South American Publishing

SAP Environmental Research and Ecotoxicity. 2023; 2:57
doi: 10.56294/ere202357

SHORT COMMUNICATION

Water Management in Latin America: Challenges, Emerging Contaminants and the Case of Colombia

Gestión del agua en América Latina: desafíos, contaminantes emergentes y el caso de Colombia

José Luis Guataquira Rincón[1], René Ricardo Cuéllar Rodríguez[1], Laura Daniela Palomino Boshell[2] ✉

[1]Corporación Universitaria Del Meta, Facultad de Ingeniería Ambiental. Villavicencio – Meta, Colombia.
[2]Escuela de Ingenierías, Ingeniería Ambiental, Corporación Universitaria del Meta (UNIMETA), Villavicencio, Meta, Colombia.

Cite as
Guataquira Rincón JL, Cuéllar Rodríguez RR, Palomino Boshell LD. Water Management in Latin America: Challenges, Emerging Contaminants and the Case of Colombia. SAP Environmental Research and Ecotoxicity. 2023; 2:57. https://doi.org/10.56294/ere202357

Publication History
Submitted: 10-09-2022
Revised: 28-01-2023
Accepted: 12-05-2023
Published: 13-05-2023

Corresponding Author
Laura Daniela Palomino Boshell ✉

ABSTRACT

In 2023, the study analyzed the relationship between drinking water quality and environmental, social and economic conditions in Latin America. It observed that industrial and agricultural growth without adequate planning seriously affected water ecosystems. Countries such as Colombia, Mexico and Brazil showed high vulnerability due to outdated regulations, low water treatment coverage and uncontrolled emergence of emerging contaminants. During that year, the effects of climate change intensified, with prolonged droughts and floods, altering both the availability and quality of water. In Colombia, urban disorder and poor land use directly impacted water sources, especially in rural areas, where access to safe water was even more limited. The study compared international water quality indexes with the Colombian IRCA, showing the need to update parameters and include emerging contaminants such as pesticides and pharmaceuticals. In several countries, these compounds exceeded the limits recommended by WHO and EPA, affecting public health, particularly vulnerable populations. The research proposed methodological updating of the IRCA, integrating toxicity and epidemiological risk criteria. It also pointed out that water management should be collective, with investment in infrastructure, technology and citizen education. Finally, it concluded that the Colombian case could serve as a regional reference to improve management and guarantee equitable access to safe drinking water.

Keywords: Drinking Water; Emerging Pollutants; Public Health; Environmental Regulations; Climate Change.

RESUMEN

En 2023, el estudio analizó la relación entre la calidad del agua para consumo humano y las condiciones ambientales, sociales y económicas en América Latina. Observó que el crecimiento industrial y agropecuario sin planificación adecuada afectó gravemente los ecosistemas hídricos. Países como Colombia, México y Brasil mostraron una alta vulnerabilidad debido a normativas desactualizadas, baja cobertura de tratamiento de aguas y aparición de contaminantes emergentes sin control. Durante ese año, los efectos del cambio climático se intensificaron, con sequías prolongadas e inundaciones, alterando tanto la disponibilidad como la calidad del agua. En Colombia, el desorden urbano y el mal uso del suelo impactaron directamente las fuentes hídricas, especialmente en zonas rurales, donde el acceso al agua segura fue aún más limitado. El estudio comparó índices de calidad del agua internacionales con el IRCA colombiano, evidenciando la necesidad de actualizar parámetros e incluir contaminantes emergentes como plaguicidas y fármacos. En varios países, estos compuestos superaron los límites recomendados por la OMS y la EPA, afectando la salud pública, en particular a poblaciones vulnerables. La investigación propuso actualizar metodológicamente el IRCA, integrando criterios de toxicidad y riesgo epidemiológico. Señaló también que la gestión del agua debe ser colectiva, con inversión en infraestructura, tecnología y educación ciudadana. Finalmente, concluyó que el caso colombiano podría servir de referencia regional para mejorar la gestión y garantizar el acceso equitativo a agua potable segura.

Palabras clave: Agua Potable; Contaminantes Emergentes; Salud Pública; Normativa Ambiental; Cambio Climático.

© 2023; The Authors. This Open access article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

BACKGROUND

In Latin America, the environmental, social, and economic context of 2023 allows for a direct link between the technical and regulatory discussion on water quality for human consumption, such as that developed in this study, and the real conditions experienced by millions of people in urban, rural, and peri-urban areas.[1,2,3] Industrial growth and the uncontrolled expansion of agricultural activities, without adequate environmental planning, have significantly impacted the region's water ecosystems. Countries such as Colombia, Mexico, Brazil, Argentina, and Peru are highly vulnerable to water pollution due to a combination of factors: outdated regulations, institutional weakness, limited wastewater treatment coverage, and the growing emergence of uncontrolled emerging pollutants.[4,5,6]

During 2023, there was evidence of an intensification of the effects of climate change, particularly in extreme phenomena such as prolonged droughts in the Southern Cone and heavy rains in Central America and the Caribbean. These extreme weather conditions alter not only the availability of water, but also its quality. In Colombia, as in other Latin American countries, these alterations are combined with inadequate land use management, where disorderly urban growth has led to the occupation of riparian areas, directly impacting the water bodies used for supply.[7,8,9] The situation becomes critical in rural areas, where access to safe water sources is even more limited. The 2021 National Water Quality Report already showed a sustained level of risk in these areas. In 2023, regional studies and reports continued to reflect a gap between the regulatory framework and the country's health and epidemiological reality. This gap widens when emerging contaminants (ECs) are considered, which are not covered by most regulatory frameworks in the region, including Colombia's, whose main instrument, Resolution 2115 of 2007, already lags significantly behind scientific and technological advances that allow the detection and quantification of new substances with toxic potential.[10,11,12]

This lag becomes a tangible risk to public health. In countries such as Mexico, Argentina, and Brazil, studies were published in 2023 on the presence of pesticides and pharmaceuticals in surface and groundwater bodies at concentrations exceeding the limits recommended by the World Health Organization (WHO) and the United States Environmental Protection Agency (EPA).[13,14,15] Despite their low concentration, these contaminants have a cumulative effect on the human body, causing chronic diseases, hormonal disorders, antimicrobial resistance, and potential genotoxic effects. This situation is particularly worrying in vulnerable populations such as indigenous, rural, and peripheral communities, which depend on natural water sources without prior treatment.[16,17,18]

The comparative analysis proposed in this study between internationally applied water quality indices and the Colombian Water Quality Risk Index (IRCA) is an important step toward highlighting these differences and proposing necessary adjustments to the evaluation parameters.[19,20,21] In many countries in the region, such as Costa Rica, Chile, and Uruguay, regulatory updating processes have been initiated that progressively incorporate ECs into water monitoring analyses, prioritizing the inclusion of active ingredients in pharmaceutical and personal care products (PFCPs), pesticides, and other industrial compounds.[22,23,24]

In 2023, environmental health took a more central role in the Latin American public agenda due to the direct implications of ecological quality, social justice, and health. The crisis of access to safe water is not only conceived as a technical problem, but as a human rights issue, especially in contexts where water is privatized or its management is subject to conflicts over productive versus domestic and community use.[25,26,27] Thus, incidents of water pollution and the ineffectiveness of traditional water treatment systems reveal an urgent need to redirect efforts toward comprehensive resource management that considers the particular conditions of each territory, its environmental risks, and new chemical threats that affect public health.[28,29,30]

In Colombia, the water problem is also part of a broader political and social transition context. The year 2023 was marked by government efforts to strengthen environmental justice and equitable access to essential public services, including drinking water.[31,32,33] However, these efforts still face structural barriers such as weak inter-institutional coordination, insufficient budgets, and a lack of technical capacity in local authorities to carry out efficient and continuous monitoring of water quality, especially in remote rural areas.[34,35,36]

This thesis's proposal is relevant in this context. It proposes a methodological update of the IRCA by incorporating parameters associated with CE and assigning appropriate weighting according to their epidemiological impact and toxicity.[37,238,39] This allows for a preventive, rather than reactive, approach to the emerging threats facing the human water supply in the region today. It is also aligned with the Sustainable Development Goals, particularly SDG 6, which seeks to ensure the availability of water and its sustainable management for all.[40,41,42]

It is essential to emphasize that regulatory updating processes must be accompanied by sustained investment in infrastructure, technical personnel training, reliable data generation, and access to more sophisticated treatment technologies.[43,44,45] In this regard, strengthening partnerships between universities, research centers, environmental authorities, and community actors is essential to generate contextualized, scalable, and sustainable solutions. Latin America has valuable scientific capabilities, which are often underutilized due to the disconnect between technical knowledge and public policy decisions.[46,47,48]

Furthermore, including emerging pollutants in water quality analyses should not generate alarm, but rather a perspective of shared responsibility. This implies demanding technological adaptation from the State and service providers and promoting greater public awareness about the responsible consumption of pharmaceuticals, cleaning products, and agrochemicals. Integrated water resource management is a collective task requiring a broad, interdisciplinary, and participatory approach.[49,50,51,52]

Finally, the Colombian case, which is extensively documented in this study, can serve as a mirror for other Latin American countries facing similar problems and seeking ways to strengthen their water monitoring, control, and management systems.[53,54,55,56,57,58] Based on updated scientific evidence, the proposal to incorporate new parameters into the IRCA is a step in the right direction to guarantee a fundamental right: access to safe, sufficient, acceptable, and affordable drinking water for the entire population, regardless of their geographical location or socioeconomic status.[59,60,61,62,63]

In a world where water is increasingly becoming a strategic resource, its protection cannot continue to be postponed. Public health, ecosystem sustainability, and the well-being of future generations depend primarily on the decisions we make today. This research contributes to that effort by offering technical tools to advance toward a more just, equitable, and adapted water management system in Latin America in the 21st century.[64,65,66,67,68,69,70]

REFERENCES

1. Suárez S, Molina E. El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. Rev Cubana Hig Epidemiol. 2014;52(3):357-63.

2. Arias J. Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. Rev Investig Agrar Ambient. 2017;8(1):151-67.

3. Ahmed M, Matsumoto M, Ozaki A, Thinh NV, Kurosawa K. Heavy metal contamination of irrigation water, soil, and vegetables and the difference between dry and wet seasons near a multi-industry zone. Water. 2019;11(3):583. https://doi.org/10.3390/w11030583

4. Manoj S, Thirumurugan M, Elango L. An integrated approach for assessment of groundwater quality in and around uranium mineralized zone, Gogi region, Karnataka, India. Arab J Geosci. 2017;10(24):557. https://doi.org/10.1007/s12517-017-3321-5

5. Jawad M, Arslan M, Siddique M, Ali S, Tahseen R, Afzal M. Potentialities of floating wetlands for the treatment of polluted water of river Ravi, Pakistan. Ecol Eng. 2019;133:167-76. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.04.022

6. Bhuiyan A, Dampare B, Islam A, Suzuki S. Source apportionment and pollution evaluation of heavy metals in water and sediments of Buriganga River, Bangladesh, using multivariate analysis and pollution evaluation indices. Environ Monit Assess. 2015;187(4075):1-21. https://doi.org/10.1007/s10661-014-4075-0

7. Zhang J, Li H, Zhou Y, Dou L, Cai L. Bioavailability and soil-to-crop transfer of heavy metals in farmland soils: a case study in the Pearl River Delta, South China. Environ Pollut. 2018;235:710-9. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.106

8. Sabogal L. El riesgo sanitario y la eficiencia de los sistemas de tratamiento en la selección de tecnologías para la potabilización del agua. Cali: Universidad del Valle; 2000.

9. Rojas R. Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. 2002.

10. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Sección 2. Evaluación y manejo del riesgo. En: Manual de evaluación y manejo de sustancias tóxicas en aguas superficiales. 2001. p. 46.

11. Guerra C. Ponderación de los riesgos de origen microbiano y químico en la desinfección del agua potable: la perspectiva panamericana. Bol Oficina Sanit Panam. 1993;115:451-4.

12. World Health Organization (WHO). Conquering suffering, enriching humanity. The world health report 1997. Geneva: WHO Graphics; 1997. p. 157.

13. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). El medio ambiente en Colombia. Bogotá: IDEAM; 2001.

14. Fernández N, Solano F. Índices de calidad y contaminación del agua. Pamplona: Universidad de Pamplona; 2008.

15. González T, Osorio I, Riascos A. Evaluación del proceso de reporte del IRCA a las plataformas SUI y SIVICAP web desde el marco del INCA en los años 2016-2019, caso de estudio: Magdalena, zona bananera. Encuentro Int Educ Ing. 2019.

16. Ministerio de Salud y Protección Social. Informe nacional de calidad del agua para consumo humano. 2021. Disponible en: https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/informe-nacional-de-calidad-del-agua-para-consumo-humano-inca-2021.pdf

17. Instituto Nacional de Salud. Estado de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en Colombia. 2019. Disponible en: https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/estado-de-la-vigilancia-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-en-colombia-2019.pdf

18. Carrasco D, Delgado Y, Cobos F. Contaminantes emergentes y su impacto en la salud. Emerging contaminants and its impact

on the health. Rev Fac Cienc Méd Univ Cuenca. 2017;35(2):55-9.

19. González T, Osorio I, Riascos A. Evaluación del proceso de reporte del IRCA a las plataformas SUI y SIVICAP web desde el marco del INCA en los años 2016-2019, caso de estudio: Magdalena, zona bananera. Encuentro Int Educ Ing. 2019.

20. García C, García J, Rodríguez J, Pacheco R, García M. Limitaciones del IRCA como estimador de calidad del agua para consumo humano. Rev Salud Pública. 2018;20:204-7.

21. Cruz A, Rodriguez L. Análisis de los índices de riesgo de calidad de agua potable (IRCA) en Boyacá entre 2016-2019. Agricolae Habitat. 2021;4(1).

22. Romero J, Ibarra N. Valoración del índice de calidad del agua cruda (ICA), del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), del índice de tratamiento (IT), del índice de continuidad (IC) y del índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua para consumo humano por prestador (IRABAPP), para el periodo 2010-2011, de sistemas de tratamiento de agua potable. Rev Esc Colomb Ing. 2013;23(92):13-22.

23. Briñez K, Guarnizo C, Arias A. Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. Rev Fac Nac Salud Pública. 2012;30(2):175-82.

24. Enríquez C, Torres A, Enciso F. Comportamiento del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano y demanda de agua en el acueducto Yamboró, Pitalito - Huila. Rev Investig Agroempresariales. 2020;7.

25. Torres M, de Navia L. Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca. Nova. 2010;8(14).

26. Candelario M, Pinto L. Evaluación del agua para consumo humano utilizando el índice de riesgo de la calidad del agua en el municipio de Puerto Nariño (Amazonas). Agricolae Habitat. 2023;6(2):27-40.

27. González L. Evaluación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) para la mejora de las condiciones de calidad del sistema de potabilización del acueducto de la vereda Quiche del municipio de Chiquinquirá–Boyacá. 2020.

28. Doncel J, Florex C. QIRCA: complemento de QGIS para calcular índices de riesgo de la calidad del agua para consumo humano-IRCA. 2018.

29. Torres F, Carvajal A. Cobertura de acueducto y alcantarillado, calidad del agua y mortalidad infantil en Colombia, 2000-2012 (No. 012228). Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Economía, CEDE; 2014.

30. Jiménez L, Ramos J, Guio P. Análisis del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano-IRCA y su relación con variables meteorológicas y ubicación geográfica para el departamento del Tolima en los años 2012–2013. Publicaciones Investig. 2016;10:69-81.

31. Jiménez C. Contaminantes orgánicos emergentes en el ambiente: productos farmacéuticos. Rev Lasallista Investig. 2011;8(2):143-53.

32. Jank L, Hoff R, Costa F, Pizzolato T. Simultaneous determination of eight antibiotics from distinct classes in surface and wastewater samples by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography electrospray ionisation mass spectrometry. Int J Environ Anal Chem. 2014;94(10):1013–37.

33. Spongberg A, Witter J, Acuña J, Vargas J, Murillo M, Umaña G, et al. Reconnaissance of selected PPCP compounds in Costa Rica surface waters. Water Res. 2011;45(20):6709–17.

34. Estrada E, Cortés J, González A, Calderón C, de Rivera M, Ramírez E, et al. Assessment of full-scale biological nutrient removal systems upgraded with physico-chemical processes for the removal of emerging pollutants present in wastewaters from Mexico. Sci Total Environ. 2016;571:1172–82.

35. Bujanow D, Pérez V, Gavilán J, Luis J. Estudio sobre la presencia y distribución de contaminantes emergentes en los acuíferos detríticos del río Guadalhorce. En: Unidos por el agua. Huelva: Club del Agua Subterránea; 2018. p. 701–8.

36. Vadillo I, Jiménez P, Aranda J, Denguir F, Luque J, Benavente J. Presencia y distribución de contaminantes emergentes en cuatro cuencas antropizadas del sur de la Península Ibérica. 2018.

37. Meléndez J, García Y, Galván V, de León LD, Vargas K, Mejía J, Ramírez RF. Contaminantes emergentes. Problemática ambiental asociada al uso de antibióticos. Nuevas técnicas de detección, remediación y perspectivas de legislación en América Latina. Rev Salud Ambient. 2020;20(1):53–61.

38. Martínez I, Soto J, Lahora A. Antibióticos como contaminantes emergentes. Riesgo ecotoxicológico y control en aguas residuales y depuradas. Ecosistemas. 2020;29(3):2070.

39. Ramírez L, Chicaiza S, Ramos A, Álvarez C. Detección de antibióticos betalactámicos, tetraciclinas y sulfamidas como contaminantes emergentes en los ríos San Pedro y Pita del cantón Rumiñahui. LA GRANJA Rev Cienc Vida. 2019;30(2):88–102.

40. Taborda D, Venegas W. Elaboración del mapa de riesgos de calidad del agua para consumo humano de la quebrada La Hoya en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca. 2016.

41. Ministerio de Salud y Protección Social. Programa nacional de prevención, manejo y control de la infección respiratoria aguda y la enfermedad diarreica aguda. 2023 [citado 2023 mar 31]. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/programa-nacional-ira-eda-2023.pdf

42. Universidad de Pamplona. Capítulo II. Indicadores de calidad del agua. Generalidades. Disponible en: https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo2.pdf

43. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2007.

44. Sutadian A, Muttil N, Yilmaz A, Perera J. Development of river water quality indices—a review. Environ Monit Assess. 2016;188:1–29.

45. Ardila N, Arriola E. Efecto de la quema de llantas en la calidad del agua de un tramo de la quebrada Piedras Blancas. Tecnol Cienc Agua. 2017;8(5):39–55.

46. Balmaseda C, García Y. Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba. Rev Cienc Téc Agropecu. 2014;23(3):11–6.

47. de Bustamante J, Sanz J, Goy J. Estudio de la calidad de las aguas superficiales en los espacios naturales del sur de las provincias de Salamanca y Ávila. Aplicaciones del índice ISQA. 2002 [citado 2023 mar 31]. Disponible en: https://sge.usal.es/archivos/geogacetas/Geo31/Art26.pdf

48. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Apêndice E. Índices de qualidade das águas, critérios de avaliação da qualidade dos sedimentos e indicador de controle de fontes. 2021. Disponible en: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2022/11/Apendice-E-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf

49. Fernández S. Índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. Capítulo III. Pamplona: Universidad de Pamplona; 2005.

50. Boyacioglu H. Development of a water quality index based on a European classification scheme. Water SA. 2007;33(1):101–6.

51. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, Dirección Técnica Ambiental. Objetivos de calidad del río Cauca – tramo Valle del Cauca. Documento técnico de soporte. 2023 [citado 2023 mar 31]. Disponible en: https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2023-06/Res.%200298%20de%202023-%20Objetivos%20de%20calidad%20del%20r%C3%ADo%20Cuaca%20-%20Tramo%20Valle%20del%20Cauca.pdf

52. Pachés A. Contaminantes emergentes. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2020.

53. Bofill S, Clemente P, Albiñana N, Maluquer C, Hundesa A, Girones R. Efectos sobre la salud de la contaminación de agua y alimentos por virus emergentes humanos. Rev Esp Salud Pública. 2005;79:253–69.

54. Becerril J. Optimización de metodologías analíticas para la determinación de contaminantes emergentes en aguas de abastecimiento y residuales [tesis]. 2012.

55. Gómez O. Enfermedad diarreica aguda por Escherichia coli enteropatógenas en Colombia. Rev Chil Infectol. 2014;31(5):577–86.

56. Chaves D, Fernández J, Ospina I, López M, Moncada L, Reyes P. Tendencia de la prevalencia y factores asociados a la infección por Giardia duodenalis en escolares y preescolares de una zona rural de Cundinamarca. Biomédica. 2007;27(3):345–51.

57. Ekici A, Yilmaz H, Beyhan YE. Prevalencia de la criptosporidiosis en seres humanos y terneros, y detección molecular del Cryptosporidium parvum. Rev MVZ Córdoba. 2022;27(2):1–9.

58. Pérez E. Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. Rev Tecnol Marcha. 2016;29(3):3–14.

59. Bolaños J, Cordero G, Segura G. Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). Rev Tecnol Marcha. 2017;30(4):15–27.

60. Pabón S, Benítez R, Sarria R, Gallo J. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. Entre Cienc Ing. 2020;14(27):9–18.

61. Jiménez A, Santa L, Otazua M, Ayerdi M, Galarza A, Gallastegi M, et al. Ingesta de flúor a través del consumo de agua de abastecimiento público en la cohorte INMA-Gipuzkoa. Gac Sanit. 2018;32(5):418–24.

62. Menéndez C, Dueñas J. Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. Ing Hidrául Amb. 2018;39(3):97–107.

63. Instituto Nacional de Salud. Informe técnico de vigilancia por laboratorio de Cryptosporidium spp. y Giardia spp. en aguas. 2019 [citado 2023 mar 31]. Disponible en: https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informacin%20de%20laboratorio/Informe-t%C3%A9cnico-de-vigilancia-por-laboratorio-de-Cryptosporidium-spp-y-Giardia-spp-en-aguas.pdf

64. López L, Sánchez M, Baena M, González M, Urhán J. Verificación del método para la detección y cuantificación de Clostridium perfringens en agua potable mediante filtración por membrana. Rev Politéc. 2016;12(23):83–9.

65. Ramírez L, Londoño A. Estado del arte de la Legionella pneumophila en aguas termales. Encuentro Int Educ Ing. 2020.

66. Avendaño A, Arguedas C. Microcistina en plantas de tratamiento de agua para consumo humano en un ambiente tropical: el Área Metropolitana de Costa Rica. Rev Biol Trop. 2006;54(3):711–6.

67. Jiménez L, Barquero M, Jiménez K, Álvarez CV, Alvarado DM, Lizano LR, Achí R. Relación entre la presencia de colifagos en agua para consumo humano, las lluvias y las diarreas agudas en Costa Rica. Rev Costarric Salud Pública. 2015;24(2):160–7.

68. Ministerio de Salud y Protección Social. Informe nacional de calidad del agua para consumo humano INCA 2022. 2022. Disponible en: https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/informe-nacional-de-calidad-del-agua-para-consumo-humano-colombia-2022.pdf

69. CymitQuímica. Números CAS. 2023. Disponible en: https://cymitquimica.com/es/cas/

70. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Registros nacionales de plaguicidas y reguladores fisiológicos. 2023. Disponible en: https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/agricultura-ecologica-1/documentos/publicacion-bd_rn-rf_-31-mar-2022-1.aspx

FUNDING

None.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.
Data curation: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.
Formal analysis: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.
Research: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.
Methodology: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.
Project management: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.
Resources: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.

Software: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.
Supervision: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.
Validation: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.
Visualization: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.
Writing – original draft: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.
Writing – review and editing: José Luis Guataquira Rincón, René Ricardo Cuéllar Rodríguez.