

DOI: 10.24850/j-tyca-2025-05-09

Notas

El saneamiento desde una perspectiva histórica.

Desafíos y oportunidades

Sanitation from a historical perspective. Challenges and opportunities

Denise Soares¹, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1811-0139>

Sergio Vargas², ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7169-0844>

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, México, denisefsoares@yahoo.com.mx

²Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuautla, Morelos, México, vargasvme@uaem.edu.mx

Autora para correspondencia: Denise Soares, denisefsoares@yahoo.com.mx

Resumen

La presente contribución tiene como objetivo presentar algunos temas clave que se destacan en la literatura sobre el desarrollo del saneamiento y los retos para acceder a dicho servicio en zonas rurales; la alternativa de saneamiento ecológico es una opción que si bien presenta desafíos

puede constituirse en una iniciativa para avanzar en la cobertura de dicho servicio. En primer lugar, se pretende dar cuenta de cómo fueron evolucionando las soluciones de saneamiento a nivel mundial, al responder a situaciones concretas de asociaciones con enfermedades. Después se retoman algunos de los estudios que se han desarrollado y se parte de dos conceptos considerados nodales para abordar el acceso a este servicio básico: centralización y descentralización. Finalmente, se plantea la relevancia de impulsar el saneamiento ecológico y se identifican algunos desafíos para avanzar en la universalidad del acceso a dicho servicio, para cumplir con el Objetivo 6 de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible.

Palabras clave: Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible, aguas residuales, saneamiento ecológico.

Abstract

The present contribution has the purpose to present some key themes that stand out in the literature on the development of sanitation and the challenges to access this service in rural areas, exhibiting the alternative of ecological sanitation as an option that, although it presents challenges, can become an initiative to advance the coverage the service. Firstly, it aims to account for how sanitation solutions evolved worldwide, responding to specific situations associated with diseases. Secondly, some of the studies that have been developed are taken up, starting from two concepts considered nodal to address access to this basic service: Centralization and decentralization. Finally, the relevance of promoting ecological sanitation is raised, identifying some challenges to advance the

universality of access to this service, thus fulfilling Goal 6 of the 2030 Agenda for Sustainable Development.

Keywords: 2030 Agenda for Sustainable Development, sewage water, ecological sanitation.

Recibido: 21/03/2024

Aceptado: 22/07/2024

Publicado *ahead of print*: 24/07/2024

Versión final: 01/09/2025

Introducción

Una de las problemáticas más recurrentes en el entorno rural de Latinoamérica es el rezago en el saneamiento, ya que las organizaciones gubernamentales y privadas responsables del abasto de agua y saneamiento están prácticamente ausentes de las comunidades rurales, al concentrar en las ciudades las infraestructuras y los equipamientos que ofrecen los bienes y servicios básicos debido a demandas colectivas más atractivas política y económicamente; esto genera una brecha de acceso a dichos servicios (Gac-Jiménez & Miranda-Pérez, 2019). Asimismo, estas áreas rurales y periurbanas reciben las descargas de aguas residuales urbanas —muchas veces sin tratamiento alguno o solo con uno de carácter primario—, lo cual significa que se les transfieren los costos ambientales de su depuración o acumulación en el ambiente.

En tiempos remotos, las diferencias entre el consumo de agua y sus descargas no determinaban un impacto significativo en términos ambientales, pues la carga contaminante predominantemente de origen orgánico incluso era útil para la agricultura. Sin embargo, el advenimiento de la sociedad industrial, con su mayor concentración urbana, su ascendente demanda de agua tanto para uso consuntivo como productivo, así como la incorporación de nuevos conocimientos y preceptos respecto a la higiene y las enfermedades profundizó la distancia entre los modos de vida urbano y rural. Goubert (1986: 51-52) denomina al periodo industrial como fase devoradora de agua, pues corresponde a una etapa en la que el consumo masivo del recurso pasó a constituir un factor indispensable del progreso social y económico en los países industrializados; fue en ese momento, entre finales del siglo XVIII, y principalmente el siglo XIX y principios del XX, cuando también se implementaron las grandes obras de drenaje y saneamiento urbano en los países centrales.

Mientras se fueron concentrando opciones de saneamiento cada vez más tecnificadas en las zonas urbanas, las rurales se quedaron en el olvido, debido a la escasa inversión en dichas regiones, por no ser políticamente redituables, ya que la lógica de mercado no opera en zonas rurales aisladas, al no permitir economía de escala de las soluciones propuestas; a la carencia de apoyo técnico de instituciones públicas, o empresas de agua y saneamiento de mayor tamaño, y al bajo nivel socioeconómico de los beneficiarios, entre otros factores. Frente al abandono del saneamiento en zonas rurales, se han buscado alternativas a pequeña escala que atiendan las necesidades específicas de las localidades y el saneamiento ecológico, cuyos principios se centran en el

cuidado del agua y la protección a la salud ambiental y humana; esto se viene consolidando como una alternativa de gran potencial (Gac-Jiménez & Miranda-Pérez, 2019).

El objetivo de esta contribución es brindar un breve panorama del desarrollo de las propuestas de saneamiento a nivel global y presentar el saneamiento ecológico como una alternativa cada vez más aceptada en contextos rurales para avanzar en la cobertura de dicho servicio. Primero se parte de un recorrido histórico sobre la evolución de estrategias de saneamiento, que responde a la complejización del entendimiento de la relación entre salud pública y aguas residuales. Posteriormente, se describen las particularidades de dos sistemas de saneamiento que cohabitan en la actualidad: centralizados y descentralizados, y se apuntala sus principales características. Por último, se proponen algunas reflexiones sobre soluciones de saneamiento ecológico como una alternativa para avanzar en la universalidad del acceso a este servicio en zonas rurales, a fin de cumplir el Objetivo 6 de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible.

Un poco de historia

A lo largo de la historia se fue tomando conciencia sobre los peligros de las aguas residuales para la salud pública y el ambiente, lo que dio cabida a un proceso de perfeccionamiento constante del manejo de estrategias de saneamiento; en ese contexto, el agua era clave como un medio de transporte de los desechos. El primer sistema sanitario lo hizo Babilonia en el 4000 a.C. y consistía en un pozo negro, es decir, una excavación para concentrar las heces, transportadas por medio de baldes. Ello

rápidamente se generalizó hacia otras ciudades y zonas rurales. De esta manera empezó a pensarse en alternativas de saneamiento (Espejo, 2016).

En la isla de Creta y otras islas del mar Egeo se evidencia la presencia de sistemas de alcantarillado desde inicios de la civilización minoica, la cual floreció de 2700 a 1450 a.C., donde manejaban los residuos fecales por medios hidrodinámicos; esto les permitía encauzar los desechos hacia un canal situado a media calle y, en periodos lluviosos, transportarlos a las redes de drenaje pluvial. Entre los años 400 y 300 a.C., en la capital del antiguo reino de Macedonia también se encontraron sistemas de alcantarillado, así como la utilización de aguas residuales como fertilizante agrícola en la agricultura. Asimismo, se hallaron redes al aire libre menos sofisticadas para el transporte de las aguas residuales y pluviales en ciudades de Grecia, ello llevó a la ocurrencia de enfermedades transmitidas por el agua, como el cólera y la peste, entre otras (Angelakis, Capodaglio, & Dialynas, 2023).

Los sistemas de canales para recolectar los flujos de aguas residuales y pluviales fueron modernizados por los romanos, quienes construyeron baños públicos, sistemas de evacuación de aguas residuales y eliminación de desechos, además de acueductos que cruzaron por todo el imperio. Las excavaciones arqueológicas dejan evidencias de que existían notables esfuerzos de ingeniería, plasmados en sistemas de saneamiento en las ciudades de Pompeya y Herculano, destruidas por el volcán Vesubio en el año 79 d.C., así como en la Roma antigua (siglo VI a.C.), en donde la "Cloaca Máxima" fue un sistema de recogida y eliminación de aguas residuales con vaciado al río Tíber, que constaba de 14 acueductos para proporcionar alrededor de mil millones de litros de

agua al día, con distribución a fuentes, cisternas, casas particulares y baños públicos (Angelakis *et al.*, 2023; Fernández-Ferriol, Ferriol-Rodríguez, & Jorge-Fleites, 2018;).

Asimismo, en Roma se cosechaba el agua de la lluvia para la preparación de medicinas. Sin embargo, fue solamente después del año 100 d.C. que se dejó de tirar los excrementos en la calle debido a un decreto que obligaba a la conexión de las viviendas con el drenaje. Como la dinámica de higiene ambiental y personal siempre es acorde con los conocimientos, en aquel entonces no se sabía sobre la existencia de los microorganismos, por tanto, no se podría esperar mucho de los hábitos de higiene para la prevención de enfermedades. De hecho, el mal olor determinaba qué hacer con las aguas negras y no una conciencia acerca de su insalubridad (Angelakis *et al.*, 2023; Cipolla, 1980).

En el periodo medieval, los avances tecnológicos en términos de gestión del agua y el saneamiento logrados con el imperio romano retrocedieron bajo influencia de las nuevas costumbres morales y sociales introducidas por el cristianismo. Solamente en pocas ciudades europeas, entre ellas París, se conservaron las estructuras romanas de alcantarillado, pero pronto fueron absorbidas por el crecimiento urbano desordenado. De esa manera, el manejo comunitario de excretas se cambió a soluciones individuales, por considerarse el saneamiento un asunto privado y no colectivo. Se volvió una práctica cotidiana tirar los excrementos de las ventanas a las calles y áreas públicas, con el uso de plazas y calles como pozos sépticos, lo que generó focos de infección; esta situación llevó a una grave crisis sanitaria, con la proliferación de plagas, y epidemias de cólera y peste, que provocaron una merma del 25 % de la población europea (Mazuera & Russo, 2021).

Si en Europa el cristianismo generó retroceso en términos de saneamiento, ello no ocurrió en las ciudades árabes, en donde se avanzó en su manejo, diferenciando el agua por sus orígenes. El agua de lluvia era considerada como divina y la almacenaban en aljibes para su posterior uso, dado que era esencial para la vida. Las aguas grises, provenientes de actividades domésticas, se eliminaban a través de drenajes subterráneos o superficiales. Finalmente, las aguas residuales eran enviadas a pozos negros. No hay que olvidar que en la actualidad, la estrategia que prevalece en la gestión del agua urbana sigue siendo la usada por los árabes en el Medioevo: separación de fuentes (Mazuera & Russo, 2021; Angelakis & Rose, 2019).

El Renacimiento (siglos XIV al XVII), conocido como una revolución en el ámbito de las artes, si bien no tuvo el mismo avance en el saneamiento, tampoco se puede menospreciar su evolución, como consecuencia de las crisis asociadas con la peste negra del siglo XIV. Así, el Renacimiento se caracterizó por el crecimiento de las ciudades (en contraste con el Medioevo, en donde predominaban sociedades rurales), lo cual potenció la contaminación debido al manejo inadecuado de las excretas, dado que su medio de eliminación y transporte eran zanjas abiertas, con la descarga directa a algún cuerpo de agua, a lo que se sumó el fecalismo al aire libre y el uso de las calles como receptoras de excrementos. Londres fue la ciudad más relevante de Europa debido a su dinámica comercial y llegó a un nivel tal de contaminación de aguas que se convirtió en la primera ciudad en generar una norma sobre la prohibición de verter residuos en el río Támesis y otros cursos de agua, al igual que en definir la necesidad del tratamiento de aguas residuales en las viviendas (Angelakis *et al.*, 2023; Mazuera & Russo, 2021).

En el Renacimiento se retomó la práctica griega de combinación de eliminación de aguas residuales con su uso agrícola en las llamadas “granjas de aguas residuales”; a esto se le conoce hoy en día en Polonia y Escocia como la utilización de aguas residuales para la producción de cultivos.. De hecho, dicha práctica se difundió a tal punto que en el siglo XIX Londres usaba el sistema de alcantarillado para conducir la lluvia y evitar inundaciones, dado que todas sus aguas residuales eran vendidas a agricultores como estiércol. La dinámica era vaciar las cámaras subterráneas revestidas por ladrillos —que instalaban debajo de los retretes— y transportar el material para su venta. De hecho, el término ampliamente difundido y nombrado en la actualidad “tierra nocturna”, se acuñó porque el vaciado de las cámaras se realizaba en la noche (Angelakis *et al.*, 2023; Angelakis & Rose, 2019).

Confluyeron dos situaciones de gran relevancia para el avance en términos de saneamiento en el siglo XIX. Por un lado, las investigaciones de Louis Pasteur, que comprobaron que el cólera, la fiebre tifoidea y otras enfermedades infecciosas se debían a microorganismos presentes en las aguas residuales. Por el otro, la destrucción de una cuarta parte de la ciudad de Hamburgo, Alemania, en el gran incendio de 1842, cuya reconstrucción se hizo utilizando un nuevo sistema de drenaje, que inspiró posteriormente a las urbes europeas y estadounidenses. Asimismo, los avances en microbiología permitieron progresos en el tratamiento de aguas residuales.

Sin embargo, la revolución industrial trajo un nuevo problema: la contaminación química del agua, de tal suerte que en la segunda mitad del siglo XX ya estaba conformado un importante movimiento internacional de denuncia de la contaminación hídrica (Espejo, 2016).

En México, el saneamiento se constituyó como un problema público para las ciudades durante el porfiriato (1877-1880 y 1884-1911), cuando se empezó a gestar un proyecto de modernización para el país, centrado en brindar servicios adecuados a las ciudades. La idea era que la burguesía urbana fuera identificada como “civilizada” y ello se convirtió en un objetivo pilar de la política urbana de finales del siglo XIX. Prevalecía en aquel entonces una fuerte tasa de mortalidad infantil y se asumía, de manera correcta, que muchas enfermedades que llevaban al incremento de muertes en el país eran derivadas de las condiciones de insalubridad existentes. De esa manera, se trató de atender la salud pública con grandes obras de saneamiento y drenaje. Aunado a ello, las frecuentes inundaciones en la capital, ocasionadas por la carencia de drenaje, también fueron un motor para promover un avance en el saneamiento ambiental. Son indiscutibles los logros del porfiriato en materia de salud, sin embargo no hay que menoscabar la profunda desatención de la pobreza como detonante del incremento de enfermedades y que profundizaba las brechas de desigualdad (Reyes-Ibarra, 2018; Brena, 2015).

El saneamiento en la actualidad

A principios del siglo XXI, con el amplio reconocimiento de la relevancia del saneamiento para la salud pública y ambiental, la gran mayoría de los Estados miembros de la Unión Europea alcanzaron prácticamente el 100 % de la cobertura de dicho servicio. Sin embargo, la problemática derivada de la carencia de saneamiento persiste en la actualidad en muchas naciones. De hecho, los países de ingresos altos o considerados

desarrollados tratan alrededor del 70 % de sus aguas residuales municipales e industriales; mientras que dicho promedio alcanza solamente un 38 % en los países de ingresos medios altos, y un 28 % en los países de ingresos medios-bajos. En 2020, el 46 % de la población mundial carecía de saneamiento seguro y el 44 % de las aguas residuales domésticas se descargaba a los cuerpos de agua sin tratamiento. En 2022, 3 400 millones de personas todavía no contaban con saneamiento gestionado de forma segura y 494 millones practicaban la defecación al aire libre. Asimismo, el 29 % (2 300 millones) carecía de servicios básicos de higiene y 670 millones carecían en absoluto de cualquier tipo de instalación para lavarse las manos (WHO, 2023; WWAP, 2023; WWAP, 2019; WWAP, 2017).

En los países en vías de desarrollo se calcula que el 90 % de las aguas negras se vierte directamente a los cuerpos de agua sin ningún tratamiento. Como consecuencia, se estima que fallecen anualmente 1.8 millones de niños menores de cinco años, lo que equivale a la muerte de un niño a cada 20 segundos, como resultado de enfermedades que se podrían prevenir con el acceso al saneamiento y prácticas de higiene. Todas estas cifras refuerzan el planteamiento de Espejo (2016), de que aún faltan batallas que ganar de una guerra que comenzó hace más de 10 000 años (WHO, 2023; Angelakis *et al.*, 2023).

En Latinoamérica, si bien se están haciendo esfuerzos considerables por incrementar el saneamiento, aún prevalece una gran brecha en términos de acceso a dicho servicio, dado que el 51 % de la población de la región accede a sistemas convencionales de alcantarillado y el 26 % utiliza sistemas de saneamiento *in situ*. Asimismo, dicha infraestructura no está vinculada con el tratamiento de las aguas residuales antes de su

descarga al medio receptor y se estima que solamente alrededor de 20 % de las aguas residuales llega a una planta de tratamiento. Para reducir aún más el porcentaje de saneamiento efectivo en la región, menos del 15 % de las plantas de tratamiento está en operación por carencia de capacitación de personal y de recursos financieros para su mantenimiento. Como consecuencia, 130 millones de personas en Latinoamérica, la mayoría habitantes de zonas rurales, no tienen acceso al saneamiento, a pesar de que desde 2010 la Asamblea General de las Naciones Unidas haya reconocido los derechos humanos al agua y al saneamiento como un componente esencial para la realización de todos los derechos humanos (Castro, Héller, Morais, & Caldera-Ortega, 2023; Anda-Sánchez, 2017; Mejía, Castillo, & Vera, 2016).

En México, la cobertura en alcantarillado en 2020 fue de 95.2 %, con un porcentaje de 98.5 para zonas urbanas y 83.2 en las rurales. Asimismo, se reportan formas alternas de desalojo de aguas residuales, entre ellas las viviendas conectadas a una fosa séptica; mientras que el saneamiento de las aguas residuales municipales alcanzó solamente el 52.72 % (Conagua, 2021; Anda-Sánchez, 2017). Sin embargo, se debe recordar el hecho de que hay una diferencia entre plantas instaladas y en operación efectiva, por lo cual dicha cifra (que de por sí ya es baja) tiende a reducirse aún más debido a la ineficiencia y el abandono de plantas de tratamiento por factores ya mencionados, como la carencia de recursos financieros y la falta de capacitación para su manejo. Asimismo, tampoco se puede menospreciar el hecho de que el alcantarillado no necesariamente conduce las aguas residuales hacia una planta de tratamiento, sino que, en no raras ocasiones, las transporta hacia una barranca o un cuerpo de agua (Domínguez-Serrano, 2023).

El hecho de que exista una diferencia entre el acceso al servicio de saneamiento entre zonas rurales y urbanas en detrimento de las rurales está relacionado con la conceptualización del saneamiento como un insumo para la economía, lo que provoca una presión por parte de las hidrocracias hacia el incremento de dicho servicio en las ciudades. De esta manera, las relaciones de poder crean una distribución desigual de acceso a los servicios, y generan segregación y desigualdad territorializada. De hecho, la desigualdad no solamente en el acceso al saneamiento, sino de los servicios de manera general es un fenómeno complejo y multifuncional, con profundas raíces históricas que determinan oportunidades y trayectorias diferenciadas entre distintos grupos sociales, que contribuye a profundizar las brechas (Gac-Jiménez & Miranda-Pérez, 2019).

Teniendo en cuenta el faltante en cobertura de saneamiento, no solo en México, sino Latinoamérica y otros países en vías de desarrollo, es evidente que el manejo y la disposición final de excretas humanas es una asignatura pendiente que se traduce en problemas de salud pública y ambiental. Los residuos no tratados que se descargan directamente a los cuerpos de agua contaminan no solo las aguas superficiales, sino también las subterráneas, provocando enfermedades y muertes, principalmente en niños y niñas. De hecho, a nivel mundial, cada año se desaprovechan 443 millones de días lectivos de escuela a consecuencia de enfermedades relacionadas con la carencia de saneamiento e higiene (Maestú-Unturbe, 2017). Aunado a ello, las muertes de niños y niñas sigue siendo un gran reto a atender, como ya se ha indicado (Cadenas-Martínez & Parrales-Saltos, 2017; Moreno-Díaz, 2009).

En las heces pueden estar presentes diferentes tipos de patógenos que transmiten enfermedades, como cólera, fiebre tifoidea, gastroenteritis y hepatitis A, entre otras. Otro aspecto a tomar en cuenta son los perturbadores endocrinos (compuestos químicos sintéticos o naturales) encontrados en aguas residuales y excretas, los cuales interfieren con el balance hormonal requerido para las funciones biológicas de la fauna, incluida la especie humana, y que causan desórdenes en el sistema reproductivo. De hecho, ya ha sido observada la masculinización de las hembras en peces, como consecuencia de la contaminación hídrica. Aunado a ello está el consumo y desperdicio de agua de primer uso que se utiliza para el vaciado de las heces y orina en los sanitarios, la cual podría ser empleada para un uso más noble, teniendo en cuenta que el acceso al agua también es un reto en la actualidad (Cadenas-Martínez & Parrales-Saltos, 2017; Peña, 2004; Capodaglio, 2018).

Ante esta situación preocupante, los países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) han asumido compromisos internacionales, entre ellos los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM 2000-2015), la Declaración del Acceso al Agua y Saneamiento como un Derecho Humano en 2010 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 2015-2030) (firmados en 2015), en donde el agua y el saneamiento juegan un papel protagónico, por ser un eje articulador para la consecución de otros objetivos de la Agenda 2030, dado que es imprescindible tanto para la realización de actividades productivas como reproductivas. El objetivo 6, de un total de 17 (garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos) pone énfasis en la meta de universalidad del acceso a los servicios de agua y

saneamiento, y se alinea con los derechos humanos al agua y al saneamiento (Angelakis *et al.*, 2023; Soares, 2021; Sandoval-Terán & Seguin-Tovar, 2018; Orta, 2018).

Hay dos paradigmas relacionados con la gestión del saneamiento: centralizado y descentralizado. Los sistemas centralizados se caracterizan por la existencia de una amplia red de tuberías de drenaje que conecta las viviendas y extrae las aguas residuales para conducir las hacia otro punto, lejano de la vista de la población; es un sistema de conducción complejo, cuyo diseño e inversión para su construcción, operación y mantenimiento tiene un alto costo derivado del consumo de energía. Por otro lado, los sistemas descentralizados incluyen tecnologías con las cuales el agua residual es manejada, recolectada, tratada, y dispuesta o reusada cerca del punto de generación; esto es, sistemas de manejo *in situ*. Asimismo, según información de organismo gubernamental, dichos sistemas permiten que los residuos adquieran valor, beneficiándose de la economía circular, ya sea por medio de la fertilización agrícola o el biogás, o con la generación de energía (Conagua, 2019).

En la actualidad, los sistemas centralizados de saneamiento prevalecen en los países desarrollados y en ciudades, al pertenecer al paradigma predominante, relacionado con la concepción de los excrementos como suciedad y, por lo tanto, la necesidad de no tenerlos cerca, sino de llevarlos lejos por medio del alcantarillado. De esa manera, las tecnologías para tratamiento de aguas residuales son predominantemente centralizadas, con tratamientos complejos que demandan mucho consumo de energía y, como tal, presentan elevados costos de operación y mantenimiento. Además, se corre el riesgo de un impacto negativo en la salud pública debido a imperfectos que pueden

causar inundaciones de aguas residuales, al igual que a descargas directas en cuerpos de agua (Anda-Sánchez, 2017).

Asimismo, los sistemas centralizados están fundados en una lógica de mercado, cuya gestión se desarrolla por medio de empresas, ya sean privadas o públicas, y apuestan a desarrollos tecnológicos costosos y a gran escala; mientras que los descentralizados operan más bajo el sentido de la gestión social y buscan alternativas relacionadas con ecotecnologías a baja escala. La centralización es el modelo prevaleciente en las grandes concentraciones urbanas, mientras que la descentralización lo es en las zonas rurales. La complementariedad entre ambos sistemas brinda una alternativa para avanzar hacia la universalización del acceso al saneamiento, y ello debe ser tomado en cuenta en el diseño de políticas y programas de saneamiento.

En virtud de los riesgos económicos, sanitarios y ambientales de los sistemas centralizados de saneamiento, vienen ganando cada vez mayor aceptación e influencia los sistemas descentralizados por distintas razones: son más apropiados para zonas rurales, en particular por su reducido costo en comparación con los sistemas centralizados; son adecuados para regiones con baja concentración poblacional; cuentan con costos de operación y mantenimiento accesibles para los usuarios; son de fácil manejo por parte de poblaciones con escaso nivel de escolaridad; necesitan menor insumo energético, y además, tienen la posibilidad de reutilización local, de tal suerte que los excrementos y la orina dejan de ser un residuo para transformarse en un insumo para la producción en el campo (Capodaglio, Bolognesi, & Cecconet, 2021).

Sistemas de saneamiento descentralizados

Los sistemas de saneamiento descentralizados se caracterizan por la recolección de aguas residuales en baja escala (conjuntos residenciales, viviendas o grupos de casas) para un tratamiento *in situ* controlado; las plantas de tratamiento de aguas y los efluentes se ubican en el propio lugar de la demanda o suministro del agua. Estos sistemas responden a cuestionamientos tanto de orden ambiental —dado la necesidad de contar con alternativas que tengan menor impacto contaminante al ambiente— como económico por suplir a sistemas tradicionales altamente demandantes de energía y recursos financieros (Peña, 2004). Además está el beneficio político, pues la escala reducida de inversión ayuda a eliminar las negociaciones basadas en la corrupción y facilita el control local del tratamiento del agua.

En el marco de los sistemas descentralizados se ubican las alternativas tecnológicas de saneamiento ecológicas (ECOSAN), las cuales están basadas en la separación de los residuos sólidos (excrementos) de los líquidos (orina), y en la recuperación de los nutrientes presentes en la orina y las excretas. Involucra dos aspectos relevantes: la prevención de la salud por el manejo seguro de contaminantes y el tratamiento de aguas residuales con el reciclaje de líquidos y materia orgánica (Hoffmann, Platzer, Winker, & von Muenc, 2011). Lo que se considera “desecho” para los sistemas convencionales se transforma en “insumo” para procesos agrícolas, con un valor económico intrínseco. Según Yaya-Beas y García-Trujillo (2012), hay por lo menos tres razones relevantes para la implementación de estas tecnologías: se centran en la prevención de la contaminación y no en solamente ampliar la infraestructura sanitaria;

higienizan materia fecal y orina con la finalidad de prevenir de enfermedades, y reúsan heces deshidratadas y orina como productos seguros en la fertilización natural para la agricultura. Es necesario aclarar que dichas alternativas no están diseñadas para regiones pobres, sino que representan un cambio de paradigma en el saneamiento, y su aplicación se ha difundido en lugares tan diversos como Suecia, Alemania, Austria, Noruega, Japón, China, India, Vietnam, Uganda, Sudáfrica, Ecuador, Perú, países de América Central y México (Yaya-Beas & García-Trujillo, 2012).

Anda-Sánchez (2017) abona a la discusión del ECOSAN resaltando que un aspecto positivo de orden ambiental se refiere a la oportunidad que brinda para la generación de proyectos complementarios relacionados con la producción de alimentos, forraje, energía o enriquecimiento de suelos, todo ello en beneficio de comunidades locales. Frente a las tecnologías convencionales con arrastre de agua tanto *in situ* (pozo de absorción y tanque séptico) como en sistemas colectivos (alcantarillados), concebidas para transportar los desechos fuera de la vivienda o del ámbito de la calle —desvinculado de su tratamiento y disposición final—, el saneamiento ecológico ofrece un nuevo pensar en el manejo de los desechos, en donde el tratamiento y el reúso son fundamentales en el proceso por medio de la recuperación y el reciclaje, y que presenta un enfoque ecológico con un valor económico, además del ambiental, por su contenido en nutrientes (abono). De igual manera, articula agua y saneamiento con agricultura; actúa directamente en la conservación de la calidad del agua, ya sea subterránea o superficial, y se convierte, por lo tanto, en una herramienta tecnológica poderosa en el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos (Peña, 2004).

Los sistemas de saneamiento descentralizados se basan en procesos naturales de tratamiento de los residuos y materiales accesibles en su construcción, por ello tienen bajo costo de implementación; además su mantenimiento es sencillo y puede llevarse a cabo sin mayores complicaciones por los usuarios directos de los sistemas. Contribuyen a cerrar el ciclo natural de los residuos debido a su reutilización posterior al tratamiento (Carro, 2013). Son tecnologías confiables y asequibles, además de ampliamente reconocidas y recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para su aplicación en regiones sin cobertura sanitaria. Se vuelven una alternativa adecuada para suplir la carencia de saneamiento y evitar la problemática que ello acarrea (Peña, 2004).

El saneamiento ecológico también se puede emplear de manera complementaria al convencional y centralizado, como una alternativa para ampliar la cobertura, toda vez que las limitantes económicas, geográficas y sociales (comunidades rurales dispersas y aisladas) inviabilizan la universalización del servicio desde el referente de los grandes sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento convencionales. El desafío planteado en la Agenda 2030 de cobertura universal de los servicios de agua y saneamiento solo podrá enfrentarse desde soluciones que tomen en cuenta las especificidades territoriales, con sus limitaciones y oportunidades, lo que implica estar abiertos a opciones que no se encuadran en el paradigma predominante, sino que se alejan de propuestas que implican una elevada carga financiera y no sostenible para las poblaciones de escasos recursos (Anda-Sánchez, 2017; Carro, 2013; Carro, 2011).

El desarrollo del saneamiento ecológico puede ser a nivel de vivienda o por sistemas vecinales. Una alternativa que se viene

implementando en diversos países a nivel doméstico, especialmente en localidades rurales que carecen de un suministro seguro de agua, son los sanitarios secos, que basan sus principios en el cuidado del agua y la protección de la salud (Calizaya, 2009). Cuentan con taza desviadora de orina y cámara para el almacenamiento y la deshidratación de las heces. Fueron diseñados en Vietnam, en la década de 1950 y una característica relevante es que no requieren de agua. Su excusado es semejante a los convencionales con uso de agua, pero tienen un sistema para desviar la orina, que es conducida directamente a un recipiente para su acopio y posterior uso en la agricultura. Por su lado, las heces caen en la cámara de depósito y posterior a cada defecación se debe echar material secante (aserrín, ceniza, arena u otro material), a fin de reducir olores y ayudar en la deshidratación de las heces. Los excrementos se quedan almacenados ahí hasta contar con una textura de tierra seca, cuando ya podrán ser utilizados como abono (Calizaya, 2009; Azuela-Gutiérrez, 2008; Esrey *et al.*, 1999).

Una alternativa de saneamiento ecológico que puede ser empleada tanto a nivel de vivienda como vecinal son los humedales artificiales. Dichas tecnologías aprovechan los recursos de la naturaleza para limpiar las aguas residuales mediante procesos de biotransformación y mineralización. Un humedal artificial está compuesto por un material impermeable para evitar que el agua se filtre en el subsuelo, plantas, microorganismos y sustrato (constituido por agregados pétreos, entre ellos, arena, grava y piedra). Las plantas absorben las partículas contaminantes de las aguas residuales, que utilizan como nutrientes, y permiten que el agua se quede con una característica que permita su reúso en el riego o la incorporación a un cuerpo de agua. En su

implementación es necesaria la instalación de un pretratamiento orientado a la remoción de los sólidos suspendidos de fácil sedimentación para prevenir su azolvamiento (Luna-Pabello & Aburto-Castañeda, 2014; Hoffmann *et al.*, 2011).

Si bien el ECOSAN representa una alternativa poderosa en términos de asequibilidad y bajo impacto ambiental, tampoco es una panacea y no deja de presentar riesgos, principalmente los relacionados con aspectos socioculturales, fundamentales en procesos de adopción tecnológica. En primer lugar, en términos de sanitarios, el sentido de progreso en las sociedades rurales está muy asociado con el baño de arrastre de agua, por una aproximación simbólica a los bienes y servicios de las ciudades. Por el otro lado, la manipulación directa de los excrementos y la orina no es una actividad fácilmente aceptada, más bien existe un rechazo generalizado del manejo directo de residuos, por ello la tradición de enviarlos para lejos de los ojos de las personas por medio de los alcantarillados. Esta lógica cultural occidental de rechazo al manejo directo de residuos contrasta con la cultura oriental, en donde prevalecen tradiciones milenarias de su manejo y reúso, y por tanto la adopción por parte de las poblaciones es mucho más directa. El contexto de Latinoamérica amerita un fuerte proceso de sensibilización, organización y fortalecimiento de capacidades como estrategia para lograr la sostenibilidad de dicha opción tecnológica (Peña, 2004).

Asimismo, aunque el ECOSAN es una opción suficientemente confiable para su implementación, aún queda como asignatura pendiente fortalecer los procesos de investigación sobre la transferencia tecnológica y su adopción en diferentes contextos ambientales y socioculturales, con propuestas de herramientas metodológicas orientadas a fortalecer la

organización comunitaria, seguimiento a los desafíos durante el uso y mantenimiento de las tecnologías, así como una evaluación que permita recuperar lecciones aprendidas y reorientar futuros procesos de incidencia (Anda-Sánchez, 2017).

Reflexiones finales

El recorrido histórico que se hizo brinda herramientas conceptuales clave para un acercamiento a los desafíos que se fueron plasmando sobre saneamiento. Las dimensiones de análisis planteadas en la literatura consultada permiten el abordaje de algunas interrogantes, entre ellas: ¿cómo fue evolucionando el saneamiento a lo largo del tiempo? ¿Cuál es la cobertura actual de saneamiento en los países desarrollados y en vías de desarrollo? ¿Cuáles son los paradigmas actualmente prevalecientes en términos de saneamiento? ¿Qué avances y desafíos se presentan tanto en el modelo centralizado como en el descentralizado de saneamiento?

Como se pudo observar, los principios que caracterizan a cada una de las lógicas de saneamiento tienen implicaciones directas en el acceso al servicio y, por ende, en la consecución de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible, en su Objetivo 6, relativo al agua y al saneamiento, por parte de los países miembros de Naciones Unidas. Si bien los procesos centralizados han permitido un avance considerable en el acceso al servicio, ello no ha garantizado un real saneamiento de las aguas residuales, dado que en no raras ocasiones el drenaje no llega a una planta de tratamiento, sino a un río o barranca, lo que provoca problemas de contaminación ambiental. Aunado a ello, el costo de dicho sistema

inviabiliza la universalización del servicio, sobre todo en zonas rurales con población escasa y dispersa.

La lógica prevaleciente en los sistemas descentralizados, en especial el saneamiento ecológico, no solo cuida el ambiente, al tratar *in situ* los residuos, sino que evita la contaminación de cuerpos de agua y también posibilita una ampliación del acceso al servicio, especialmente en regiones aisladas y con población dispersa debido a su costo reducido; por todo ello constituye una alternativa viable para avanzar en el cumplimiento de la Agenda 2030 en zonas rurales, en donde está la mayor carencia de acceso al servicio.

Por último, se considera que los escenarios que brindan ambas alternativas de saneamiento posibilita una reflexión sobre los aspectos que deben priorizarse en una gestión, a fin de garantizar la universalidad del acceso al saneamiento, compromiso asumido por los países con fecha de cumplimiento para 2030. No necesariamente son opciones excluyentes, sino que las políticas públicas pueden integrarlas en aras de avanzar en sus propósitos.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) por el financiamiento al proyecto: “Modelo interdisciplinario para ejercer el derecho humano al agua y al saneamiento en zonas rurales marginadas de México”.

Referencias

- Anda-Sánchez, J. (2017). Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México. *Sociedad y Ambiente*, 14, 119-143. DOI: 10.31840/sya.v0i14.1770
- Azuela-Gutiérrez, J. A. (2008). *Sistema integral de saneamiento ecológico: una alternativa holística para abastecimiento de agua y saneamiento básico de las poblaciones rurales* (tesis de maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.
- Angelakis, A. N., Capodaglio, A. G., & Dialynas, E. G. (2023). Wastewater management: From ancient Greece to modern times and future. *Water*, 15(43). DOI: 10.3390/w15010043
- Angelakis, A., & Rose, J. (2019). *Evolution of sanitation and wastewater technologies through the centuries*. London, UK: IWA Publishing.
- Brena, I. (2015). Atención a la salud en la época porfiriana. En: Ávila-Ortiz, R., Castellanos-Hernández, E. de J., & Hernández, M. del P. (eds.). *Porfirio Díaz y el derecho. Balance crítico* (pp. 413-428). México, DF, México: Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/9/4121/27.pdf>
- Cadenas-Martínez, R., & Parrales-Saltos, I. (2017). Saneamiento ecológico para la disposición de excretas humanas en una comunidad ecuatoriana. *Cuadernos Latinoamericanos*, 29(51). Recuperado de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cuadernos/article/view/22867>

- Calizaya, J. C. (2009). *Una guía para un sistema integral de saneamiento ecológico en áreas periurbanas y rurales. El ECODESS*. Recuperado de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CENCA%202009%20Guia%20de%20Saneamiento%20Ecologico%20para%20Areas%20Periurbanas%20y%20Rurales%20SPANISH.pdf
- Capodaglio, A., Bolognesi, S., & Cecconet, D. (2021). Sustainable, decentralized sanitation and reuse with hybrid nature-based systems. *Water*, 13(11). DOI: 10.3390/w13111583
- Capodaglio, A. (2018). Could EB irradiation be the simplest solution for removing emerging contaminants from water and wastewater? *Water Practice & Technology*, 13(1), 172-183. DOI: 10.2166/wpt.2018.027
- Carro, I. (2013). *Saneamiento ecológico. Reconstruyendo el ciclo de la vida. Tecnologías apropiadas. Cartilla N° 5*. Recuperado de https://www.ceuta.org.uy/data/publicaciones/Cartilla_Saneamiento_Ecologico_Ultima_version.pdf
- Carro, I. (2011). *Tecnologías apropiadas. Baños secos, humedales, compostaje. Saneamiento ecológico*. Recuperado de <http://ecocostera.blogspot.com>

- Castro, J. E., Héller, L., Morais, M. da P., & Caldera-Ortega, A. R. (2023). Introducción. En: Castro, J. E., Héller, L., Morais, M. da P., & Caldera-Ortega, A. R. *El derecho al agua como política pública en América Latina. Una exploración teórica y empírica* (pp. 19-21). Recuperado de https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11826/1/El_Derecho_al_Agua.pdf
- Cipolla, C. (1980). *Before the Industrial Revolution: European society and economy 1000-1700*. New York, USA: W.W. Norton and Company.
- Conagua, Comisión Nacional del Agua. (2021). *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/702445/SGAPD_S-2-21a_compressed.pdf
- Conagua, Comisión Nacional del Agua. (2019). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: zonas rurales, periurbanas y desarrollos ecoturísticos*. Recuperado de <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro31.pdf>
- Domínguez-Serrano, J. (2023). Gestión de los servicios públicos de agua y saneamiento durante la crisis sanitaria por COVID-19 en México. *Revista Digital de Derecho Administrativo*, 29, 179-205. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/5038/503875206009/html/>

- Espejo, F. (2016). *Aguas negras, el rastro de nuestra historia*. Recuperado de https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia_281141
- Esrey, S., Gough, J., Rapaport, D., Sawyer, R., Simpson-Hébert, M., & Varga, J. (1999). *Saneamiento ecológico*. Recuperado de http://www.ecosanres.org/pdf_files/Saneamiento_Ecologico.pdf
- Fernández-Ferriol, C., Ferriol-Rodríguez, M. R., & Jorge-Fleites, C. (2018). Roma: imperio, cultura y medicina. *Acta Médica del Centro*, 12(2), 228-234. Recuperado de <https://revactamedicacentro.sld.cu/index.php/amc/article/view/941/1158>
- Gac-Jiménez, D., & Miranda-Pérez, F. (2019). Nuevas desigualdades en los territorios agrarios globalizados en el Valle de Colchagua en Chile. *Andamios* 16(39), 177-204. DOI: 10.29092/uacm.v16i39.679
- Goubert, J. P. (1986). *The conquest of water. The advent of health in the industrial age*. Cambridge, UK: Polity Press, Basil Blackwell.
- Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M., & von Muenc, E. (2011). *Revisión técnica de humedales artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises y aguas domésticas*. Recuperado de <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Revision-T--cnica-de-Humedales-Artificiales.pdf>

- Luna-Pabello, V. M., & Aburto-Castañeda, S. (2014). Sistema de humedales artificiales para el control de la eutroficación del lago del Bosque de San Juan de Aragón. *TIP. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 17(1), 32-55. DOI: 10.1016/S1405-888X(14)70318-3
- Maestú-Unturbe, J. (2017). *El derecho humano al agua y al saneamiento. Modelo de Naciones Unidas para las Escuelas*. Recuperado de https://unesmun.cve.edu.es/wpcontent/uploads/2020/02/ECOSOC_Garantizar-acceso-al-agua-y-saneamiento.pdf
- Mazuera, C. A., & Russo, R. O. (2021). El uso histórico del agua en el saneamiento ambiental: un tema de salud. *Revista Trazos Universitarios*. Recuperado de <http://revistatrazos.ucse.edu.ar/index.php/2021/12/17/uso-historico-del-agua-saneamiento-ambiental-tema-salud/>
- Mejía, A., Castillo, O., & Vera, R. (2016). *Agua rural. Agua potable y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina. Serie Agua para el Desarrollo*. Recuperado de <https://pnsr.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2016/12/Agua-y-saneamiento-en-la-nueva-ruralidad.pdf>
- Moreno-Díaz, M. L. (2009). Valoración económica del uso de tecnologías de saneamiento ecológico para aguas residuales domiciliarias. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 13, 1-13. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/164819>

Orta, M. (2018). La gobernabilidad de los servicios de agua y saneamiento y los conflictos por el agua en América Latina. *Journal de Ciencias Sociales*, 6(11), 148-170. Recuperado de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/104989>.

Peña, M. (2004). Saneamiento ecológico: ¿panacea o caja de sorpresas? *Ingeniería y Competitividad*, 6(2), 83-92. DOI: 10.25100/iyc.v6i2.2281

Reyes-Ibarra, J. R. (2018). *El sistema de abastecimiento de agua y el aguador de número en la ciudad de Zacatecas, 1889-1927* (tesis de Maestría). El Colegio de San Luis, San Luis Potosí, México.

Sandoval-Terán, A., & Seguin-Tovar, N. (2018). *Los ODS en México sin buenas perspectivas al final del sexenio*. Recuperado de <https://www.socialwatch.org/node/18094>

Soares, D. (2021). El agua en zonas rurales de México. Desafíos de la Agenda 2030. *EntreDiversidades. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 8(2), 186-211. DOI: 10.31644/ED.V8.N2.2021.A09

Yaya-Beas, R. E., & García-Trujillo, Z. (2012). *Conceptos descentralizados para saneamiento y tratamiento de aguas residuales (incluyendo ECOSAN). Módulo 5*. Recuperado de https://www.lima-water.de/documents/modulo5_conceptos_ecosan.pdf

WHO, World Health Organisation. (2023). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2022: Special focus on gender*. Recuperado de <https://www.who.int/publications/m/item/progress-on-household-drinking-water--sanitation-and-hygiene-2000-2022---special-focus-on-gender>

WWAP, World Water Assessment Programme. (2023). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2023: alianzas y cooperación por el agua*. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386807>

WWAP, World Water Assessment Programme. (2019). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019: no dejar a nadie atrás*. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304>

WWAP, World Water Assessment Programme. (2017). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2017. Aguas residuales: el recurso desaprovechado*. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>