

Estrategias biotecnológicas en el tratamiento de aguas residuales: una revisión multidisciplinaria para sectores agroindustrial, hospitalario y minero

Nombres y apellidos:

María Alejandra Asendra Osorio
Código estudiantil: 202212242685

Natalia Sofia Arjona Bonett
Código estudiantil: 202211641300

Mailen De Alba Santiago
Código estudiantil: 202122235478

Shairat Mínela Pinedo González
Código estudiantil: 202212241357

Trabajo de Investigación del Programa de Microbiología

Tutor:

Carlos Torres Bayona

RESUMEN

La creciente demanda de agua y la contaminación antrópica en los sectores agroindustriales, mineros y hospitalarios han provocado una degradación significativa de los recursos hídricos, afectando la sostenibilidad de los ecosistemas y la salud pública. A través de una revisión bibliográfica, se exploran estrategias biotecnológicas basadas en el aprovechamiento de microorganismos para la biodegradación de compuestos orgánicos, metales pesados y contaminantes químicos presentes en aguas residuales. Estas tecnologías no solo mejoran la calidad del agua tratada, sino que también contribuyen a la recuperación de ecosistemas dañados y a la reutilización sostenible del recurso hídrico.

El objetivo de esta investigación es evaluar los procesos microbiológicos más eficaces, destacando su potencial para reducir los impactos ambientales y fomentar una gestión responsable de las aguas residuales en sectores estratégicos. A través de un enfoque multidisciplinario, se busca desarrollar soluciones innovadoras que respondan a los desafíos del cambio climático y garanticen la sostenibilidad hídrica a largo plazo. El presente trabajo de investigación aborda la importancia de las estrategias biotecnológicas en el tratamiento de aguas residuales generadas por los

sectores agroindustrial, hospitalario y minero, frente al creciente impacto de la contaminación hídrica de origen antrópico. Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva entre agosto de 2024 y mayo de 2025, en la cual se analizaron 50 artículos científicos, de los cuales se seleccionaron 12 estudios representativos (4 por cada sector) según su relevancia, rigor metodológico y aplicabilidad biotecnológica.

Palabras clave: Aguas residuales, Biorremediación, Microorganismos, Contaminación, Cambio climático.

ABSTRACT

The increasing demand for water and anthropogenic pollution in the agro-industrial, mining and hospital sectors have caused significant degradation of water resources, affecting the sustainability of ecosystems and public health. Through a literature review, biotechnological strategies based on the use of microorganisms for the biodegradation of organic compounds, heavy metals and chemical pollutants present in wastewater are explored. These technologies not only improve the quality of treated water but also contribute to the recovery of damaged ecosystems and the sustainable reuse of water resources.

The objective of this research is to evaluate the most effective microbiological processes, highlighting their potential to mitigate environmental impacts and promote responsible wastewater management in key sectors. This multidisciplinary approach seeks to contribute to innovative solutions that respond to the challenges of climate change and ensure long-term water sustainability.

This research work addresses the importance of biotechnological strategies in the treatment of wastewater generated by the agroindustrial, hospital and mining sectors, in the face of the growing impact of anthropogenic water pollution. An exhaustive bibliographic review was carried out between August 2024 and May 2025, in which 50 scientific articles were analyzed, from which 12 representative studies were selected (4 for each sector) according to their relevance, methodological rigor and biotechnological applicability.

KeyWords: Wastewater, Bioremediation, Microorganisms, Pollution, Climate change.

REFERENCIAS

1. Alegría, LAR., Santillán, CSR., Hinojosa, JSS., Pilco, CRJ., & Muñoz, IMG. (2022). Biorremediación de aguas residuales agroindustriales mediante el cultivo de *Spirulina SP* y biomasa utilizada como suplemento alimenticio para animales. *estudios en ciencias ambientales y animales*, 3 (3), 596–615.
2. Alvillo-Rivera, A., Garrido-Hoyos, S., Buitrón, G., Thangarasu-Sarasvathi, P. y Rosano-Ortega, G. (2021). Tratamiento biológico para la degradación del cianuro: Una revisión. *Journal of Materials Research and Technology*, 12, 1418–1433. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.03.030>
3. ANDI. (2023). Abastecer a Colombia y al mundo: reflexiones desde la agroindustria. <https://www.andi.com.co/Home/Noticia/17509-abastecer-a-colombia-y-al-mundo-reflexi>
4. Arango Ruiz, Á. de J. (2004). La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua. *Revista lasallista de investigacion*. <http://hdl.handle.net/10567/184>
5. Aquino, H. A., Rojas Machaca, Y. P., Mamani, E. M., & Chura Palli, V. D. (2021). Microorganismos empleados para la biorremediación de efluentes mineros con cianuro. *Aporte Santiaguino*, 14(1), 120–137. <https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n1.711>
6. Axioma PUCE-SI. (s.f.). Residuos agroindustriales: impacto y manejo. <https://axioma.pucesi.edu.ec/index.php/axioma/article/download/803/728/>

7. *Tratamiento de Aguas Residuales para Hospitales*. (2016, diciembre 10). SPENA GROUP Tratamiento de Aguas Residuales. <https://spenagroup.com/tratamiento-aguas-residuales-hospitales/>
8. Bala, S., Garg, D., Thirumalesh, B. V., Sharma, M., Sridhar, K., Inbaraj, B. S., & Tripathi, M. (2022). Recent Strategies for Bioremediation of Emerging Pollutants: A Review for a Green and Sustainable Environment. *Toxics*, 10(8), 484. <https://doi.org/10.3390/toxics10080484>
9. Boza, M y Montoya Pardo, M. (2020). Sector minero en Colombia. Bogotá : Universidad Externado de Colombia, 2020. [10.57998/bdigital.handle.001.2876](https://doi.org/10.57998/bdigital.handle.001.2876)
10. Calixto, N, Becerra Moreno, D y Cárdenas-Gutiérrez, J. (2023). *Causas y consecuencias de la contaminación de aguas*. Bogotá - Ediciones Nueva Jurídica. <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/6720>
11. Cartagena David, M. (2019). Biorremediación en aguas residuales contaminadas con cianuro y mercurio generadas en el proceso de la minería aurífera en Colombia, a partir de una revisión bibliográfica entre los años 2008 -2018. Universidad de Antioquia. <http://hdl.handle.net/10495/13927>
12. Cota-Ruiz, K., Nuñez-Gastelúm, JA, Delgado-Rios, M., & Martinez-Martinez, A. (2019). BIORREMEDIACIÓN: ACTUALIDAD DE CONCEPTOS Y APLICACIONES. *Biocencia* , 21 (1), 37-44. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971082005>
13. Contaminación del agua, una crisis mundial creciente. (2025). Nationalgeographic.es. Recuperado 15 de mayo de 2025, de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/contaminacion-del-agua>
14. Correias Mercurio. (s.f.). Agroindustria: la importancia del segmento para la economía. <https://www.correiasmercurio.com.br/es/agroindustria-importancia-economia/>
15. Echeverri Sánchez, A. (2015). Reúso para riego del efluente de la Ptar-C: evaluación del potencial impacto en las propiedades físicas del suelo y la productividad de la variedad de caña de azúcar cc85-92]. <https://hdl.handle.net/10893/9001>
16. Fernández , A. M., Palacios Arrieta , D., & Guadalupe Martínez , N. (2023). Biorremediación en Aguas Residuales Acuícolas: Una Revisión. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 8538-8568. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7577
17. Fernández Guerrero, O. (2012). Elaboración de un estado de arte para los impactos ambientales que genera la pequeña minería de oro en aluvión y tecnologías apropiadas para su prevención, mitigación y corrección. Universidad de San Buenaventura. <http://hdl.handle.net/10819/1406>
18. Flowen. (2024). Tratamiento de aguas residuales de agroindustrias. <https://flowen.com.pe/tratamiento-de-aguas-residuales-de-agroindustrias/>
19. Galkin, Mykola & Strashnova, I. & Andryushchenko, A.. (2024). Use of microorganisms in bioremediation of soils contaminated as a result of military actions. *Microbiology&Biotechnology*. 28-55. 10.18524/2307-4663.2024.2(61).310553. https://www.researchgate.net/publication/384626511_USE_OF_MICROORGANISMS_IN_BIOREMEDIATION_OF_SOILS_CONTAMINATED_AS_A_RESULT_OF_MILITARY_ACTIONS

20. González-Jiménez, Yuliana y Villalobos-Morales, Josué. (2021). Manejo ambiental de residuos orgánicos: Estado del arte de la generación de compostaje a partir de residuos sólidos provenientes de sistemas de trampas de grasa y aceite. *Revista Tecnología en Marcha* , 34 (2), 11-22. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v34i2.4843>
21. Guerrero Galván, S. R., Palomera K., & Gutierrez, L., D. (2023). ¿Se ensuciará toda el agua del planeta? *LUCIDUM CIENCIA*, 49–54. <http://www.cuc.udg.mx/es/7-se-ensuciara-toda-el-agua-del-planeta>
22. Grisales Penagos, D. K., Ortega López, L. J., & Rodríguez Chaparro, T. (2012). Remoción de la materia orgánica y toxicidad en aguas residuales hospitalarias aplicando ozono. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/41464>
23. Instituto del agua, (2024, enero 17). *Tratamiento de Aguas Residuales Hospitalarias: Guía Completa PDF | Aguas residuales | Instituto del Agua*. Instituto del Agua. <https://institutodelagua.es/aguas-residuales/tratamiento-de-aguas-residuales-hospitalarias-pdfaguas-residuales/>
24. Instituto del agua, (2024, enero 17). *Tratamiento de Aguas Residuales Hospitalarias: (2024, 19 enero). Biotecnología en Depuración de Aguas Residuales: Avances y Soluciones Eco-Amigables para la Limpieza del Agua*. Instituto del Agua. <https://institutodelagua.es/aguas-residuales/biotecnologia-en-depuracion-de-aguas-residualesaguas-residuales/>
25. Larios Meoño, F., González Taranco, C., y Morales Olivares, Y. (2016). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber Y Hacer*, 2(2), 8–25. Recuperado a partir de <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/115>
26. Leal Ascencio, M. T. L. A. (s. f.). *Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones* (Vol. 4). https://www.psa.es/es/unidades/tsa/projects/solarsafewater/documents/libro/04_Capitulo_04.pdf
27. Mara, Duncan. (2013). Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. 1-293. 10.4324/9781849771023. https://www.researchgate.net/publication/287291244_Domestic_Wastewater_Treatment_in_Developing_Countries
28. Moeller, G., & Tomasini, A. C. (2004). Microbiología de lodos activados. Memorias curso internacional de sistemas integrados de tratamiento de aguas residuales y su reúso para un medio ambiente sustentable. Bogotá: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
29. Moreno-Valencia, F. & Muñoz-Rojas, J. (2024). Resistencia a los antibióticos y su amenaza multifacética: orígenes, evolución y consecuencias persistentes en la salud y el medio ambiente. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla <https://hdl.handle.net/20.500.12371/21369>
30. Montenegro, S. P., Pulido, S. Y., & Calderón Vallejo, L. F. (2020). *Prácticas de biorremediación en suelos y aguas*. <https://doi.org/10.22490/notas.3451>
31. OpenAI. (2025). *Respuesta generada por ChatGPT a pregunta del usuario sobre estrategias biotecnológicas en el tratamiento de aguas residuales*. ChatGPT. <https://chat.openai.com/>
32. Ospina Rendón, C., Montoya Arango, JA, & García Palacio, JA (2007). Oportunidades de producción más limpia en tintorerías del sector textil. *Scientia Et Technica* , XIII (37), 603-608. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84937104>

33. Ophthanie, G. (2020). Aplicación de microalgas para la remoción de nutrientes en efluentes agrícolas: Revisión de literatura (Trabajo de graduación). Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6747/1/IAD-2020-T020.pdf>
34. Ostos-Ortíz, O. L., Rosas-Arango, S. M., González-Devia, J. L., Ostos-Ortíz, O. L., Rosas-Arango, S. M., & González-Devia, J. L. (s. f.). *Aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000100129
35. Patiño Barrera, L. D., & Henao Aguirre, P. A. (2024). Biorremediación de aguas residuales provenientes de la minería contaminadas con plomo mediante un consorcio de microorganismos nativos. *Revista Semilleros De Investigación*, 5(1), 9–14. <https://doi.org/10.24054/sei.v5i1.3506>
36. Parra, A. M., Hernández, M. C. V., (2018). Impacto ambiental sobre el recurso hídrico, una consecuencia del procesamiento del oro. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/11559/1/EMA%2012502.pdf>
37. Rambabu, K., Banat, F., Pham, Q. M., Ho, S.-H., Ren, N.-Q., & Show, P. L. (2020). Biological remediation of acid mine drainage: Review of past trends and current. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2020.100024>
38. Ravelo, Sandra & Alejandro, Alarcon & Rocandio-Rodríguez, Mario & Vanoye-Eligio, V.. (2016). Bioremediation of wastewater for reutilization in agricultural systems: A review. *Applied Ecology and Environmental Research*. 15. 33-50. 10.15666/aeer/1501_033050.
39. RAPAL Uruguay. (2010). Contaminación y eutrofización del agua. Impactos del modelo de agricultura industrial (de RAPAL Uruguay). 2010.
40. Revista UNIMILITAR. (s.f.). Aprovechamiento de residuos agroindustriales. <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/download/3108/2874>
41. Rodríguez, Manuel. (2009). La hidrosfera. El ciclo del agua. La contaminación del agua. Métodos de análisis y depuración. El problema de la escasez del agua. <https://www.researchgate.net/publication/263925744>
42. Robles Urgilez, M. D. (2024). Seguridad alimentaria: Riesgo asociados Metales Pesados sobre la salud humana. *Journal of American Health*, 7(2). Recuperado a partir de <https://www.jah-journal.com/index.php/jah/article/view/204>
43. Rueda, A. (2023, abril 11). *El abuso de plaguicidas y sus riesgos*. Salud con lupa. <https://saludconlupa.com/comprueba/el-abuso-de-plaguicidas-y-sus-riesgos/>
44. Salgado-Bernal, I., Cárcamo-Ramírez, H., Martínez, A., Carballo-Valdés, ME, Cruz-Arias, M., & Durán-Domínguez-de-Bazúa, MDC (2011). Efectos ambientales de contaminantes químicos en las aguas: una propuesta biotecnológica para su eliminación. *Revista Cubana de Química*, XXIII (3), 87-95. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543724011>
45. Serrano-Uribe, B., Pardave-ivia, W., & Castillo-Martínez, C. H. (2022). Tratamiento de Drenajes Ácidos de Mina (DAM) mediante filtros elaborados con relave minero. *Revista Politécnica*, 18(36), 115–125. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v18n36a9>
46. Shook. (2024, 15 noviembre). *Ultimate Guide to Water Treatment: Everything You Need to Know*. Agua Nueva. <https://www.newater.com/es/tecnologias-de-tratamiento-de-agua/>

47. Shukla, A. K., Shukla, A., & Shukla, P. K. (2025). Role of Biotechnology in Wastewater Treatment. *Advances in Environmental Engineering and Green Technologies Book Series*, 1–32. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-8487-9.ch001>
48. Tech, G. W. (2019, 11 julio). *Tratamiento de aguas residuales hospitalarias mediante electrocoagulación*. Genesis Water Technologies. <https://es.genesiswatertech.com/entrada-en-el-blog/tratamiento-de-aguas-residuales-hospitalarias-mediante-electrocoagulaci%C3%B3n/>
49. Tejada, C., Quiñonez, E., & Peña, M. (2014). Contaminantes Emergentes en Aguas: Metabolitos de Fármacos. Una Revisión. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 10(1), 80–101. <https://doi.org/10.18359/rfcb.341>
50. United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). Bioremediation for Climate Action. Retrieved from <https://www.unep.org>
51. Whiteman, R., & H. Foster, M. (s. f.). *La bioaumentación ayuda a los sistemas de tratamientos de efluentes*. <https://www.labamerex.com/images/Bioaumentacion-Foster-and-Whiteman-PhD.pdf>