

# Concientifica

# Aguas residuales de rastros municipales

El impacto inadvertido en el entorno rural

Oscar Marín-Peña<sup>1,2\*</sup>  
Luis C. Sandoval-Herazo<sup>2</sup>  
Alejandro Alvarado-Lassman<sup>3</sup>

## Resumen

Las aguas residuales de rastros, ricas en materia orgánica, nutrientes, sólidos suspendidos y patógenos, plantean un grave problema ambiental cuando no reciben un tratamiento adecuado. En zonas rurales, la falta de infraestructura para tratar estas aguas antes de su vertido en cuerpos de agua causa daños significativos al ecosistema y amenaza la salud pública. La identificación de ecotecnologías basadas en la naturaleza es esencial en estas áreas, donde la concienciación ambiental y la participación comunitaria son factores clave para el éxito de estos sistemas. Su adopción puede contribuir significativamente a mitigar este problema de alcance general.

**Palabras clave:** Aguas residuales, entornos rurales, impacto ambiental.

El agua, ese recurso vital y preciado, es la esencia misma de la vida en nuestro planeta. Desde los albores de la humanidad, ha sido un elemento fundamental para la supervivencia, el desarrollo y el bienestar de todas las formas de vida en la Tierra. Sin embargo, su abundancia aparente ha llevado a una tendencia preocupante: el uso excesivo e irresponsable del agua. La importancia del agua va mucho más allá de nuestra necesidad básica de beber. Es esencial en la agricultura, la industria, la generación de energía y una amplia variedad de actividades humanas. Además, los ecosistemas naturales también dependen de un suministro constante de agua para mante-

<sup>1</sup>Estancia Posdoctoral CONAHACYT (Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías) Tecnológico Nacional de México/ITS de Misantla, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Humedales y Sustentabilidad Ambiental, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Tecnológico Nacional de México/ITS de Misantla, Veracruz, México.

<sup>3</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México / IT de Orizaba, Veracruz, México.

\*Autor para la correspondencia:  
oscar.mciq@gmail.com

ner su equilibrio y biodiversidad. Desafortunadamente, estas actividades humanas que conllevan al desarrollo social y económico tanto en entornos urbanos como en rurales a menudo demandan un consumo desmedido de agua y a su vez, generan una gran cantidad de aguas residuales, entre estas actividades podemos mencionar una de las más importantes: la producción de carne.

En México, los lugares donde se obtienen productos cárnicos son llamados rastros y se clasifican en dos tipos, los rastros tipo inspección federal y los rastros municipales. Los impactos ambientales en el primer tipo de rastro son mínimos debido a que cuentan con regulaciones ambientales y supervisión federal estricta, pues sus aguas residuales suelen estar conectadas a los sistemas de tratamientos urbanos [1]. En contraste, los rastros en zonas municipales, principalmente en zonas rurales, no suelen contar con este tipo de regulaciones, sus actividades son irregulares y lo que es más preocupante, no suelen contar con algún tratamiento adecuado para las aguas residuales o simplemente no existen dichos tratamien-

tos. Las actividades para la obtención de productos cárnicos en los rastros suelen ser similares y varían ligeramente en cuanto al tipo de animal a sacrificar (cerdo o ganado bovino). Las aguas residuales generadas en estas instalaciones tienen diferentes fuentes las cuales incluyen los servicios auxiliares, la preparación de los animales, el proceso de sacrificio, los procesos posteriores de preparación de carne, así como las instalaciones sanitarias de los trabajadores.

Entre estas aguas se pueden encontrar contenido ruminal, sangre, heces, grasas del paso de corte de carne, huesos y residuos intestinales del proceso de evisceración. Debido a su compleja composición, las aguas residuales generadas en rastros han sido establecidas como de naturaleza recalcitrante, es decir, que este tipo de residuos líquidos representan un verdadero desafío para eliminar completamente sus contaminantes antes de ser vertidos [2].



Figura 1. Aguas residuales de rastros vertidas en arroyos sin tratamiento previo.

Desde una perspectiva técnica, estas aguas residuales contienen principalmente materia orgánica, nutrientes (como nitrógeno y fósforo), sólidos suspendidos y patógenos. Cada componente tiene un impacto característico: la materia orgánica demanda mucho oxígeno para su descomposición, reduciendo los niveles de oxígeno en el agua; el exceso de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, causa eutrofización, favoreciendo el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas y afectando

la disponibilidad de alimentos y refugio para las especies [3]; los sólidos suspendidos aumentan la turbidez, reduciendo la penetración de la luz solar y afectando la fotosíntesis en las plantas acuáticas; y los patógenos, principalmente amenazas para la salud humana, se propagan a través del contacto directo en actividades agrícolas e higiene, especialmente en áreas rurales.

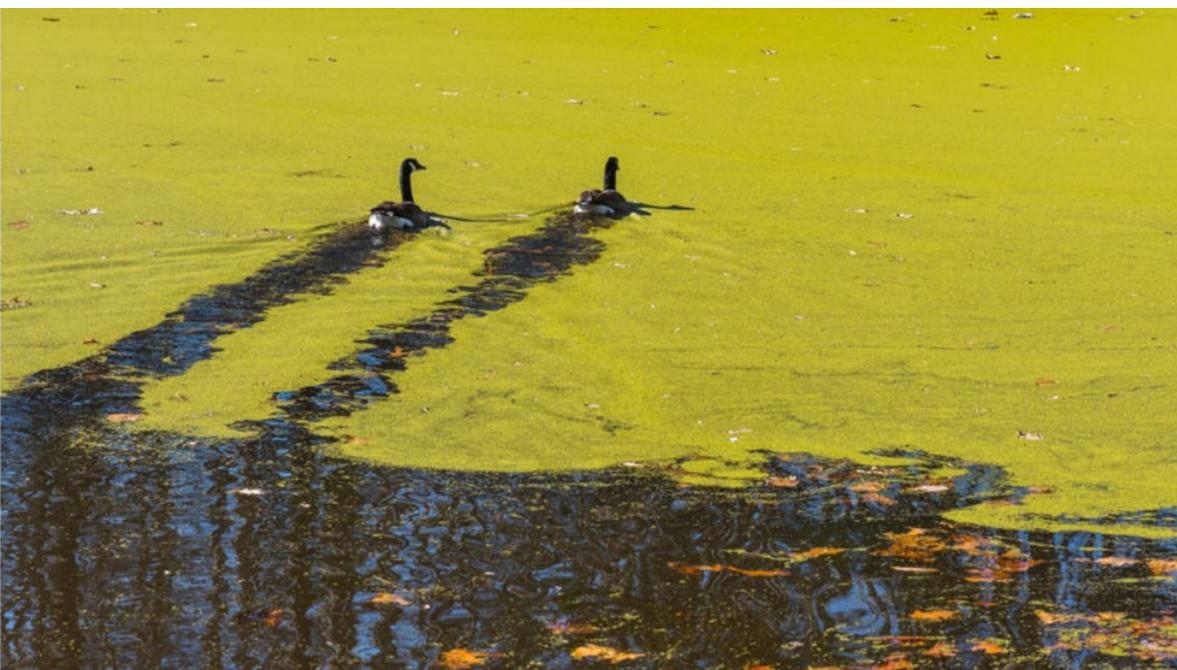


Figura 2. Contaminación en cuerpos de agua debido a desequilibrios ecológicos [3].

Estos contaminantes generan un desequilibrio ecológico en las zonas rurales, ya que afectan la vida acuática, incluyendo peces y otros organismos, así como a los animales terrestres que habitan cerca de los arroyos, como el ganado, animales domésticos, aves y roedores. Estos animales actúan como vectores que pueden contaminar los alimentos de otros seres vivos, incluyendo a los habitantes de la zona. Este fenómeno se ilustra en la Figura 3, donde se observa que el ganado bovino a menudo consume estas aguas contaminadas, lo que puede llevar a enfermedades gastrointestinales y contaminación de la carne producida, ya sea por agentes patógenos o sustancias tóxicas presentes en el agua ingerida por los animales. Los microorganismos patógenos en el agua para el ganado, como bacterias, virus o parásitos, pueden multiplicarse en el sistema digestivo del ganado, causando enfermedades que afectan la calidad de la carne. Asimismo, las sustancias químicas tóxicas en el agua del ganado, como metales pesados, pesticidas, herbicidas o productos químicos industriales, pueden acumularse en los tejidos del animal con el tiempo, representando un riesgo para la

salud humana si se consume [4].

Las aguas residuales de rastros representan una importante fuente de contaminación junto a las aguas residuales domésticas, estas crean condiciones para la propagación de enfermedades infecciosas las cuales presenta una alta mortalidad infantil por enfermedades diarreicas. En las zonas rurales, los pobladores suelen tener contacto directo o indirecto con el agua de río contaminado por estas aguas residuales, como por ejemplo al consumirla para beber, cocinar, lavar alimentos y en el uso de riego de cultivos por parte de los agricultores. Además, los productos pesqueros pueden representar también riesgos para la salud [5]. Se calcula que el 48 % de las muertes por dicha causa pueden ser evitadas con medidas de saneamiento de aguas residuales, pues estos servicios permiten la reducción de la mortalidad y morbilidad entre la población menor de cinco años y la disminución de enfermedades de transmisión por agua (hepatitis viral, fiebre tifoidea, cólera, disentería y otras causantes de diarrea) [6]. El impacto ambiental inadvertido en las zonas rurales es consecuencia de la margi-



Figura 3. Riesgos de infecciones en el consumo de agua contaminada.

nación de las localidades que está correlacionada con su ubicación geográfica. Conforme las poblaciones se encuentran más aisladas, mayor es la precariedad de los servicios. Generalmente, los recursos en las agencias municipales son limitados por lo cual, es muy difícil contar con plantas de tratamientos de aguas residuales para los rastros municipales. En México, el acceso a saneamiento básico mejorado es de un 64 % en el medio urbano, mientras que en el medio rural sólo es de 39 %. Son 14 los estados con mayor rezago en el acceso a los servicios, en los que el porcentaje de población que cuenta con saneamiento básico mejorado oscila entre 10 y 50% [6]. Además de la precariedad en infraestructura, se evidencia una falta de información y divulgación hacia los trabajadores de estas instalaciones por parte de los dueños y autoridades. Muchas veces, no están plenamente conscientes de los efectos negativos que las prácticas establecidas en sus lugares de trabajo pueden tener en el medio ambiente, situación que se agrava por el escaso esfuerzo de las autoridades en proporcionar la información necesaria y en tomar medidas adecuadas.

Ante este panorama, es evidente que estas zonas necesitan atención primordial por parte de las autoridades, pues existen diversas formas en las cuales estos impactos se pueden ir mitigando en mediano o largo plazo. Existen tres enfoques que juntos pueden presentar una solución integral a estos problemas. El primer enfoque es investigar y encontrar sistemas de tratamiento viables basados en la naturaleza como los humedales construidos y los biorreactores anaerobios, ya que su funcionamiento se basa en el uso de vegetación, microorganismos y medios filtrantes. Estos sistemas biológicos no requieren una inversión elevada ni costos operativos y de mantenimiento significativos. La tecnología de humedales construidos ha mostrado un gran potencial para la conservación de cuencas, ríos y lagos, especialmente debido a su similitud en la función de calidad del agua con los humedales naturales. Ecológicamente, estos sistemas tienen el beneficio adicional de aumentar los hábitats na-

turales. Esta ecotecnología puede representar un plus en su implementación al utilizar plantas ornamentales y diseños característicos de la región, lo cual aumenta el sentido de pertenencia, como es el caso de éxito del humedal construido con diseño de flor y mariposa en una comunidad en Tailandia (Figura 4).

Por otro lado, los biorreactores anaerobios representan también una alternativa ecológica para su implementación en áreas rurales, especialmente los reactores de biopelícula fija que no requieren muchos equipos adicionales para su funcionamiento. Un sistema biológico basado en la naturaleza biorreactor – humedal construido puede potenciar el grado de limpieza de las aguas residuales en las comunidades.

El segundo enfoque es la implementación exitosa de estas tecnologías sostenibles. Después de llevar a cabo una investigación sobre las condiciones del entorno y seleccionar el sistema adecuado, estos sistemas se instalan en lugares estratégicos para recibir las aguas residuales de los rastros. Estos sistemas permiten obtener aguas residuales con un menor nivel de contaminantes antes de ser vertidas a los cuerpos de agua. En el caso de los biorreactores anaerobios, es posible obtener un valor agregado, como el biogás, que puede utilizarse como bioenergía. Y el tercer enfoque es la participación comunitaria y la concientización ambiental, pero sobre todo la motivación de las autoridades locales y federales para colaborar con la implementación de estos sistemas. Si existe una buena colaboración entre pobladores, autoridades y académicos en la implementación de estas ecotecnologías, se logra un sentido de pertenencia único y obtienen información técnica valiosa para mantener y cuidar estos sistemas, evitando también actos de vandalismo y permitiendo un mejor cuidado del medio ambiente. La combinación de estas medidas puede contribuir significativamente a mitigar el problema de las aguas residuales de rastros rurales y reducir su impacto ambiental, protegiendo al mismo tiempo la salud de las comunidades locales y la sostenibilidad del entorno rural. **iBIO**



Figura 3. Sistema de humedales construido con diseño de flor y mariposa [7].

## Agradecimientos

Agradecimiento al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el proyecto financiado de Ciencia Básica y de Frontera No. CF-2023-I-2318, que permitió la ejecución de las diferentes actividades de investigación para la publicación de este artículo de divulgación.

## Referencias

- [1] Rodríguez, R. V., & Valdez, J. G. (2019). *Manejo integral de efluentes residuales generados en los rastros municipales*. CIATEJ ISBN: 978-607-8734-06-1. Disponible en: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/683> (Acceso: Julio 07 2023)
- [2] Ng, M., Dalhatou, S., Wilson, J., Kamdem, B. P., Temitope, M. B., Paumo, H. K., ... & Kane, A. (2022). Characterization of slaughterhouse wastewater and development of treatment techniques: a review. *Processes*, 10(7), 1300. <https://doi.org/10.3390/pr10071300>
- [3] El Ágora. (2021). *Los lagos de todo el planeta se están quedando sin oxígeno*. Madrid 2021. Disponible en:

<https://www.elagoradiario.com/agua/disminuye-oxigeno-aumenta-eutrofizacion-lagos/> (Acceso: Julio 07 2023)

- [4] Willms, W. D., Kenzie, O. R., McAllister, T. A., Colwell, D., Veira, D., Wilms, J. F., ... & Olson, M. E. (2002). Effects of water quality on cattle performance. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 55(5), 452-460.
- [5] Malik, A., Yasar, A., Tabinda, A. B., & Abubakar, M. (2012). Water-borne diseases, cost of illness and willingness to pay for diseases interventions in rural communities of developing countries. *Iranian journal of public health*, 41(6), 39.
- [6] CONAGUA, 2020. *Programa Nacional Hídrico 2020-2024*. Disponible en línea: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5609188&fecha=30/12/2020#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609188&fecha=30/12/2020#gsc.tab=0) (Acceso en 08 Julio 2023).
- [7] Brix, H., Koottatep, T., Fryd, O., & Laugesen, C. H. (2011). The flower and the butterfly constructed wetland system at Koh Phi Phi—System design and lessons learned during implementation and operation. *Ecological engineering*, 37(5), 729-735.