

DOI: 10.24850/j-tyca-2024-05-04

Artículos

Indicadores de la gestión del suministro de agua en zonas urbanas para evaluar su sostenibilidad

Water supply management indicators for urban areas to assess its sustainability

Mayra Mendoza-Gómez¹, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3924-9674>

Daniel Tagle-Zamora², ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6203-7429>

Alex Ricardo Caldera-Ortega³, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7609-8724>

Jesús Mora-Rodríguez⁴, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4192-8249>

Gilberto Carreño-Aguilera⁵, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4153-4941>

Xiltlali Delgado-Galván⁶, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7283-0239>

¹Doctorado en Ciencia y Tecnología del Agua, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, m.mendozagomez@ugto.mx

²División de Ciencias Sociales y Humanidades del Campus León, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, datagle@ugto.mx



³División de Ciencias Sociales y Humanidades del Campus León, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, arcaldera@ugto.mx

⁴Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, jesusmora@ugto.mx

⁵Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, gca@ugto.mx

⁶Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, xdelgado@ugto.mx

Autora para correspondencia: Xiltlali Delgado, xdelgado@ugto.mx

Resumen

La gestión del agua potable en zonas urbanas representa en la actualidad uno de los mayores desafíos. Por lo tanto, el suministro de agua potable y el saneamiento ha llevado a los expertos a explorar nuevos enfoques y estrategias para su gestión. Ubicándose en esta línea de trabajo, el presente documento explora los indicadores de evaluación de desempeño para la gestión del recurso hídrico aplicados a los servicios de abastecimiento de agua a nivel nacional e internacional. El objetivo consiste en proponer indicadores relacionados con los enfoques de gestión del agua orientados al derecho humano al agua y a un medio ambiente sano, y armonizando con el ODS-6 se plantea evaluar tanto los indicadores cualitativos como cuantitativos a través de una revisión de la literatura y criterios de selección, como aplicabilidad, relevancia, datos existentes y características locales de manejo que le dan al recurso

hídrico. Aplicando al estudio de caso el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León, Guanajuato (SAPAL), la investigación aplicó la metodología análisis jerárquico de procesos (AHP), indicando aquellos indicadores relevantes para la gestión del recurso hídrico bajo la perspectiva de soluciones multidisciplinarias, integrales y sostenibles para el servicio de abastecimiento de agua, con lo cual pudo verificarse la disponibilidad de datos para la aplicación de los indicadores propuestos. Se concluye que a partir de este planteamiento se cuenta con indicadores que consideren los enfoques en materia socioambiental que impacten en la gestión sostenible del agua de manera que coadyuve al diseño, seguimiento, evaluación y toma de decisiones de políticas públicas enfocadas a los organismos operadores de manera integral.

Palabras clave: indicadores, derecho humano al agua, objetivo de desarrollo sostenible, abastecimiento de agua.

Abstract

The management of drinking water in urban areas represents one of the greatest challenges today. Therefore, this challenge to supply of drinking water and sewerage has led society to explore new strategies in water management. This document explores the performance of the evaluation indicators for water resource management applied to water supply services at national and international levels. With the objective to propose indicators related to water management, also oriented to the human right to water and a healthy environment, and in accordance with the Sustainable Development objective 6 (SDG-6). It is proposed to evaluate both qualitative and quantitative indicators, through a review of the

literature and selection criteria such as: applicability, relevance, existing data, as well as local characteristics according to the management given to water resources. The results obtained by applying the Hierarchical Analysis of Processes (AHP) methodology, how the most relevant indicators for the management of water resources in a water supply service, in which place multidisciplinary, comprehensive and sustainable solutions are required. The availability of data for the application of the proposed indicators was verified. It is concluded that from this approach, there are indicators oriented to socio-environmental approaches that have an impact on sustainable water management in a way that contributes to the design, monitoring, evaluation and decision making of public policies focused on the water utility in an integral manner.

Keywords: Indicators, human right to water, sustainable development objective, water supply.

Recibido: 17/11/2022

Aceptado: 30/04/2023

Publicado Online: 18/05/2023

Introducción

El agua ha comenzado a transformarse en años recientes de un recurso natural a un recurso político. Su distribución no solamente se está viendo afectada por la ubicación geográfica de cada urbe, sino también debido a intervenciones antrópicas y crecimiento poblacional (Durán & Rodríguez,

2006). A consecuencia de ello, diferentes regiones hidrológicas están alcanzado ya sus límites hídricos por las presiones socioeconómicas y demográficas, obligando a los grupos sociales a modificar sus formas de acceso y uso del agua, lo que tiende a deteriorar especialmente la calidad de vida de la población en situación de pobreza (Coates & Connor, 2018). El derecho al agua como un bien social apunta hacia un concepto distante: la calidad del agua, la falta de accesibilidad y la no disponibilidad para todas las personas la definen como un bien con problemas de escasez socialmente construida; se reconoce al agua como un bien escaso a causa de la contaminación y la producción desmedida, que, sumado a la marginación y pobreza, imposibilitan el acceso y goce de los recursos (Raskin, Gleick, Kirshen, Pontius, & Strzepek, 1997).

Debido a las condiciones en que se encuentran la gran mayoría de los sistemas de agua se despierta un significativo interés para optimizar la utilización de sus recursos tanto en los organismos operadores, administradores, usuarios y la clase política gobernante como en los organismos financieros locales e internacionales, y en los entes reguladores existentes (Benavides, 2010). Para ello, el uso de indicadores ha demostrado ser una herramienta útil de gestión, que permite identificar y evaluar la eficiencia y la eficacia del sistema; sin embargo, aún es necesario realizar ajustes (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2012). La Asociación Internacional del Agua (IWA, por las siglas en inglés de International Water Association) propuso una metodología e indicadores de desempeño para los servicios de abastecimiento de agua en el año 2000 (Alegre *et al.*, 2006). Esos indicadores se han convertido en el estándar para la evaluación del

desempeño de los servicios de agua en todo el mundo. No obstante, el marco metodológico en ocasiones no se implementa por completo debido a que no satisface de forma plena las necesidades de las regiones en desarrollo. La evaluación del desempeño también ha sido parte clave de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Alegre *et al.*, 2018), pero la sostenibilidad del servicio como concepto aún no está tan presente como debería, y las perspectivas a largo plazo para la sostenibilidad siguen siendo una de las cuestiones clave y un desafío. Las presiones actuales sobre el sector incluyen: 1) mantener la oferta ante el ritmo creciente de la población, especialmente en las zonas urbanas de rápido crecimiento, pero también con los cambios sociales (migraciones, envejecimiento, etc.); 2) la adaptación al cambio climático, teniendo en cuenta las situaciones potenciales de estrés hídrico y de fenómenos extremos; 3) la evolución de las expectativas de los usuarios y las presiones políticas para reducir el precio de las tarifas; y 4) el aumento de la edad de las infraestructuras y la sostenibilidad global del servicio (Alegre *et al.*, 2018).

Mantener de forma sostenible un sistema de abastecimiento de agua es complicado, al considerarse la forma variada en que se lleva a cabo la gestión de acuerdo con la situación local (en el marco de la Ley de Aguas Nacionales (LAN) vigente, la prestación del servicio de agua potable y saneamiento es atribución de los municipios, señalado en el artículo 115 Constitucional, por lo que la LAN no establece ninguna normativa relativa a los servicios; por tanto, cada municipio en el marco de sus atribuciones define las formas de otorgar el servicio).

El suministro de agua es un servicio esencial para las comunidades, formando parte de los llamados servicios de interés general, vitales para el bienestar, salud pública y seguridad colectiva de las poblaciones, así como para las actividades económicas y la preservación del medio ambiente (Alegre *et al.*, 2018). Dado lo anterior, es que la gestión del agua debe seguir un enfoque integrado (Gil-Antonio & Reyes, 2021).

La gestión del abastecimiento público urbano requiere considerar la sostenibilidad del agua a largo plazo. Esto implica entender la evolución de la infraestructura (edad, materiales, tecnología y ampliación, etc.), al igual que la demanda y las restricciones del servicio, como pueden ser aquellas zonas que tienen servicio de mala calidad. Esto ha generado la creciente importancia de los sistemas de evaluación de desempeño (Berg, 2020; Corton, 2003).

Un indicador debe capturar alguna dimensión del desempeño que sea importante para quienes reciben el servicio o para quienes esperan tener acceso en el futuro. Por lo general, la legislación identifica las dimensiones del desempeño, por ejemplo, el servicio de agua debe ser asequible, producido de manera eficiente y disponible en todo el país. Los objetivos clave de rendimiento podrían incluir disponibilidad; calidad del agua; reducción de la interrupción del servicio; solidez de las operaciones ante eventos extremos (incluidos el clima y los conflictos); la calidad del servicio; interrupción del suministro; la notificación de problemas de entrega; satisfacción del cliente (a través de encuestas o número de quejas); integridad de los procesos de facturación y cobranza; asequibilidad, acceso, eficiencia, productividad, innovación, seguridad y protección (Berg, 2020). Los indicadores de evaluación de desempeño

para la gestión del sector agua potable y saneamiento representan una herramienta de comunicación entre los diferentes niveles de gobierno, los gestores de los servicios, los políticos y reguladores, e incluso con la sociedad (Cortez, Sainos, Gómez, Maldonado, & Rodríguez, 2017).

En México se realiza la evaluación del desempeño de los sistemas de agua potable y alcantarillado a través del Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO); del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); del Consejo Consultivo del Agua, y en algunas regiones de la Comisión Estatal del Agua (CCA, 2010-2011; CCA, 2011). El objetivo es mejorar la calidad del servicio, dar seguimiento a las decisiones de gestión, particularmente a calidad, sostenibilidad y eficiencia económica; así como proporcionar una base técnica sólida para auditar el funcionamiento del servicio.

En México, Pineda, Salazar y Méndez (2020) hablan sobre la importancia de contar con mecanismos de evaluación de las acciones en la gestión del agua, pero los criterios usados se centran en el porcentaje de cobertura de agua potable y saneamiento, al igual que en la eficiencia comercial de estos servicios, e ignoran la sostenibilidad del recurso, que involucra lo ambiental, económico y social.

En el caso del estado de Guanajuato, éste cuenta con el Sistema de Información de Organismos Operadores (SIOO), que ha sido un importante insumo para el desarrollo de los instrumentos de planeación hidráulica estatal a través de sus indicadores de desempeño desde 1995.

Bajo todo este contexto desarrollado, el presente trabajo se enfoca en plantear indicadores que no se acoten a evaluar el estado actual del abastecimiento público urbano, sino que consideren también aquellos que

sirvan como instrumentos de gestión para medir los progresos sostenibles del recurso, la eficiencia en su uso y la gobernanza del agua.

Se toma como caso de estudio el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León, Guanajuato. Así, el documento se estructura de la siguiente manera: en el primer apartado se detallan los antecedentes y el desarrollo de los indicadores de desempeño aplicados a los abastecimientos de agua desde un contexto internacional hasta local; en el segundo apartado se describe la metodología AHP con la que se realizó la presente investigación; en la tercera sección se desarrollan los resultados con los que se determinó la importancia de considerar indicadores con un enfoque socioambiental que pueden aportar a una gestión sostenible del recurso hídrico; al final se abordaron la discusión y las conclusiones.

Antecedentes

El servicio público de agua es esencial para las comunidades y forma parte de los llamados servicios vitales para el bienestar, la salud pública y la seguridad colectiva de las poblaciones, así como para actividades económicas y la preservación del medio ambiente (Alegre *et al.*, 2018). La Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha reconocido el derecho humano al agua y al saneamiento, reforzando la idea de que todas las personas tienen derecho a agua suficiente, segura, aceptable, accesible y asequible para uso personal y doméstico. Los servicios de abastecimiento de agua son el principal vehículo para garantizar este derecho en todo el mundo (Alegre, Wolfram, Melo, & Parena, 2000).

La provisión de agua potable segura está a cargo de los prestadores de servicios, que deben establecer un modo asequible para los ciudadanos, y ser administrados y operados de acuerdo con los principios de buenas prácticas comerciales y normativas, que tienen por objeto proteger a los usuarios y al medio ambiente (Alegre *et al.*, 2018). La forma en la que se lleva a cabo la gestión variará de acuerdo con la situación local, y puede ser pública, privada o mixta. La gestión de los servicios de agua debe seguir un enfoque integrado y no centrado en el lado de la ingeniería del negocio (Hansen, Saavedra, & Rodríguez, 2018; Tagle & Caldera, 2021). Sin embargo, los servicios de agua, a diferencia de otros sectores, dependen de criterios técnicos para afrontar decisiones estratégicas.

El desarrollo de los indicadores de gestión en el contexto internacional

En el sistema de indicadores de la IWA se establecen las características que deben reunir los indicadores de desempeño, dentro de las cuales destacan la imparcialidad, consistencia, precisión y trazabilidad (Hansen & Alcocer, 2014). Durante los últimos 20 años, los sistemas de evaluación del desempeño en el sector del agua se han convertido en una práctica común en todo el mundo, aumentando también la necesidad de su uso (Ganjidoost, Haas, & Unger, 2018).

El primer paso para que una empresa de servicios públicos evalúe su desempeño anual con el de otras empresas de servicios públicos es establecer indicadores de rendimiento relevantes que sean aplicables de

manera uniforme, comprensibles y significativos para todas las empresas de servicios públicos y tomadores de decisiones (Federación de Municipalidades Canadienses, FCM, por sus siglas en inglés, Federation of Canadian Municipalities, y Consejo Nacional de Investigación) (FCM, 2002).

Los servicios de agua han estado enmarcados en una realidad compleja por la relevancia de los factores macroeconómicos, sociales y ambientales para las funciones básicas del prestador (Alegre *et al.*, 2006; Miner & AWWA, 2008). La creciente complejidad que se está presentando en este servicio requiere del uso de herramientas sistemáticas, que proporcionen una visión global y apoyen la toma de decisiones. Por tanto, los sistemas de evaluación del desempeño se pueden utilizar para facilitar la comunicación entre los diferentes actores involucrados en los servicios de abastecimiento de agua (Ganjidoost *et al.*, 2018).

En el contexto del abastecimiento de agua —independientemente de su naturaleza privada, pública o mixta— se puede asumir que todos los prestadores de servicio comparten un propósito en común y objetivos de gestión, que se pueden expresar como lograr la mayor satisfacción del consumidor y calidad del servicio, en consonancia con el marco regulatorio vigente, al tiempo que se hace mejor uso de los recursos disponibles (Lobato-de-Faria & Alegre, 1996).

Indicadores de desempeño

La Tabla 1 muestra los indicadores de rendimiento que empresas o instituciones del agua usan para comparar sus sistemas de distribución de agua y recolección de aguas residuales. Estos indicadores de desempeño permiten que las empresas identifiquen áreas de oportunidad.

Tabla 1. Indicadores de desempeño.

Instituciones/empresas	Indicadores de rendimiento	Variable de medición
La National Water and Wastewater Benchmarking Initiative (Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas) (AECOM, 2015) monitorea y compara el desempeño de los servicios de agua de los municipios canadienses	Costo total de operación y mantenimiento por kilómetro de longitud de tubería	Rentabilidad
	Número de quejas de clientes relacionados con el agua y las aguas residuales por 1 000 personas atendidas	La satisfacción del cliente
	Agua no facturada en litros por conexión de servicio por día	Gestión del sistema, estado y confiabilidad
	Porcentaje de válvulas inoperables o con fugas valor de reemplazo de reinversión de capital promedio de cinco años en funcionamiento	Confiabilidad del sistema
	Porcentaje de longitud principal reemplazada	Nivel de reinversión en infraestructura

Instituciones/empresas	Indicadores de rendimiento	Variable de medición
La Ontario Municipal Benchmarking Initiative (OMBI, 2012) mide, compara y comparte los datos de desempeño y las prácticas operativas de 15 municipios	Costo total de distribución de agua y recolección de aguas residuales por kilómetro de tubería	Rentabilidad
	Megalitros de agua tratada por 100 000 habitantes	Nivel de servicio
	Edad promedio de la tubería de agua o aguas residuales	Servicio al cliente
El Programa de Medición del Desempeño Municipal (MPMP, por sus siglas en inglés de Municipal Performance Measurement Program) (MPMP, 2007)	Costos de operación por kilómetro de aguas residuales o tubería principal	Eficiencia de costos operativos
La American Water Works Association (Lafferty & Lauer, 2005)	Operaciones y mantenimiento relación de costos	Relación entre el costo de operación y mantenimiento y el número de cuentas por millón de galones de agua producida
	Pérdida de agua del sistema de distribución	Agua no contabilizada
	Retorno de activos	Eficacia financiera de la empresa de servicios públicos
	Costo residencial del servicio de agua	Monto promedio de la factura de agua residencial por un mes de servicio

Instituciones/empresas	Indicadores de rendimiento	Variable de medición
La Water Research Foundation (WRF, 2014)	Edad media ponderada de la tubería de agua o aguas residuales	Estabilidad de la infraestructura
	Nivel de información sobre la condición de los activos	
	Grado de identificación de los activos críticos	
	Adecuación del equilibrio del gasto de capital entre gastos de deuda y de capital	Viabilidad financiera
	Consumo per cápita	Adecuación de los recursos hídricos
	Asequibilidad del servicio de agua	Sostenibilidad comunitaria

Fuente: Ganjidoost *et al.* (2018).

Indicadores aplicados en México

Los indicadores de gestión de organismos operadores (OO) han servido para evaluar y comparar el desempeño en su función principal a través de una batería de indicadores, que permiten representar de una manera formal y estándar el estado que guardan los servicios de agua, su eficiencia en operación y gestión, mejorando la toma de decisiones (Flores, Rodríguez, & Alcocer, 2012). En Guanajuato, el SIOO recopila información del uso público urbano, con el que se crean indicadores de gestión para medir y evaluar el desempeño de los organismos operadores, los cuales apoyan a acrecentar el conocimiento de los organismos y a definir áreas de oportunidad para mejorar el servicio (Flores *et al.*, 2012).

En el país existen proyectos que integran comparativas de desempeño de empresas de agua, u OO, y que se hacen públicos con información de 291 organismos participantes hasta 2015. El objetivo principal es apoyar y promover la buena práctica de comparación entre los servicios de agua y saneamiento a través de:

- Asesoramiento sobre indicadores, definiciones y métodos de recopilación de datos.
- Colaboración en la creación de esquemas nacionales o regionales de comparación.
- Creación de vínculos entre empresas, asociaciones y reguladores de servicios públicos (Hansen & Rodríguez, 2015).

La Tabla 2 muestra las instituciones y documentos de carácter oficial en los que se concentra información de indicadores de desempeño de gestión sobre aspectos de cobertura y mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable alcantarillado y saneamiento del país (Hansen & Rodríguez, 2015). En América Latina, la Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas (ADERASA, 2014) también difunde las comparativas entre empresas de agua con 30 indicadores de desempeño.

Tabla 2. Indicadores de desempeño en México.

Institución	Descripción	Tipo de indicadores	
Comisión Nacional del Agua (Conagua)	En México, el documento oficial de mayor prominencia es la <i>Situación del Subsector Agua Potable y Alcantarillado</i> de la Conagua, que contiene información de más de 900 ciudades hasta 2014, para conocer la comparación del desempeño de los organismos operadores (Flores <i>et al.</i> , 2012)	Costos de producción e ingresos	Dotación
		Eficiencia comercial	Eficiencia física
		Eficiencia global	Empleados por cada mil tomas (núm.)
		Macromedición	Micromedición
Consejo Consultivo del Agua (CCA, 2011)	Incluye información de 24 ciudades con ocho indicadores que analizan el desempeño de los OO, considerando la calidad, cobertura, eficiencia, equidad en el suministro a poblaciones y su actividad económica; la sustentabilidad a largo plazo de las fuentes de abastecimiento; la eliminación de contaminantes y mantenimiento de la calidad de cuerpos de agua; la sustentabilidad económica de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento (Hansen & Alcocer, 2014)	Continuidad y extensión en el servicio	Productividad
		Micromedición	Eficiencia física
		Eficiencia comercial	Resultado operativo (subsídios implícitos)
		Tratamiento de aguas residuales	Institucional
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)		Relación costo volumen producido	Relación de trabajo
		Relación inversión- PIB	Relación costo-tarifa

Institución	Descripción	Tipo de indicadores	
	<p>El IMTA evalúa desde 2005 el desempeño de los OO de agua potable a través del PIGOO (Hansen & Rodríguez, 2019). En 2019 se utilizaron 32 indicadores de gestión que sirven para medir aspectos operativos del sistema de agua potable, los temas financieros y las eficiencias, logrando evaluar a 146 organismos operadores de agua potable; se contó con información de 387 ciudades participantes (Hansen & Rodríguez, 2019)</p>	Consumo y costo energético en sistemas de agua potable	Tomas con servicio continuo y horas con servicio en zonas de tandeo
		Redes e instalaciones	Volumen tratado
		Macromedición, micromedición	Usuarios con pago a tiempo
		Reclamaciones por cada mil tomas	Empleados dedicados al control de fugas
		Empleados por cada mil tomas	Rehabilitación de tomas domiciliarias
		Dotación	Consumo
		Autosuficiencia	Usuarios abastecidos con pipas
		Cobertura de agua potable reportada	Cobertura de alcantarillado reportada

Institución	Descripción	Tipo de indicadores	
		Pérdidas por longitud de red y pérdidas por toma	Eficiencia física, comercial, global y de cobro
Comisión Estatal del Agua (CEA), indicadores de desempeño de organismos operadores	Los diagnósticos sectoriales de agua potable y saneamiento se emplean para hacer un uso eficiente del agua a través de indicadores que pueden brindar un panorama general de la situación actual de la gestión del recurso hídrico, infraestructura y servicios de agua en cada cabecera municipal de los diferentes estados; son un apoyo en la toma de decisiones orientada a mejorar la prestación del servicio (Hansen & Rodríguez, 2015).	Relación de trabajo	Costos de personal
		Costo unitario de producción y costo relativo de energía eléctrica	% gastos en energía eléctrica para bombeo
		Consumo promedio	Dotación
		Pérdidas o agua no contabilizada	Cobertura de desinfección del agua
		Cobertura de macromedición y de micromedición	Tarifa promedio del servicio de agua
		Precio del agua y precio del servicio de alcantarillado	Recaudación por servicio de agua por toma al mes
		Ingreso total por m ³ extraído e ingreso total promedio por toma al mes	% de agua consumida por usuarios domésticos, comerciales, industriales

Institución	Descripción	Tipo de indicadores	
		Facturación de agua promedio por toma al mes	Consumo doméstico, comercial, industrial, mixto y público promedio por toma al mes
		Distribución del consumo	Cartera vencida en meses de facturación
		Distribución del personal con base en su área de trabajo	
		Empleados en agua potable, administrativos, en tratamiento de agua y por cada mil tomas de agua	Empleados en drenaje sanitario y empleados en el área de planeación
		Eficiencia física, comercial y global	Tomas con servicio continuo

Fuente: Hansen y Rodríguez (2015).

Indicadores sobre el derecho humano al agua (DHA) en México

La Oficina en México del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (ONU-DH) ha avanzado en el desarrollo de trabajos de contextualización y procesos de construcción del sistema de indicadores sobre el derecho al agua y al saneamiento (ONU-DH, 2012); no obstante, la ausencia de lineamientos específicos (en la conceptualización de indicadores modelo) para este derecho ha seguido una trayectoria distinta.

Uno de los aspectos clave en el proceso de definición y construcción de los indicadores sobre el derecho humano al agua y al saneamiento en México ha sido la sistematización de los indicadores estructurales de este derecho; indicadores que proponen las obligaciones internacionales del Estado mexicano relacionadas con el respeto al derecho de las personas a un medio ambiente sano, y una exploración de las leyes, estrategias, programas y actividades gubernamentales vinculadas con este derecho (ONU-DH, 2012). Todo ello, con la intención de visualizar aquellos indicadores desde una perspectiva de quien provee el servicio, en el sentido de establecer las acciones ligadas al derecho al agua y al saneamiento para todas las personas.

Es importante subrayar que una propuesta de indicadores basada en el derecho humano al agua tiene como finalidad medir el nivel de cumplimiento de éste. Los indicadores deben reflejar los principios transversales del derecho humano al agua enunciados en el artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, como “toda

persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento del agua para consumo personal y doméstico en forma: salubre, aceptable, suficiente, accesible, y asequible”.

Aunado a estas consideraciones conceptuales, la selección de indicadores cualitativos y cuantitativos debe permitir medir el cumplimiento del derecho humano al agua. En primer lugar, requieren ser pertinentes, válidos, confiables, simples, oportunos y siempre enfocados al objetivo que se persigue. La generación de indicadores ha ido en aumento exponencial, por lo que se han convertido en una herramienta cada vez más precisa y útil en la gestión de los recursos naturales (Kemper, Foster, Garduno, Nanni, & Tuinhof, 2003). Actualmente se sigue trabajando en la mejora de los indicadores, la disponibilidad y calidad de los datos (Estévez, Herrera, & Tiribocchi, 2019; Thornton, Franz, Edwards, Pahlend, & Nathanaile, 2007). Por tanto, la finalidad de este apartado es plantear, identificar y analizar los indicadores existentes que relacionen la interacción sociedad-ambiente orientados a los enfoques de gestión, como ODS6 de la Agenda 2030, y el artículo cuarto constitucional, que habla del derecho humano a un medio ambiente sano y el derecho humano al agua.

Este cruce de información tiene como finalidad establecer un planteamiento de categorías de análisis, así como sus respectivos indicadores para la gestión del recurso hídrico en abastecimientos públicos de agua. Contar con una amplia comprensión de tales factores resulta fundamental para gestionar de manera adecuada el recurso hídrico y no solo gestionar el desempeño del servicio de agua. Si a esto se le suma el hecho de ir enfocando la gestión integrada para enfrentar

retos actuales y futuros ligados al recurso, se tiene como resultado una propuesta de indicadores apropiados para los servicios de abastecimiento de agua.

Materiales y métodos

De acuerdo con el objetivo determinado en el presente artículo, la selección metodológica se trata de una investigación mixta. A partir de un planteamiento cualitativo de un análisis bibliográfico con apoyo de documentos —como manuales de indicadores de desempeño para servicios de abastecimiento de agua; diagnósticos sectoriales de agua potable y alcantarillado; informes de indicadores de gestión prioritarios en OO, e indicadores para el derecho humano al agua y al saneamiento (un salto cualitativo para su cumplimiento efectivo principalmente)— al igual que la revisión de bases de datos de alcance internacional, se obtuvo información de una detallada revisión documental.

Los datos cuantitativos que se generaron se obtuvieron a través de encuestas. Los pasos metodológicos seguidos en esta investigación se resumen a continuación:

1. Recopilación de indicadores de gestión del agua a través de la revisión de bases de datos de alcance internacional.
2. Selección de indicadores directamente relacionados con los enfoques de gestión del agua, como el derecho humano al agua, el derecho humano a un medio ambiente sano y el acceso a los servicios públicos básicos (ODS-6).

3. Agrupación de los indicadores de acuerdo con su relevancia en la zona o utilización en los sistemas de abastecimiento de agua desde un enfoque internacional, y la coincidencia de éstos con otras fuentes de información analizadas. Con ello, se planteó presentar de forma sistemática la información y tener una idea más clara de aquellos que impactan de manera directa en la gestión de los recursos hídricos.

4. Clasificación de los indicadores en componentes de acuerdo con su tipología y verificación de la disponibilidad de datos para su aplicación.

5. Aplicación de encuestas personales —o a través de medios digitales— a especialistas, expertos en gestión del agua y protección ambiental en áreas de ciencias sociales y jurídicas, a fin de contar con respuestas equitativas y multidisciplinarias.

6. A partir del planteamiento de los componentes e indicadores se aplicó el análisis del método AHP, orientado a determinar la relevancia de cada uno de los indicadores que pueden ser utilizados por los servicios de abastecimiento de agua que impacten de manera directa en la gestión del agua.

De forma previa se analizaron los indicadores orientados al desempeño del servicio en los abastecimientos de agua, por lo que quedaron excluidos de este estudio (Mendoza *et al.*, 2022).

Se agruparon los indicadores por componente, considerando aspectos ambientales y sociales; y el resto de acuerdo con la calidad, uso y su gestión para abordar la realidad multidimensional inherente desde los nuevos enfoques de la gestión del agua, y así identificar aquellas variables que deben estar involucradas en la medición. Por ello, se

recopiló información de indicadores ya existentes y los relacionados con el recurso hídrico de 12 diferentes portales de información. Se trató principalmente de organismos públicos o proyectos dependientes de éstos, que presentan información de libre acceso relacionada con la gestión del agua.

Se agruparon aquellos indicadores que permitieran aportar elementos para una mejor toma de decisiones, así como su relevancia en la zona de estudio y la coincidencia que hubo con las otras fuentes revisadas.

Las fuentes consultadas para la obtención de una primera propuesta de indicadores sobre la gestión del recurso hídrico para el abastecimiento de agua fueron las siguientes: World Resources Institute (WRI-AQUEDUCT); International Groundwater Resources Assessment Centre (UN-IGRAC); Environmental Performance Index (EPI); Global Health Observatory (GHO); International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IB-NET); The World Bank Group; World Water Assessment Programme (WWAP); European Environment Agency (EEA); European Commission (EUROSTAT); Sistema Integrado de Información del Agua (MAGRAMA-SIA); Food and Agriculture Organization (FAO-AQUASTAT), y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Se tomaron en cuenta aquellos indicadores potenciales relacionados con el derecho humano al agua, el derecho a un medio ambiente sano y el ODS-6. Se consideraron los de mayor relevancia en la gestión del agua y de coincidencia con las diferentes fuentes consultadas para la presente investigación.

Para la aplicación de esta propuesta, se seleccionó el OO de la ciudad de León, Guanajuato, México. León es una ciudad ubicada en el estado de Guanajuato, en la región del Bajío. La ciudad cuenta con 1 721 215 habitantes de acuerdo con INEGI (2020), y es la urbe más poblada de la entidad. El área del territorio municipal comprende 1 283.88 km², equivalentes al 3.87 % de la superficie total del estado de Guanajuato. Es el tercer municipio más poblado del país, con un límite urbano de 22 mil hectáreas, alrededor de 600 comunidades rurales, así como más de mil colonias y fraccionamientos. Cuenta con una fuerte dinámica económica, social y urbana. De 2010 a 2020, las viviendas en León pasaron de 330 062 a 440 870, lo cual implica un crecimiento anual de 20.9 % (INEGI, 2015; INEGI, 2020). Es decir, en promedio, el número de viviendas en el municipio de León se incrementó en 11 081 viviendas cada año (H. Ayuntamiento de León, Guanajuato, 2021-2024). Durante los últimos años, la demanda de agua generada por el desarrollo socioeconómico en la región del Bajío ha aumentado de forma considerable debido al incremento tanto de la población como de la producción agrícola e industrial (Caldera & Tagle, 2020).

La ciudad de León ha estado padeciendo problemas de carácter hídrico desde la década de 1980, donde el acuífero del Valle de León asciende a extracciones de 312.5 Mm³/año, con una sobreexplotación de 51.8 Mm³/año, que equivale a un abatimiento del nivel freático de 1.5 a 2.0 m/año (Conagua, 2020), lo que colocando en riesgo la estabilidad y calidad del agua que se extrae. Esto se debe a la sobreexplotación del acuífero, en donde actualmente la profundidad al nivel del agua subterránea varía de 80 a 100 metros; los valores más profundos se

registran entre 120 y 160 metros (Conagua, 2020). De acuerdo con lo anterior se confirma la constante presión ejercida sobre la fuente principal de abastecimiento de agua de la que depende la ciudad.

Esta crisis del agua construida desde el ámbito social no solo resulta de la responsabilidad de los usos y usuarios del acuífero, sino que, y en gran medida, responde a las implicaciones del modelo de gestión del OO local del agua del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (SAPAL), que ha respaldado con abasto de agua la lógica de la expansión de la dinámica económica en la parte norte del Bajío guanajuatense, la cual está clasificada como semiárida (Tagle, Caldera, & Fuente, 2019; Tagle & Caldera, 2021; Tagle, 2023) Por tanto, a pesar de que SAPAL se ha constituido como un referente de gestión del agua potable en México, la ciudad de León enfrenta una crisis de agua por el grado de sobreexplotación que registran los cuatro acuíferos de los que se abastece la ciudad.

Ahora bien, autores como Tagle (2023), Tagle y Caldera (2021), Lozano (2014), y Caldera (2014) plantean que esta crisis del agua en León es causa de un modelo de desarrollo que, a través de la extracción irracional de los bienes comunes naturales, favorece la lógica de reproducción, acumulación y centralización del capital. Desde esta misma lógica mencionan que la crisis del agua en León ha estimulado la consideración de megaproyectos hídricos como “El Zapotillo”, como forma de atajar la crisis, ruta que consideran la intensifica en vez de aliviarla. Entonces, las acciones que el OO está realizando para resolver la crisis del agua que actualmente está viviendo la ciudad de León es a través de proyectos o megaproyectos que impliquen transferir costos, y seguir

manteniendo un monopolio de la gestión del agua que sigue generando un proceso de comercialización y mercantilización (Tagle, 2023; Mendoza, Zamora, Mora-Rodríguez, & Delgado-Galván, 2023).

Para aportar al modelo de gestión “pública” del agua urbana en León, este estudio se ha enfocado en realizar una propuesta de indicadores desde un enfoque socioambiental, que impacten en la gestión sostenible del recurso y no solo en el desempeño del servicio, ya que de manera general los indicadores de gestión utilizados por SAPAL están diseñados para desarrollar y aplicar programas para hacer más eficientes los procesos (Mendoza *et al.*, 2022). Sin embargo, dichos indicadores no comprenden todas las áreas que deben ser monitoreadas para evaluar la gestión integral (partes interesadas, usuarios y medio ambiente), y carecen de un seguimiento de la sostenibilidad del uso del agua, que es fundamental para orientar la gestión pública de los recursos hídricos. En este sentido, es importante para las labores de planificación sostenible del recurso conocer la cantidad de agua disponible ofrecida por la fuente, los niveles de demanda y las restricciones de uso necesarias para mantener la salud de la fuente abastecedora, así como las estrategias gubernamentales que se están considerando para mitigar los riesgos meteorológicos y climáticos en la disponibilidad. Es decir, que además de ofrecer agua para consumo humano y abastecimiento de las actividades productivas, es necesario contar con mecanismos para garantizar el acceso al agua potable, y saneamiento e higiene; reducción en la contaminación de los cuerpos de agua; uso eficiente del recurso hídrico; gestión integrada; protección y recuperación de ecosistemas relacionados con el agua, además de una participación social en la gestión del agua.

Esta propuesta, por tanto, busca medir el cumplimiento y el respectivo monitoreo del derecho humano al agua a un medio ambiente sano, y el ODS-6 en el OO de León, Guanajuato, sustentado en los factores que edifican esos derechos y objetivo mediante un mecanismo de medición cuantitativa y cualitativa.

En este estudio se consultaron expertos en gestión del agua (de recursos hídricos, hidráulica y protección ambiental). Se contó con la participación de diez expertos como tomadores de decisiones de diferentes organismos operadores; de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG); del Consejo Técnico de Agua Subterránea de León (COTAS), y académicos de la Universidad de Guanajuato. Se les aplicó una encuesta de manera personal y a través de medios digitales. Los expertos consultados están familiarizados con la importancia de los elementos (componentes e indicadores) planteados. Los perfiles profesionales de los especialistas fueron de las ingenierías: hidráulica, ambiental, civil y química; además, algunos de ellos están involucrados en áreas de ciencias sociales y jurídicas.

El método analítico jerárquico AHP

El proceso de análisis jerárquico o método AHP consiste en una herramienta de soporte en los procesos de toma de decisiones de tipo multicriterio discreto, que consta de la construcción del problema de forma jerárquica, el cual permite organizar la información de un problema complejo de forma gráfica y eficiente, de modo tal que se pueda descomponer y analizar por partes (Maurtua, 2006). La idea de la

estructura jerárquica es establecer relaciones entre el objetivo (que se encuentra en la parte superior de la jerarquía); sus factores (criterios y subcriterios), y las alternativas, para presentarlas en un orden lógico dentro del proceso de decisión (Yagmur, 2015).

El método AHP es un fundamento que se basa en dar valores numéricos a los juicios dados por los decisores en la comparación de componentes, logrando medir la contribución de cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende, lo cual permite dar al gestor la posibilidad de exponer su opinión respecto a la importancia que tiene cada uno de los elementos respecto al objetivo planteado (Aznar & Guijarro, 2008).

El método AHP se basa en las propiedades de las matrices para la asignación de ponderación a los juicios establecidos por los decisores y para la normalización de las matrices de comparaciones por pares, logrando medir la contribución de cada elemento de la jerarquía (Maurtua, 2006). Para estas comparaciones en términos de preferencia o importancia se utiliza la escala fundamental de comparaciones entre pares establecida por Saaty (1980) y Nantes (2019), en términos de preferencia o importancia, que va de 1 a 9. Al realizar comparaciones por pares entre los elementos involucrados, y partiendo de la escala de valores, se construyeron matrices cuadradas (denominada matriz de decisión) (Ecuación (1)):

$$A_{n \times n} = (a_{ij}) \quad (1)$$

donde a_{ij} representa la comparación entre el elemento i y el elemento j a partir de los valores de la escala de Saaty; n es el número de elementos comparados.

La matriz de decisión cumple con las siguientes tres propiedades: 1) de reciprocidad: la intensidad de preferencia de a_i/a_j es inversa a la preferencia a_j/a_i ; 2) de homogeneidad: si i y j son igualmente importantes, $a_{ij} = a_{ji} = 1$, y, además, $a_{ii} = 1$ para todo i , y 3) de consistencia: la matriz no debe contener contradicciones en la valoración realizada (Saaty, 1980; Navarro, Yepes, & Marti, 2020). Para que los pesos se puedan dar por válidos, el método de Saaty exige que la matriz de decisión sea consistente, es decir, que los juicios que el decisor ha emitido al conformar la matriz de decisión sean coherentes entre sí (Navarro *et al.*, 2020). Una consecuencia directa de dicha coherencia es que se cumpla la Ecuación (2), por lo cual es indispensable que la matriz sea linealmente dependiente (Navarro *et al.*, 2020):

$$a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik} (\forall i, j, k = 1, 2, 3, \dots n) \quad (2)$$

La consistencia se obtiene mediante el índice de consistencia (CI, por sus siglas en inglés, *Consistency Index*) (Ecuación (3)):

$$CI = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1} \quad (3)$$

donde λ_{max} es el máximo autovalor y n es la dimensión de la matriz de decisión; una matriz es consistente si y solo si CI es igual a 0 (Saaty, 1980). Se considera una matriz como válida en cuestiones de consistencia, siempre y cuando la tasa de consistencia (Ecuación (4)) no supere el 10 % (Saaty, 2001; Delgado, Pérez, Izquierdo, & Mora, 2010):

$$TC = \frac{CI}{CI^*} \quad (4)$$

donde CI^* es un valor de consistencia aleatoria, es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria (Saaty, 1977). Para conocer la magnitud de la inconsistencia, se compara el valor de CI con CI^* .

Si no es posible obtener la consistencia, entonces se deben modificar los juicios emitidos para mejorar la tasa de consistencia y lograr que el análisis sea confiable (Finan & Hurley, 1997; Delgado *et al.*, 2010). Con los resultados obtenidos por los especialistas se analizó la consistencia de las matrices siguiendo el proceso establecido por el método AHP, aplicando las matrices de comparación entre pares de los componentes e indicadores, y se comprobó que el CI tuviera un valor ≤ 0.10 . Cuando la razón de consistencia resultó mayor, la matriz de comparación por pares se define como inconsistente, por lo que fue necesario aplicar algún método de mejora de consistencia, logrando un análisis confiable (Benítez, Delgado, Izquierdo, & Pérez, 2011).

Resultados

La conformación del modelo jerárquico para determinar los elementos que impactan en la gestión sostenible del agua se tiene en la Figura 1. Una vez planteado el problema, se busca conocer cuál indicador tiene mayor relevancia en función de los cinco componentes. Por lo tanto, el primer paso fue ponderar los componentes.

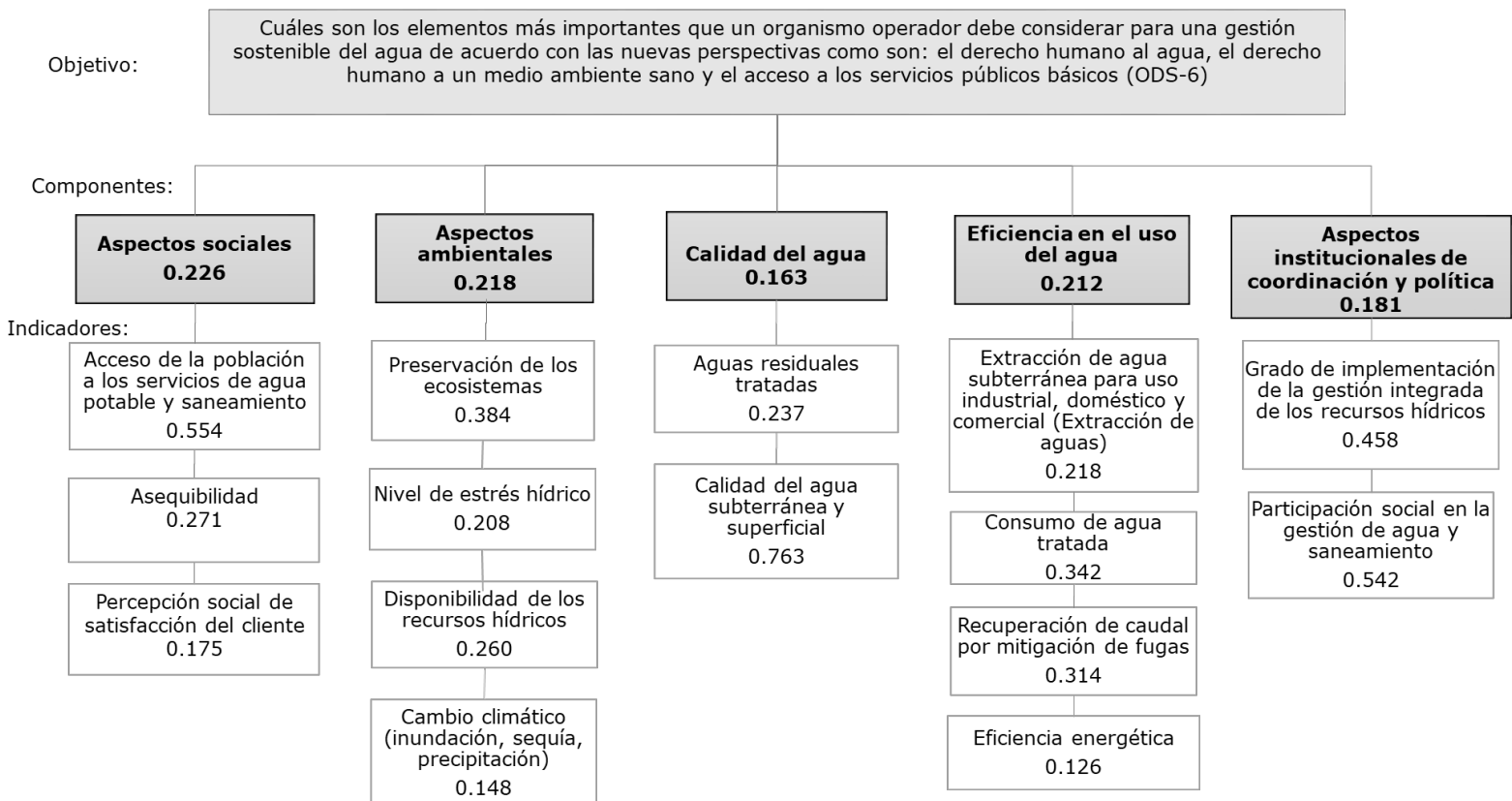


Figura 1. Modelo jerárquico para determinar los elementos que impactan en la gestión sostenible del agua.

Con los resultados obtenidos por los expertos se obtuvo la ponderación, y se construyeron las matrices de comparaciones de los componentes e indicadores, utilizando la comparación de escala pareada establecida por Saaty (1980). Para aplicar la escala se desarrolló la matriz de componentes tanto en fila como en columna. Las comparaciones se realizaron siempre entre filas (numeradores) y columnas (denominadores). Se logró la ponderación de cada indicador en función de los componentes y la importancia de cada componente; esto, con la finalidad de elegir la mejor opción de indicadores que influyan en la gestión del agua.

El modelo jerárquico de la Figura 1 muestra la ponderación de cada indicador en función de los cinco componentes y la importancia de cada uno de ellos; y, por lo tanto, permite elegir el componente e indicadores más relevantes.

De acuerdo con la evaluación del modelo de indicadores propuesto, las categorías de mayor importancia que para el caso de estudio el OO SAPAL debe considerar para una gestión sostenible del agua están apegadas a las nuevas perspectivas, como son el derecho humano al agua, el derecho a un medio ambiente sano y el acceso a los servicios públicos. Los componentes que están relacionados directamente con estos enfoques son los aspectos sociales y ambientales, con una ponderación de 22.6 y 21.8 %, respectivamente. Lo anterior permitió identificar que sin duda aquellos de mayor relevancia son los relacionados con el bienestar social y ambiental. Los resultados de la Figura 1 priorizan aquellos indicadores en los que se debe prestar mayor atención; para el caso de los componentes de aspectos sociales y ambientales son el acceso

de la población a los servicios de agua potable y saneamiento, la preservación de los ecosistemas y la disponibilidad de los recursos hídricos, todos indicadores importantes al estar ligados con los nuevos enfoques del derecho humano al agua, a un medio ambiente sano y al acceso a los servicios públicos básicos, así como por los factores que los afectan, como son salud, pobreza, y grado de deterioro ecológico y ambiental.

Con respecto a los componentes de eficiencia en el uso del agua con 21.2 % y de calidad del agua con 16.3 %, así como de sus respectivos indicadores, se muestra que el OO debe dar prioridad al consumo de agua tratada, recuperación de caudal por mitigación de fugas, y calidad del agua superficial y subterránea. Se puede observar que se trata de indicadores que pueden impactar de modo significativo hacia una gestión sostenible del recurso, es decir, son indicadores vitales para el desarrollo social y económico. Es necesario resaltar la importancia del manejo del recurso hídrico en la eliminación y/o reducción de las características no deseables del agua, una forma de contar con una mejor calidad del agua con características adecuadas para el uso que se le quiera dar. En este sentido, es imprescindible contar con una manera de reutilizar el recurso hídrico sin disponer del agua potable para ciertas actividades de usos no esenciales y lograr eficiencia en el uso del agua.

El componente de aspectos institucionales de coordinación y política es uno de los más importantes con 18.1 %, pues los indicadores que lo conforman están orientados a una gestión del agua integral, fortaleciendo las políticas de gobernanza del agua, así como una concientización del

público en cuanto al manejo de los recursos hídricos desde la participación ciudadana.

Discusión

Con base en Raskin *et al.* (1997), en términos teóricos, para hablar de un derecho humano al agua desde una mirada empírica y no sólo teórica, queda aún un largo recorrido por andar, cuya brecha requiere el planteamiento y la resolución de diversas cuestiones. Como se ha podido ver, aunque se encuentra estipulado como un derecho humano, todavía queda el vacío dentro de los parámetros para su medición. Los indicadores propuestos en el modelo jerárquico (Figura 1) son un medio para integrar conceptos básicos que permitan el desarrollo de nuevas políticas públicas cuyo fin sea monitorear el cambio para una correcta gestión y priorización de los recursos (Domínguez, 2010).

El método AHP permitió trabajar con grupos multidisciplinares y dar una vista panorámica de los indicadores relevantes, como se ha demostrado en este trabajo.

La revisión de los indicadores de las diferentes iniciativas muestra que se centran en aspectos operacionales, de mantenimiento, de eficiencia y eficacia en la distribución de agua, finanzas gerenciales, y en el rendimiento para el desarrollo organizacional del organismo. Esto significa que los indicadores tradicionales representan una limitante al solo mostrar una mejora de oportunidad en el desempeño del servicio de agua centrado en el lado de la ingeniería del negocio, donde no se toman en cuenta todas las dimensiones de sostenibilidad.

Dado que el OO no sólo tiene impacto en el usuario o en el servicio que presta, se requiere de un análisis a mayor profundidad, considerando aspectos orientados a enfoques donde la sostenibilidad del recurso hídrico y las acciones ligadas al derecho de toda persona al agua es fundamental, ampliando de esta manera el espectro de consideraciones para una gestión adecuada del recurso, considerando que el OO tiene una influencia mayor al área donde se ubica su infraestructura.

Por ello, en la estructura de esta propuesta de indicadores, de acuerdo con los resultados, se puede observar el orden prioritario por componente. Sobresalen aquellos que tienen un impacto significativo y mayor relevancia en la gestión sostenible del agua. De acuerdo con los resultados, los indicadores que tienen mayor importancia son los siguientes: el acceso de la población a los servicios de agua potable y saneamiento; la preservación de los ecosistemas; el consumo de agua tratada y la recuperación de caudal por mitigación de fugas; la participación social en la gestión de agua y saneamiento; y la calidad del agua subterránea y superficial. Es importante destacar la existencia de datos suficientes para el uso de los indicadores propuestos. Con estos indicadores no se pretende restar valor a los indicadores de desempeño tradicionales, sino integrar aquellos que incidan en la consideración de aspectos socioambientales, derivados del análisis realizado, evidenciando la importancia de los mismos ante un contexto ampliamente cambiante en la gestión del agua.

Conclusiones

Para el estudio se hizo el análisis de 12 indicadores propuestos para el abastecimiento de agua de León, distribuidos en cinco componentes: aspectos sociales (tres indicadores); aspectos ambientales (cuatro indicadores); calidad del agua (dos indicadores); eficiencia en el uso del agua (cuatro indicadores), y aspectos institucionales y de coordinación y política (dos indicadores). Estos instrumentos de medición permitieron conocer cuáles son prioritarios para ser utilizados o requieren mayor atención por el abastecimiento de agua, bajo los enfoques del derecho humano al agua, el derecho humano a un medio ambiente sano y el acceso a los servicios públicos básicos (ODS-6).

Con base en el análisis de las matrices de comparación utilizadas para la aplicación del método AHP, se destacaron aquellos elementos más importantes, que para este caso el OO SAPAL debe considerar que impacten en la gestión sostenible del agua; se identificaron aquellos indicadores que presentan una tendencia para mejorar el uso y aprovechamiento del agua. Por tanto, no se pretenden incrementar los datos generados por los sistemas actuales (PIGOO y SIOO), sino emplearlos de manera que puedan servir para incluir aspectos más amplios del espectro de la gestión del recurso hídrico en las ciudades.

Contar con una herramienta para la toma de decisiones es indispensable para llevar a cabo los procesos de planeación y programación de los recursos. Es uno de los retos que enfrenta el estado de Guanajuato: poder plantear estrategias que contemplen recuperar la disponibilidad de sus recursos hídricos a través de medidas ligadas a una

gestión para la reducción de los consumos, optimización de rendimientos y eficiencia de uso del agua para mejorar deficiencias ambientales que persisten en la actualidad. A partir de este planteamiento de indicadores, la propuesta es contar con un sistema oficial de indicadores en materia medioambiental apegados al derecho humano al agua y acceso a los servicios públicos, que coadyuve al diseño, seguimiento, evaluación y toma de decisiones de políticas públicas enfocadas en mejorar a los OO.

Una forma de implementar acciones de mejora en diferentes parámetros es con la finalidad de contribuir a soluciones multidisciplinarias, integrales y sostenibles; por lo que es necesario identificar prácticas asociadas con las acciones que tienen un impacto positivo en los valores de los indicadores. Cada OO de acuerdo con sus objetivos o metas particulares debe identificar aquellos indicadores que le son relevantes. Es decir, considerar un sistema de indicadores que incluyan todas las áreas de interés, partes interesadas y factores que influyen en un determinado entorno. Los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento son aquellos que forman parte de los llamados servicios de interés general, porque inciden sobre el bienestar, la salud pública y la seguridad colectiva de las poblaciones, así como en las actividades económicas y la preservación del medio ambiente. No deben mantenerse en segundo plano. En pocas palabras, es necesario cambiar el paradigma de la administración municipal hacia el propósito del desarrollo sostenible.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), y a la Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado (DAIP).

Referencias

ADERASA, Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas. (2014). *Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking. Informe Anual*. Recuperado de https://www.aderasa.org/wp-content/uploads/2020/04/Informe_anual_de_benchmarking_de_ADERASA_2014.pdf

AECOM, National Water and Wastewater Benchmarking Initiative. (2015). *Wastewater performance measures*. Recuperado de <http://nationalbenchmarking.ca>

Alegre, H., Cabrera, E., Duarte, P., Merkel, W., Melo, J., Cubillo, F., Hirner, W., & Parena, R. (2018). *Indicadores de desempeño para servicio de abastecimiento de agua. Manual de buenas prácticas* (3a ed.). Valencia, España: Universitat Politècnica de València España e International Water Association. Recuperado de https://www.iwapublishing.com/sites/default/files/ebooks/Manual%20PI%20IWA_ES.pdf

- Alegre, H., Melo, J., Cabrera E., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W., & Parena, R. (2006). *Performance indicators for water supply services* (2nd ed.). Londres, UK: International Water Association. Recuperado de <https://www.iwapublishing.com/books/9781843390510/performance-indicators-water-supply-services-second-edition>
- Alegre, H., Wolfram H., Melo, J., & Parena, R. (2000). Performance Indicators for Water Supply Services. IWA Manual of Best Practices. IWA Publishing, 8(14). DOI: 10.2166/9781780405292
- Aznar, J., & Guijarro, F. (2008). *Nuevos métodos de valoración. Modelos multicriterio*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Benavides, H. (2010). *Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren* (tesis doctoral). Universitat Politècnica de València, España.
- Benítez, J., Delgado, X., Izquierdo, J., & Pérez, R. (2011). Achieving matrix consistency in AHP through linearization. *Applied Mathematical Modelling*, 35(9), 1-9.
- Berg, S. (2020). Performance assessment using key performance indicators (KPIs) for water utilities: A primer. *Water Economics and Policy*, 6, 1-19.

- Caldera, A. (2014). La gestión del agua urbana en León, Guanajuato: un análisis político de las ideas que dan forma a las políticas públicas y sus resultados. En: Tagle, D. *La crisis multidimensional del agua en León, Guanajuato* (pp. 68-86). México, DF, México: Miguel Ángel Porrúa.
- Caldera, A., & Tagle, D. (2020). *Guanajuato: crónica del cambio en su gestión del agua. Agua en el Bajío guanajuatense* (pp. 33-64). Guanajuato, México: Universidad de Guanajuato.
- CCA, Consejo Consultivo del Agua. (2010-2011). *La gestión del agua en las ciudades de México. Indicadores de desempeño de organismos operadores. Primer reporte*. México, DF, México: Consejo Consultivo del Agua.
- CCA, Consejo Consultivo del Agua. (2011). *Indicadores de desempeño de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Segundo Reporte. Gestión del agua en las ciudades de México*. México, DF, México: Consejo Consultivo del Agua.
- Coates, D., & Connor, R. (2018). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos: soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. DOI: 10.18356/b77e1f7d-es
- Conagua, Comisión Nacional del Agua. (2020). *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Ciudad de México, México: Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, Comisión Nacional del Agua.

- Cortez, P., Sainos, A., Gómez, J., Maldonado J., & Rodríguez, M. (2017). *Sistema comercial de organismos de agua potable: organización y funcionamiento para mejorar la calidad del servicio*. Jiutepec, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Corton, M. (2003). Benchmarking in the Latin American water sector: The Case of Peru. *Utilities Policy*, 11(3), 133-142.
- Delgado, X., Pérez, R., Izquierdo, J., & Mora, J. (2010). Analytic hierarchy process for assessing externalities in water leakage management. *Mathematical and Computer Modelling*, 52, 1194-1202.
- Domínguez, S. J. (2010). El acceso al agua y saneamiento: Un problema de capacidad institucional local. Análisis en el estado de Veracruz. *Gestión y política pública*, vol. 19, núm. 2, pp. 311-350. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792010000200004&lng=es&tlng=es
- Durán, J., & Rodríguez, A. (2006). Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*, 12(36), 129-162. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/espiral/v12n36/v12n36a5.pdf>
- Estévez, C., Herrera, P., & Tiribocchi, A. (2019). *Garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Implementación de políticas públicas en América Latina y El Caribe*. París, Francia: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Programa Hidrológico Internacional VIII.

- FCM, Federación de Municipalidades Canadienses & NRC, Nacional Consejo de Investigación. (2002). *Desarrollo de indicadores y puntos de referencia: un informe de mejores prácticas elaborado por la guía nacional de infraestructura municipal sostenible., InfraGuide*. Ottawa, Canadá: Federación de Municipalidades Canadienses & NRC, Nacional Consejo de Investigación.
- Finan, J., & Hurley, W. (1997). The analytic hierarchy process: Does adjusting a pairwise comparison matrix to improve the consistency ratio help. *Computers & Operations Research*, 24, 749-755.
- Flores, F., Rodríguez, M., & Alcocer, V. (2012). *Indicadores de gestión prioritarios en organismos operadores*. Jiutepec, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Ganjidoost, A., Haas, C., & Unger, A. (2018). Benchmark Performance Indicators for Utility Water and Wastewater Pipelines Infrastructure. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 3, 1-11.
- Gil-Antonio, M., & Reyes, H. (2021). Gestión integral del agua desde un enfoque social, hacia una economía ecológica. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales*, 24(47), 159-176. DOI: 10.20983/noesis.2015.1.6
- Hansen, M., & Alcocer, V. (2014). *Indicadores de gestión prioritarios en organismos operadores. Informe final HC1415.1*. Jiutepec, México: Coordinación y Subcoordinación de Hidráulica Urbana del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

- Hansen, M., & Rodríguez, J. (2015). *Indicadores de gestión prioritarios en organismos operadores. Informe final HC1507.1*. Jiutepec, México: Coordinación y Subcoordinación de Hidráulica Urbana del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Hansen, M., & Rodríguez, J. (2019). *Indicadores de gestión prioritarios en organismos operadores. Informe final HC1915.1*. Jiutepec, México: Coordinación y Subcoordinación de Hidráulica Urbana del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado de http://www.pigoo.gob.mx/rep/InformeHC1915_PIGOO_Ed_2019.pdf
- Hansen, M., Saavedra, J., & Rodríguez, J. (2018). *Indicadores de gestión prioritarios en organismos operadores. Informe final HC1819.1*. Jiutepec, México: Coordinación y Subcoordinación de Hidráulica Urbana del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- H. Ayuntamiento de León, Guanajuato. (2021-2024). *Programa de gobierno municipal de León, Guanajuato*. León, México: H. Ayuntamiento de León.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *Encuesta intercensal. Subsistema de Información Demográfica y Social, México*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Censo de Población y Vivienda. Subsistema de Información Demográfica y Social. México*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

- Kemper, K., Foster, S., Garduno, H., Nanni, M., & Tuinhof, A. (2003). *Economic instruments for groundwater management: Using incentives to improve sustainability* (GW Mate Briefing Note Series 7). Washington, DC, USA: World Bank.
- Lafferty, A., & Lauer, B. (2005). *Benchmarking performance indicators for water and wastewater utilities. Survey Data and Analyses Rep.* Denver, USA: American Water Works Association.
- Lobato-de-Faria, A., & Alegre, H. (1996). Paving the way to excellence in water supply systems: A national framework for levels-of-service assessment based on consumer satisfaction. The Maarten Schalekamp Award 1995. *Aqua*, 45(1), 1-12.
- Lozano, G. (2014). La crisis del agua en León: claves para su comprensión. En: Tagle, D. *La crisis multidimensional del agua en León, Guanajuato* (pp. 87- 102). México, DF, México: Miguel Ángel Porrúa.
- Maurtua, D. (2006). *Criterios de selección de personal mediante el uso del proceso de análisis jerárquico. Aplicación en la selección de personal para la empresa Exotic Foods S. A. C.* Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mendoza, M., Tagle, D., Morales, J., Caldera, A., Mora, J., & Delgado, X. (2022). Water Supply Management Index: Leon, Guanajuato, Mexico. *Water*, 14, 919. DOI: 10.3390/w14060919

- Mendoza, M., Zamora, D., Mora-Rodríguez, J., & Delgado-Galván, X. (2023). Modificaciones al Proyecto Presa el Zapotillo. En: Zamora, D., Delgado-Galván, X., Mora-Rodríguez, J., & Caldera, A. (eds.). *El Zapotillo y su viraje en la 4T. Voces y reacciones* (pp. 90-113). León, Guanajuato: Centro Tlacuilo, S. C. y Tlacuilo Ediciones. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/370715510_El_Zapotillo_y_su_viraje_en_la_4T_Voces_y_reacciones/stats#fullTextFileContent
- Miner, G., & AWWA, American Water Works Association. (2008). Benchmarking performance indicators for water and wastewater utilities: Annual Survey Data and Analysis Report. *American Water Works Association, Journal*, 100(5), 163. Recuperado de <https://www.proquest.com/docview/221605422>
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2012). *Manual de indicadores de gestión para agua potable y alcantarillado sanitario. Dirección de agua potable y saneamiento*. Asunción, Paraguay: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.
- MPMP, Municipal Performance Measurement Program. (2007). *Municipal performance measurements program handbook*. Toronto, Canadá: Ministry of Municipal Affairs and Housing.
- Nantes, E. (2019). El método Analytic Hierarchy Process para la toma de decisiones. Repaso de la metodología y aplicaciones. *Investigación Operativa*, 46, 54-73.

- Navarro, I., Yepes, V., & Marti, J. (2020). Comparación pareada como método de evaluación de competencias transversales en materia de sostenibilidad. En: *VI Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red. IN-RED* (pp. 670-679). DOI: 10.4995/INRED2020.2020.12000
- OMBI, Ontario Municipal Benchmarking Initiative. (2012). *Performance measurement report. Wastewater*. Dundas, Canadá: Ontario Municipal Benchmarking Initiative.
- ONU-DH, Oficina en México del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. (2012). *Indicadores sobre el derecho al agua en México*. Vol. 1. México, DF, México. Recuperado de https://hchr.org.mx/wp/wp-content/themes/hchr/images/doc_pub/Indicadores_Agua.pdf
- Pineda, N., Salazar, A., & Méndez, R. (2020). Gestión municipal exitosa: el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León. En: Salazar-Adams, A. (coord.). *El agua en las ciudades del norte de México: capacidad institucional y desempeño* (pp. 27-52). Hermosillo, México: El Colegio de Sonora.
- Raskin, P., Gleick, P., Kirshen, P., Pontius, G., & Strzepek, K. (1997). *Water futures: Assessment of long-range patterns and problems. Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world. SEI*. Recuperado de <https://www.sei.org/publications/water-futures-assessment-long-range-patterns-problems-2/>
- Saaty, T. (1977). Scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281. DOI: 10.1016/0022-2496(77)90033-5

- Saaty, T. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. Mclean, USA: McGraw-Hill.
- Saaty, T. (2001). *The analytic network process*. Pittsburgh, USA: RWS Publications.
- Tagle, D., Caldera, A., & Fuente, M. (2019). Normatividad, gestión pública del agua y ambientalismo de mercado en México: un análisis desde los proyectos políticos (2012-2018). *Tecnología y ciencias del agua*, 10(2), 1-34. DOI: 10.24850/j-tyca-2019-02-01
- Tagle, D., & Caldera, A. (2021). Corporatización de tipo neoliberal en la gestión del agua en México. Lecciones de León, Guanajuato. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(2), 207-271. DOI: 10.24850/j-tyca-2021-02-05
- Tagle, D. (2023). Presa El Zapotillo: una discusión de su pertinencia para León, Guanajuato, a una década del conflicto por el agua. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 38(1), 247-282.
- Thornton, G., Franz, M., Edwards, D., Pahlend, G., & Nathanaile, P. (2007). The challenge of sustainability: Incentives for brownfield regeneration in Europe. *Environmental Science & Policy*, 10(2), 116-134.
- WRF, Water Research Foundation. (2014). *Performance benchmarking for effectively managed water utilities* (Web Rep. No. 4313b). Denver, USA: Water Research Foundation.

Yagmur, L. (2015). Multi-criterio evaluation and priority analysis for localization equipment in a thermal power plant using the AHP (analytic hierarchy process). *Energy*, 94, 476-482. DOI: 10.1016/j.energy.2015.11.011