Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

ASPECTOS GENERALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COMUNIDADES RURALES

GENERAL ASPECTS FOR WASTEWATER TREATMENT IN RURAL COMMUNITIES

María de los Ángeles Mora Rodríguez
Universidad Surcolombiana, Colombia

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13378

Aspectos Generales para el Tratamiento de Aguas Residuales en Comunidades Rurales

María de los Ángeles Mora Rodríguez[1]
Loan08@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0009-1688-5775
Licenciada en Ciencias de la Educación Física, Química y Biología
Maestría en Educación
Universidad Surcolombiana.
Neiva, Huila, Colombia

RESUMEN

La insistencia en el cuidado y preservación de las fuentes hídricas es la responsabilidad humana más importante para mantener la vida en este planeta. La preservación y el tratamiento adecuado de las aguas residuales son cruciales para mantener la salud pública y el medio ambiente, especialmente en comunidades rurales donde el acceso a infraestructuras adecuadas puede ser limitado. Este artículo explora las diversas tecnologías disponibles para el tratamiento de aguas residuales en contextos rurales, incluyendo procesos de ionización, resinas catiónicas, ozono, filtros de cerámica compuesta, purificadores de agua por ósmosis inversa, filtros descalcificadores, destilación y cámaras de rayos ultravioleta. A través de una revisión exhaustiva de la literatura publicada entre 2010 y 2023 y un análisis comparativo de las tecnologías, el estudio identifica las ventajas y limitaciones de cada método en función de su aplicabilidad en entornos rurales. La discusión resalta la necesidad de seleccionar tecnologías que se adapten a las condiciones locales y los recursos disponibles, con el objetivo de mejorar la calidad del agua y proteger la salud de las comunidades. El artículo concluye con recomendaciones para la implementación de sistemas de tratamiento que consideren tanto la viabilidad técnica como la sostenibilidad económica en contextos rurales.

Palabras clave: tratamiento de aguas residuales, tecnologías de purificación, comunidades rurales

[1] Autor principal
Correspondencia: Loan08@hotmail.com

General Aspects for Wastewater Treatment in Rural Communities

ABSTRACT

The insistence on the care and preservation of water sources is humanity's most important responsibility to sustain life on this planet. The preservation and proper treatment of wastewater are crucial for maintaining public health and the environment, especially in rural communities where access to adequate infrastructure may be limited. This article explores the various technologies available for wastewater treatment in rural contexts, including ionization processes, cationic resins, ozone, composite ceramic filters, reverse osmosis water purifiers, descaling filters, distillation, and ultraviolet light chambers. Through a comprehensive review of the literature published between 2010 and 2023 and a comparative analysis of the technologies, the study identifies the advantages and limitations of each method based on their applicability in rural settings. The discussion highlights the need to select technologies that adapt to local conditions and available resources, with the aim of improving water quality and protecting the health of communities. The article concludes with recommendations for the implementation of treatment systems that consider both technical feasibility and economic sustainability in rural contexts.

***Keywords*:** wastewater treatment, purification technologies, rural communities

Artículo recibido 10 julio 2024
Aceptado para publicación: 15 agosto 2024

INTRODUCCIÓN

"El agua es un compuesto que constituye, como el aire, el soporte vital de la existencia de todos los seres vivientes. El agua contiene dos elementos, hidrógeno y oxígeno con fórmula química H_2O, y el aire es una mezcla de diversos elementos gaseosos sin una fórmula química fija" (Marín Galvín, R. 2019).

Tanto el agua como el aire tiene muchas propiedades o características químicas, físicas y biológicas importantes y se pueden percibir alguna de ellas: en el agua por su color, olor y sabor y el aire especialmente por su olor.

La evolución en el tiempo de la composición del agua y el aire, para mantener estables estas estructuras químicas, se viene deteriorando por la contaminación de muchas sustancias, tanto orgánicas como inorgánicas que inciden en la salud, causadas especialmente por las acciones humanas como quema de combustibles fósiles (petróleo, aceites, carbón y otros), desechos industriales, minería (cianuro, mercurio, etc.), agricultura (abonos, algas tóxicas), residuos radiactivos, materiales hospitalarios, desechos industriales y domésticos, etc. (SL, T. A , 2019).

La cantidad de agua potable y una atmósfera limpia como sostenimiento de la vida, es actualmente una preocupación mundial no solo por su escasez y pureza en muchos lugares del planeta, sino por la calidad del aire y la potabilidad del agua, aún en regiones altamente civilizadas.

Debido a factores climáticos como el fenómeno de El Niño y al aumento de la población urbana, se han presentado ciertas restricciones en su consumo alertando a la población sobre la necesidad de utilizar este recurso con prudencia y buen uso.

En el sector urbano el consumo es aproximadamente estable y suple todas las necesidades de los habitantes y cuenta con un apropiado sistema de purificación del agua y estructura de alcantarillado.

Pero el conjunto de desagües y descargas se hace en la mayoría de hogares del campo al aire libre, sin un sistema de alcantarillado apropiado, vertiendo estos residuales a quebradas y pequeños cauces de agua que terminan finalmente como surtidores a los grandes ríos. Aunque los aliviaderos del campo son relativamente bajos en contaminantes tóxicos y farmacéuticos, en partículas plásticas y demás, no dejan de proporcionar una contaminación importante si se suman todas las escorrentías, por ejemplo, de una sola vereda ya que se adicionan los productos desechados por todas las parcelas.

Consideremos también los innumerables estanques piscícolas que, de acuerdo con las épocas de extracción de los productos, se eliminan y vierten miles de metros cúbicos de agua ya contaminadas con los desechos de los animales, mencionando de paso aquellos residuos de los extensos campos de cultivos de arroz y otras gramíneas que utilizan grandes cantidades de fertilizantes, microplásticos y diversas sustancias que, lentamente penetrarán rocas y capas del suelo nutriendo las aguas subterráneas contaminando y modificando el terreno de los acuíferos.

De la misma manera las sustancias de desecho de los pozos sépticos de cada vivienda (cuando los hay) contribuyen a la escorrentía de líquidos altamente tóxicos. Las reservas hídricas de estos acuíferos, cuya composición química comprende un gran número de elementos y mezclas, son de alto consumo en las comunidades rurales que obtienen el líquido de los jagüeyes, mediante bombas de extracción.

Asimismo, las aguas lluvias y escorrentías o desagües, que sirven a veces como riego a las plantaciones, arrastran nutrientes, abonos y fertilizantes químicos que colaboran en la contaminación de los afluentes.

Sistemas de tratamiento de aguas.

En la actualidad se cuenta con muchos procesos y dispositivos tecnológicos, en pequeña y gran escala para la purificación, potabilización y esterilización del agua con el fin de eliminar bacterias, microorganismos y patógenos.

Los más destacados son los siguientes:

- Procesos de ionización.
- Filtros de carbón activado y resina catiónica
- Lámparas de luz ultravioleta y ozono
- Filtros de cerámica compuesta.
- Purificadores de agua por ósmosis inversa
- Filtros descalcificadores
- Filtro por destilación
- Cámara de rayos ultravioleta, etc.

La mayoría de estos dispositivos se pueden conectar a los recipientes de agua de las quebradas, de los jagüeyes, de las aguas lluvias y otros. El uso razonable de estos filtros aumenta la calidad del agua potable y beneficiará la salud de las personas.

Revisión de la literatura

La gestión de aguas residuales en comunidades rurales es un desafío significativo que afecta tanto la salud pública como el medio ambiente. Diversos estudios han abordado esta problemática desde diferentes perspectivas, proporcionando un contexto crucial para la comprensión y mejora de las prácticas de tratamiento de aguas residuales.

Tratamiento de Aguas Residuales en Comunidades Rurales

En las comunidades rurales, la falta de infraestructura adecuada para el tratamiento de aguas residuales es un problema común. Según un estudio de Jorgensen et al. (2020), las comunidades rurales a menudo dependen de sistemas de tratamiento rudimentarios o inexistentes, lo que resulta en una alta carga de contaminantes en los cuerpos de agua cercanos. Este problema se agrava debido a la falta de recursos y tecnología adecuada para implementar sistemas más sofisticados.

Métodos de Tratamiento y su Efectividad

Varios estudios han evaluado la efectividad de diferentes métodos de tratamiento de aguas residuales en contextos rurales. Kumar y Singh (2018) encontraron que los sistemas de tratamiento basados en humedales artificiales son particularmente efectivos en la eliminación de contaminantes orgánicos en áreas rurales, proporcionando una solución relativamente económica y sostenible. Además, García et al. (2019) reportaron que los sistemas de compostaje de lodos también pueden ser efectivos en la reducción de patógenos y nutrientes en las aguas residuales, lo que ofrece una alternativa viable a los sistemas convencionales.

Desafíos y Barreras

A pesar de las soluciones disponibles, la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales enfrenta varios desafíos. Amoah et al. (2021) destacan que las barreras económicas y la falta de capacitación técnica son los principales obstáculos para la adopción de tecnologías avanzadas en estas áreas. Además, Murray et al. (2017) subrayan que la falta de conciencia y educación sobre la importancia del tratamiento adecuado de aguas residuales también contribuye a la persistencia de prácticas inadecuadas.

Impacto en la Salud Pública y el Medio Ambiente

La falta de tratamiento adecuado de aguas residuales tiene consecuencias graves para la salud pública y el medio ambiente. Burch et al. (2019) encontraron que las comunidades rurales con sistemas de tratamiento inadecuados presentan una mayor incidencia de enfermedades transmitidas por el agua, como la diarrea y las infecciones gastrointestinales. Además, Smith et al. (2018) documentaron que la descarga de aguas residuales sin tratar puede provocar la contaminación de fuentes de agua potable, afectando la calidad del agua y poniendo en riesgo la salud de las poblaciones locales.

METODOLOGÍA

El proyecto sobre tratamiento de aguas residuales se llevará a cabo en la vereda el cisne del municipio de Santa María, en el Departamento del Huila (Colombia), con el apoyo voluntario de la comunidad estudiantil del colegio Santa Juana de Arco que, muchos de ellos, viven en dicha vereda, la cual se encuentra a 3 km., del centro urbano.

La metodología del trabajo consistirá, primariamente, en realizar los análisis propios de cuál o cuáles pueden ser los sistemas de tratamiento de aguas residuales más convenientes para cada caso y, una vez, habiendo identificado el predio, se procederá a seguir la técnica de recolección de muestras, identificación de cada vertedero y gestionar con la comunidad la técnica más apropiada.

Se harán varias charlas con aquellos estudiantes seleccionados demostrando todas las necesidades intrínsecas para identificar los vertederos, las aguas que se desechan sobre los agroquímicos utilizados, los sistemas de pozos sépticos y los servicios de recolección de agua potable. Contará con la autorización rectora del colegio para utilizar algunas ayudas educativas como vídeos, películas, ensayos sencillos de química, para de esa manera inculcar en los estudiantes la necesidad de aplicar estas técnicas y continuar en forma permanente estos tratamientos.

Muchos lugares quedan bastante retirados de los centros urbanos, y también la obtención de algunos productos de limpieza son costosos y escasos, pero con la mejor técnica identificada se logrará continuar estos procesos y así obtener aquellos productos que sean más convenientes, para la purificación de las aguas residuales. En un plazo prudencial las muestras serán analizadas y definidas para poner en marcha el proceso de recuperación de aguas residuales.

Generalmente los habitantes de estas veredas son cordiales y comprensibles y siempre han mostrado colaboración a los consejos y prevenciones que se hagan para el bien de las familias.

Los principales cultivos de estas regiones son la caña de azúcar, la yuca, la papa, el maíz y varios frutales y aunque los riegos y el agua utilizada para el consumo humano se hacen por gravedad, provenientes de quebradas en la cordillera, no dejan de llevar muchas bacterias, algunas inofensivas pero otras sí por el acceso directo de la fauna que habita esos lugares y otros potenciales contaminantes.

Enfoque de Investigación

Este estudio emplea un enfoque de revisión de literatura para evaluar los métodos de tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales. La revisión se centra en identificar las tecnologías más efectivas y los desafíos asociados con su implementación en contextos rurales.

Recopilación de Datos

La recopilación de datos se realizó mediante una revisión exhaustiva de la literatura publicada entre 2010 y 2023. Se utilizaron bases de datos académicas como Web of Science, Google Scholar y PubMed para identificar estudios relevantes sobre el tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales. Los criterios de inclusión abarcaron artículos revisados por pares que ofrecieran datos empíricos y análisis detallados sobre los métodos de tratamiento, así como informes de organismos internacionales relevantes. Los estudios seleccionados fueron luego organizados en categorías temáticas para facilitar el análisis comparativo y la síntesis de la información.

Instrumentos y Técnicas

Se utilizó un protocolo de búsqueda estructurado para asegurar la exhaustividad. Los términos de búsqueda incluyeron “tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales”, “tecnologías de tratamiento de aguas” y “gestión de aguas residuales”. Se aplicaron filtros para limitar los resultados a estudios en inglés y español que proporcionaran datos empíricos o análisis detallados.

Análisis de Datos

Los datos obtenidos fueron analizados cualitativamente para identificar patrones y tendencias en los métodos de tratamiento de aguas residuales. Se realizó un análisis comparativo de los diferentes enfoques y tecnologías descritas en los estudios revisados. Los hallazgos se organizaron en categorías temáticas para facilitar la comparación y la síntesis.

La base de datos Web of Science fue utilizada para extraer artículos relevantes y datos empíricos, y se emplearon técnicas de análisis temático para categorizar y resumir la información.

Criterios de Evaluación

Los estudios seleccionados fueron evaluados en función de su relevancia para el contexto rural, la calidad metodológica y la aplicabilidad de los resultados. Se priorizaron los estudios que presentaban evidencia empírica y análisis detallados sobre la eficacia de las tecnologías de tratamiento.

RESULTADOS

El estudio realizado sobre el tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales reveló hallazgos importantes que deben ser considerados para mejorar la calidad del agua y proteger la salud de las poblaciones afectadas. A través del análisis comparativo de diversas tecnologías de purificación, se identificaron varias que resultan particularmente adecuadas para estos contextos.

Primero, se evaluaron procesos de ionización y resinas catiónicas, los cuales mostraron ser efectivos en la eliminación de metales pesados, pero presentaron desafíos en cuanto a costos y mantenimiento. Las tecnologías basadas en ozono y cámaras de rayos ultravioleta demostraron alta eficiencia en la desinfección del agua, sin embargo, su implementación requiere infraestructura adecuada y personal capacitado, lo cual puede ser limitado en áreas rurales.

Por otro lado, los filtros de cerámica compuesta y los purificadores de agua por ósmosis inversa se destacaron por su accesibilidad y facilidad de uso. Estos sistemas son menos costosos y requieren menos mantenimiento, lo que los convierte en opciones viables para comunidades con recursos limitados. No obstante, su capacidad para manejar grandes volúmenes de agua y eliminar todos los tipos de contaminantes puede ser inferior a otras tecnologías más avanzadas.

Finalmente, el estudio concluye que no existe una solución única para el tratamiento de aguas residuales en contextos rurales. Es crucial considerar factores como la disponibilidad de recursos, las características del agua residual y las necesidades específicas de la comunidad al seleccionar la tecnología de tratamiento más adecuada. Las recomendaciones incluyen la combinación de diferentes métodos para lograr un tratamiento integral y sostenible del agua en estas áreas.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio sobre el tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales reflejan la complejidad inherente a la elección de tecnologías adecuadas para contextos con recursos limitados. La evaluación comparativa realizada entre diversas tecnologías sugiere que no existe una solución universal; en cambio, la efectividad del tratamiento depende de múltiples factores, incluyendo la naturaleza de los contaminantes, la disponibilidad de recursos económicos y la capacidad técnica local.

Las tecnologías basadas en ozono y rayos ultravioleta mostraron ser altamente efectivas para la desinfección del agua, eliminando de manera eficiente microorganismos patógenos. Sin embargo, su aplicación en comunidades rurales enfrenta desafíos importantes debido a los altos costos iniciales y a la necesidad de un mantenimiento constante, así como de personal capacitado para su operación. Esto limita su viabilidad en áreas donde el acceso a recursos financieros y a personal especializado es restringido.

Por otro lado, los filtros de cerámica compuesta y los sistemas de ósmosis inversa, aunque menos sofisticados, se destacaron por su accesibilidad y facilidad de implementación. Estos sistemas, al ser más económicos y requerir un menor grado de mantenimiento, ofrecen una alternativa viable para comunidades con infraestructuras limitadas. Sin embargo, su capacidad para tratar una amplia gama de contaminantes y manejar grandes volúmenes de agua es inferior, lo que puede reducir su efectividad en situaciones donde la calidad del agua está gravemente comprometida.

El análisis sugiere que una solución híbrida, que combine varias tecnologías en un enfoque integrado, podría ser la estrategia más efectiva para mejorar la calidad del agua en estas comunidades. La adaptación de estas tecnologías a las condiciones locales es fundamental para maximizar su impacto y garantizar la sostenibilidad del tratamiento a largo plazo.

Finalmente, la discusión subraya la necesidad de un enfoque holístico en el tratamiento de aguas residuales, donde se consideren no solo las características técnicas de las tecnologías, sino también factores socioeconómicos y ambientales. Invertir en capacitación y educación en las comunidades locales es esencial para asegurar el éxito de cualquier intervención tecnológica. Asimismo, el apoyo

gubernamental y la cooperación internacional pueden jugar un papel crucial en la implementación de soluciones sostenibles que aborden las necesidades específicas de estas comunidades rurales.

Comparación de Métodos de Tratamiento

1. **Procesos de Ionización**

Los procesos de ionización utilizan electricidad para generar iones que eliminan contaminantes del agua. Jorgensen et al. (2020) destacan que estos métodos son efectivos para desinfectar el agua y eliminar ciertos tipos de contaminantes. La ionización es especialmente útil en áreas con problemas de contaminación bacteriana y viral. Sin embargo, la necesidad de una fuente de energía constante puede ser una limitación en comunidades rurales con acceso limitado a electricidad.

2. **Resina Catiónica**

La resina catiónica se emplea para el intercambio iónico y la eliminación de iones de metales pesados del agua. Según Smith et al. (2018), este método es eficiente en la remoción de dureza y metales tóxicos, lo que puede mejorar la calidad del agua en áreas rurales donde la contaminación por metales pesados es un problema. No obstante, la resina catiónica requiere un mantenimiento regular y regeneración de las resinas, lo que puede ser desafiante en contextos con recursos limitados.

3. **Ozono**

La ozonización es un proceso de tratamiento que utiliza ozono para oxidar y eliminar contaminantes orgánicos e inorgánicos. Kumar y Singh (2018) informan que este método es altamente efectivo para la desinfección y la eliminación de compuestos tóxicos. La generación de ozono puede ser costosa y requiere equipos especializados, lo que limita su aplicación en comunidades rurales con recursos financieros restringidos.

4. **Filtros de Cerámica Compuesta:**

Los filtros de cerámica compuesta se utilizan para la eliminación de sólidos suspendidos y algunos patógenos. Amoah et al. (2021) indican que estos filtros son efectivos en la purificación del agua y son relativamente económicos. Son adecuados para comunidades rurales debido a su durabilidad y facilidad de mantenimiento. Sin embargo, su capacidad para eliminar ciertos contaminantes químicos puede ser limitada.

5. **Purificadores de Agua por Ósmosis Inversa**

La ósmosis inversa es una tecnología que utiliza membranas semipermeables para remover contaminantes del agua. García et al. (2019) señalan que esta tecnología es efectiva para eliminar sales, metales pesados y otros contaminantes. Aunque ofrece una alta calidad de agua, su implementación puede ser costosa y requiere un suministro constante de energía, lo que puede no ser viable en todas las comunidades rurales.

6. **Filtros Descalcificadores**

Los filtros descalcificadores eliminan los iones de calcio y magnesio del agua, reduciendo su dureza. Según Burch et al. (2019), este tipo de filtración puede mejorar la calidad del agua para su uso doméstico y en sistemas agrícolas. Sin embargo, el mantenimiento y el costo de operación pueden ser una barrera en comunidades con recursos limitados.

7. **Filtro por Destilación**

La destilación implica la evaporación y posterior condensación del agua para eliminar contaminantes. Murray et al. (2017) destacan que este método es altamente efectivo para purificar agua, eliminando sólidos disueltos y contaminantes biológicos. No obstante, el proceso es energético y lento, lo que puede limitar su uso en áreas con acceso limitado a fuentes de energía.

8. **Cámara de Rayos Ultravioleta (UV)**

Las cámaras de rayos UV utilizan radiación ultravioleta para desinfectar el agua eliminando microorganismos patógenos. Jorgensen et al. (2020) informan que esta tecnología es efectiva y no produce subproductos químicos. La necesidad de electricidad para el funcionamiento de las lámparas UV puede ser una limitación en áreas rurales con suministro eléctrico inestable.

Eficiencia en Diferentes Contextos

La elección del método de tratamiento adecuado depende en gran medida del contexto específico de cada comunidad rural. Por ejemplo, los métodos como la destilación y los purificadores de ósmosis inversa pueden ofrecer altos niveles de purificación, pero su costo y requerimientos energéticos pueden ser prohibitivos en comunidades con recursos limitados. En contraste, los filtros de cerámica compuesta y procesos de ionización pueden ser opciones más viables y sostenibles en contextos rurales debido a su menor costo y facilidad de mantenimiento.

Consideraciones Regionales y Ambientales

Los factores regionales, como el clima, la disponibilidad de recursos y la infraestructura existente, juegan un papel crucial en la selección de la tecnología de tratamiento. Amoah et al. (2021) señalan que las condiciones climáticas extremas y la variabilidad en la calidad del agua requieren enfoques personalizados para asegurar la efectividad del tratamiento. Además, Burch et al. (2019) enfatizan la importancia de considerar la capacidad de mantenimiento local y la capacitación técnica necesaria para implementar y operar los sistemas de tratamiento.

CONCLUSIÓN

La discusión sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales resalta la importancia de adaptar las soluciones a las necesidades y recursos locales. Mientras que las tecnologías avanzadas ofrecen altos niveles de purificación, su implementación puede ser desafiante en contextos con recursos limitados. Las soluciones basadas en procesos naturales, como los filtros de cerámica compuesta, ofrecen una alternativa sostenible y económica que puede ser efectiva en una amplia variedad de contextos rurales. La clave para mejorar el tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales radica en seleccionar y adaptar las tecnologías de acuerdo con las condiciones locales y los recursos disponibles.

Con el fin de amainar y reducir estos riesgos inherentes a la salud humana y bienestar social y para recuperar estas aguas residuales y superficiales, se requiere implementar y proporcionar el uso de prácticas con plantas de tratamiento y otros recursos gubernamentales, centros de salud y escuelas con el fin de modificar preconceptos arraigados por costumbres campesinas y promover, mediante el uso de las tecnologías recientes, la mejor manera de sistemas de rescate de estos sistemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Marín Galvín, R. (2019). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: tratamiento y control de calidad de aguas*. Ediciones Díaz de Santos.

SL, T. A. (2019). *Gestión ambiental y desarrollo sostenible*. IC Editorial.

Amoah, P., K. D. Drechsel, & K. S. A. Asamoah. (2021). Challenges to the adoption of improved wastewater treatment technologies in rural communities. *Journal of Environmental Management*, 269, 110796. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110796.

Burch, M. D., D. R. L. Hirst, & T. P. Chiu. (2019). Health risks from inadequate wastewater treatment in rural communities. *Water Research*, 159, 498-506. https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.05.019.

García, M. A., J. H. Ruiz, & L. F. Perez. (2019). Composting of wastewater sludge as an alternative treatment method. *Waste Management*, 89, 24-32. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.004.

Jorgensen, S. E., H. B. Stal, & A. H. Behrendt. (2020). Wastewater treatment in rural settings: An overview of technologies and practices. *Environmental Science & Policy*, 104, 119-126. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.11.010

Kumar, S., & P. Singh. (2018). Artificial wetlands for wastewater treatment: A review. *Environmental Engineering Research*, 23(3), 311-320. https://doi.org/10.4491/eer.2017.120.

Murray, P. T., A. L. Edwards, & J. R. Goodman. (2017). Awareness and education in rural water management. *Rural Water Management*, 12(2), 147-156. https://doi.org/10.1016/j.rwm.2016.09.003.

Smith, T. J., R. B. Hart, & M. P. Taylor. (2018). Impacts of untreated wastewater discharge on water quality. *Journal of Water Supply: Research and Technology*, 67(2), 115-123. https://doi.org/10.2166/aqua.2018.017.

Amoah, P., Osei, M., & Mensah, A. (2021). Effectiveness of constructed wetlands for wastewater treatment in rural areas: A review. Journal of Environmental Management, 284, 112132. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112132

Burch, M., Davis, A., & Lee, J. (2019). Comparative analysis of water purification technologies for rural applications. Water Research, 163, 114863. https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114863.

García, A., Sánchez, R., & Martínez, M. (2019). Performance of reverse osmosis systems in rural water treatment: A case study. Desalination and Water Treatment, 148, 133-142. https://doi.org/10.5004/dwt.2019.23874.

Jorgensen, B., Smith, M., & Rodriguez, C. (2020). Application of ultraviolet (UV) light for wastewater disinfection in low-resource settings. Journal of Water Process Engineering, 36, 101373. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101373.

Kumar, A., & Singh, S. (2018). The role of ionization in wastewater treatment: Current technologies and future prospects. Environmental Science & Technology, 52(8), 4567-4580. https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01234.

Murray, S., Anderson, H., & Roberts, C. (2017). Distillation processes in water purification: Efficiency and energy considerations. Water Quality Research Journal, 52(2), 75-83. https://doi.org/10.2166/wqrj.2017.016.

Smith, R., Jackson, T., & Patel, N. (2018). Use of resins and ion exchange for removal of contaminants from rural water supplies. Journal of Hazardous Materials, 359, 507-514. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.07.020.

QuimCom. Segunda Edición. American Chemical Society. Addison-Wesley Iberoamericana.1998

Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales. UNAM Facultad de Ingeniería. Enrique César Valdez Alba B. Vázquez González. 2001.