eficiencia energética. *Encuentros Multidisciplinarios*, (63), 1-11. Recuperado <https://repositorio.uam.es/handle/10486/689846>.
- Cansi F., y Cruz P. (2020). “Agua nueva”: notas sobre sostenibilidad de la economía circular. *Sostenibilidad, Económica, social y ambiental*, 2, 49-65. Recuperado https://www.researchgate.net/publication/341123949_Agua_nueva_notas_sobre_sostenibilidad_de_la_economia_circular.
- Da Costa Pimenta C. (2022). Economía circular y responsabilidad social corporativa en Brasil. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6, (3), 159-178. Recuperado <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/2208>.
- Da Silva M., y Pasold C. (2019). La reutilización del agua en el ámbito de la economía circular y sostenibilidad. *Revista Chilena de Derecho y Ciencia Política*, 10, (2), 155-172. Recuperado <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7329350>.
- De Anda J. (2017). Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México. *Sociedad y Ambiente*, 5, (14), 119-143. Recuperado https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200765762017000200119.
- De Gracia J. (2020). Una perspectiva urbana de la pandemia en Panamá. On the waterfront, 62, (8), 1-26. Recuperado <file:///C:/Users/umip/Downloads/32439-Text%20de%20l'article-77359-1-10-20200929.pdf>.
- Díaz-Ríos T., y Delgado M. (2022a). Eficiencia en el uso del agua: etiquetado hídrico en los productos para obtener un mayor valor. *Revista Plus Economía*, 10, (1), 75-85. Recuperado [file:///C:/Users/umip/Downloads/srobles,+7.+TOMAS%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/umip/Downloads/srobles,+7.+TOMAS%20(1).pdf).
- Díaz-Ríos T. (2022b). Evaluación de la huella hídrica en el corregimiento de Chilibre generada en el año 2020. *Cátedra* (19), 240-254. Recuperado <https://centroinvestigacionhumanidades.up.ac.pa/sites/centroinvestigacionhumanidades/files/2022-06/Tom%C3%A1s%20D%C3%ADaz-R%C3%ADos.pdf>.
- Díaz-Ríos T. (2021a). La Circularidad del agua: modelo de gestión sostenible para la sociedad panameña. *Revista Saberes APUDEP*, 4, (2), 1-17. Recuperado https://revistas.up.ac.pa/index.php/saberes_apudep/article/view/2218.
- Díaz-Ríos T. (2021b). El Derecho Humano al Agua: una deuda del Estado con la población panameña. *Revista Latinoamericana de Derechos Humanos*, 32 (2), 157-174. Recuperado <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/derechoshumanos/article/view/15475>.
- Díaz T. (2020a). La Huella Hídrica indicador para aplicar la Circularidad del Agua: modelo de gestión sostenible para Panamá. *Cátedra 17, Revista especializada en estudios culturales y humanísticos*, 66-78. Recuperado <https://revistas.up.ac.pa/index.php/catedra/article/view/1333>.
- Díaz-Ríos T. (2020b). Concentración de aguas subterráneas en Panamá: retos y oportunidades para el hombre-sociedad, 8, (2), 98-106. Recuperado <https://revistas.unachi.ac.pa/index.php/pluseconomia/article/view/472>.
- Duque-Sarango P., Heras-Naranjo C., Lojano-Criollo D., y Vilorio T. (2018). *Revista Ciencia UNEMI*, 11, (28), 88-96. Recuperado <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/738>.

- Feito M. (2018). Problemas y desafíos del periurbano de Buenos Aires. *Estudios Socioterritoriales*, 24, (2), 1-19. Recuperado <https://ojs2.fch.unicen.edu.ar/ojs-3.1.0/index.php/estudios-socioterritoriales/article/view/230>.
- Fernández-César R., Gértrudix-Barrio F, Gértrudix-Barrio, y Solano-Pinto N. (2020). Ciencia CreActiva. ¿Cómo sensibilizar a docentes y estudiantes de ámbitos educativos no universitarios en la economía circular? *Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 57 (2), 1-20. Recuperado <https://pensamientoeducativo.uc.cl/index.php/pel/article/view/25573>.
- Garcimartín, C., Astudillo J., y Grazonío O. (2020). *El agua en la economía de Panamá*. Nota Técnica N° IDB-TN-1905. Departamento de Países de Centroamérica, México, Panamá y República Dominicana: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado <https://publications.iadb.org/es/el-agua-en-la-economia-de-panama>.
- Gómez C. (2018). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica. *PAPELES de relaciones ecosociales y cambio global*, 140, 107-118. Recuperado https://www.cvongd.org/ficheros/documentos/ods_revision_critica_carlos_gomez_gil.pdf.
- González G. (2017). La economía circular como factor de la responsabilidad social. *Revista de coyuntura y perspectiva*, 2, (3), 105-130. Recuperado http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2415-06222017000300004&script=sci_abstract.
- Hidalgo R., Paulsen-Espinoza A., Alvarado V., Vergara-Constela C., y González M. (2021). La vivienda social en los municipios costeros del norte de Chile: sostenibilidad subsidiaria e integración en el desarrollo urbano regional (2000-2018). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 30, (2), 336-358. Recuperado <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/88730>.
- Jaramillo M., Cardona-Zea D., y Galvis A. (2020). Reutilización de las aguas residuales municipales como estrategia de prevención y control de la contaminación hídrica. Caso de estudio: cuencas de los ríos Bolo y Frayle (Colombia). *Ingeniería y Competitividad*, 22, (2), 1-21. Recuperado https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/9412.
- López M., Castellanos O., Lango F., Castellana M., Montoya J., Sosa C., y Ortíz B. (2021). Oxidación avanzada como tratamiento alternativo para las aguas residuales. Una revisión. *Enfoque UTE*, 12, (4), 76-87. Recuperado <https://www.redalyc.org/journal/5722/572268461005/html/>.
- Martínez A. (2017). El agua y los retos del siglo XXI. *AQUAE PAPERS*, 7, 6-88. Recuperado <https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2017/11/aquae-papers7.pdf>.
- Melgarejo, J. (ed.) Congreso Nacional del Agua Orihuela. Innovación y Sostenibilidad. Celebrada 21 y 22 de febrero 2019. Universidad de Alicante. España: discurso, ISBN 978-84-1302-034-1, 1683 p. Recuperado <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/88367>.
- Michel A., y Ribardiére A. (2017). Crecimiento demográfico y formas de urbanización de las pequeñas ciudades en México. *Territorios*, (37), 101-121. Recuperado <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/territorios/article/view/4742>.

- Montes C., y Duque M. (2014). Ciudades resilientes en el antropoceno: mito o realidad. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, XLVII, (183), 9-22. Recuperado <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/76390>.
- Morales D., García Ma. D., Casanova O., y Mar J. (2017). El impacto de la información y la conducta proecológica sobre del consumo doméstico de agua. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 9, (18), 371-393. Recuperado https://www.researchgate.net/publication/314487365_El_impacto_de_la_informacion_y_la_conducta_pro-ecologica_sobre_del_consumo_domestico_de_agua.
- Neira B. (2018). Caracterización de Alternativas para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en el Municipio de Sutarmachán, Boyacá. *Dinámica Ambiental*, (2), 2, 27-36. Recuperado <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/5769>.
- Ortiz-Palomino M, y Fernández V. (2021). Economía circular en Suramérica. Una revisión sistemática de evidencias en Scielo y Redalyc, 2018-2020. *Espíritu Emprendedor TES*, (5), 13-28. Recuperado <https://www.espirituemprendedores.com/index.php/revista/article/view/269>.
- Palacios A. (2014). Ciudad de Panamá. *Urbano*, 17, (29), 6-10. Recuperado <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RU/article/view/231>.
- Piedra A., y Rosales F. (2019). Aproximaciones al concepto de economía circular y su relación con los recursos hídricos, *Impluviun*, 9, 6-13. Recuperado <http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/impluvium/numero09.pdf>.
- Ramírez T., Medrano O., y Escobedo-Cazán. (2020). Tratamiento de aguas residuales (PTAR). El caso de la PTAR zona noreste, Villa Hermosa, México, *ENERLAC*, 1V, (1), 12-30. Recuperado https://www.researchgate.net/publication/343240196_Generacion_de_energia_en_plantas_de_tratamiento_de_aguas_residuales_PTAR_El_caso_de_la_PTAR_zona_noreste_Villahermosa_Mexico.
- Rodríguez-Martínez N., Sánchez-Herrera G., Noguez-Estrada J., y Ponce-Lira B. (2019). Uso de *Canna glauca* para el tratamiento de aguas residuales domésticas en un humedal artificial de flujo superficial. *Revista de Energía Química y Física*, (6) 18, 53-60. Recuperado https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Energia_Quimica_y_Fisica/vol6num18/Revista_de_Energ%C3%ADa_Qu%C3%ADmica_y_F%C3%ADsica_V6_N18_7.pdf
- Sánchez-Maroto. (2020). Análisis de la estrategia española de la economía circular en el ámbito de los recursos hídricos reutilizables. *Actualidad Jurídica Ambiental*, (112), 1-12. Recuperado https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wpcontent/uploads/2021/04/2021_05_03-Ram%C3%ADrez-Econom%C3%ADa-Circular-Recursos-Hidricos.pdf.
- Massa-Sánchez P., Arteaga-Marín J., Viñán-Merced C., y Martínez-Fernández V. Presión demográfica sobre el recurso hídrico y su relación con la sostenibilidad de los recursos turísticos. Un análisis para el sur de Ecuador. *Revista Portuguesa de Estudios Regionales*, 47, 21-36. Recuperado <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6259578>.
- Soto E., y Saavedra C. (2015). Influencia de la Variación Estacional de la Calidad y Cantidad de Agua Residual en la Eficiencia de Tratamiento: Caso de la Planta de Tratamiento de Aguas

- Residuales de Juan Díaz, Panamá, República de Panamá. *Revista de Iniciación Científica, RIC*, (1), 2, 7-18. Recuperado <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/445>.
- Vera I., Jorquera C., López D., y Vidal G. (2016). Humedales construidos para el tratamiento y reúso de aguas servidas en Chile: reflexiones. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VII, (3), 19-35. Recuperado https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000300019.
 - Vera J., y Corrales S. (2020). El nexos en una economía circular, una aproximación teórica-metodológica. *Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional*, 1, 57-78. Recuperado <http://ru.iiec.unam.mx/5042/1/3-023-Vera-Corrales.pdf>.
 - Vilanova R., Santín I., y Pedret C. (2017). Control y operación de estaciones depuradoras de aguas residuales: modelado y simulación. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 14, 2017-233. Recuperado <https://polipapers.upv.es/index.php/RIAI/article/view/9203>.
 - Vilchis-Mata I., Garrocho-Rangel C., y Díaz-Delgado C. (2018). Modelo dinámico para la toma de decisiones sostenible en el ciclo hidrosocial urbano en México. *Revista de Geografía Norte Grande*, 71, 59-90. Recuperado <https://revistachilenadederecho.uc.cl/index.php/RGNG/article/view/22779>.
 - Zumelzu A., y Espinoza D. (2019). Elaboración de una metodología para evaluar la sostenibilidad en barrios de ciudades intermedias en Chile. *Revista 180*, (44), 80-94. Recuperado <https://www.scielo.cl/pdf/revista180/n44/0718-669X-revista180-44-80.pdf>.