

RESEARCH ARTICLE

Evaluación de la Presencia de Bario en las Descargas de Aguas Residuales del Mercado Mayorista hacia el Estero El Macho, Machala.

Genesis Ruby Montaña Ríos ¹  Ronny Eduardo Elizalde Encalada ¹  Alex Rodrigo Flores Acosta ¹ ¹ Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Machala, 070205, Ecuador

✉ Correspondencia: gmontano2@utmachala.edu.ec ☎ + 593 99 396 4527

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj92341>

Resumen: El bario (Ba) es un metal traza potencialmente tóxico que puede afectar los ecosistemas acuáticos y la salud humana cuando se encuentra en concentraciones elevadas. En Machala, Ecuador, existe información limitada sobre su presencia en descargas de aguas residuales que ingresan al Estero El Macho. El objetivo de este estudio fue determinar la variación temporal de la concentración de bario en una descarga puntual de aguas residuales del Mercado Mayorista y evaluar el cumplimiento de la normativa ambiental ecuatoriana (TULSMA), que establece un límite máximo permisible de 2,0 mg/L. Se realizaron tres jornadas de muestreo en diciembre de 2025, enero de 2026 y marzo de 2026. Las muestras fueron analizadas mediante espectrofotometría UV-Visible. Además, se calcularon estadísticos descriptivos para determinar la concentración promedio y su variabilidad temporal. Las concentraciones de bario oscilaron entre 0,0196 y 0,0386 mg/L, con un promedio de $0,0309 \pm 0,0100$ mg/L, valores inferiores al 2 % del límite normativo. Aunque se evidenció una variabilidad temporal moderada, el bario no representó un contaminante prioritario en el punto evaluado. No obstante, se recomienda mantener un monitoreo periódico para detectar cambios futuros y fortalecer la gestión ambiental del estero.

Palabras claves: bario; calidad del agua; aguas residuales; espectrofotometría UV-Visible.

Assessment of Barium Concentrations in Wastewater Effluents from the Machala Wholesale Market Discharging into El Macho Estuary

Abstract: Barium (Ba) is a potentially toxic trace metal that can adversely affect aquatic ecosystems and human health when present at elevated concentrations. However, information on its occurrence in wastewater discharges flowing into El Macho Estuary, Machala (Ecuador), remains limited. This study aimed to determine the temporal variation of barium concentrations in a point-source discharge and evaluate compliance with the Ecuadorian environmental regulation (TULSMA), which establishes a maximum permissible limit of 2.0 mg/L. Monthly water samples were collected between December 2025 and March 2026 and analyzed using



Cita: Montaña Ríos, G. R., & Elizalde Encalada, Ronny Eduardo Flores Acosta, A. R. (2026). Evaluación de la Presencia de Bario en las Descargas de Aguas Residuales del Mercado Mayorista hacia el Estero El Macho, Machala. Green World Journal, 09(02), 341. <https://doi.org/10.53313/gwj92341>

Received: 05/Agosto/2026**Accepted:** 22/Agosto /2026**Published:** 31/Agosto/2026

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2026 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

UV-Visible spectrophotometry. Descriptive statistics were applied to determine the mean concentration and temporal variability. Barium concentrations ranged from 0.0196 to 0.0386 mg/L, with an average of 0.0309 ± 0.0100 mg/L, representing less than 2% of the regulatory limit in all sampling periods. Although moderate temporal variability was observed, barium was not identified as a priority contaminant at the evaluated site. Nevertheless, periodic monitoring is recommended to detect future changes and support effective environmental management of the estuary.

Keywords: barium; water quality; wastewater; UV-Visible spectrophotometry

1. Introducción

El agua es un recurso esencial para el funcionamiento de los ecosistemas y para el desarrollo de las actividades humanas. Su calidad determina la disponibilidad de hábitats adecuados, la estabilidad de los procesos biogeoquímicos y la seguridad sanitaria de las poblaciones expuestas [1]. Sin embargo, este recurso se encuentra cada vez más amenazado por descargas domésticas, industriales y comerciales. El agua de mala calidad es la causa principal de problemas de salud pública en países de bajos recursos [1]. En ecosistemas acuáticos, la presencia de contaminantes puede generar estrés fisiológico en la fauna, alterar procesos osmorregulatorios y afectar funciones metabólicas esenciales [2]. La contaminación por metales pesados está caracterizada por una alta toxicidad y persistencia, debido a la resistencia a la degradación [3]. La presencia de metales pesados en el agua puede deberse a factores naturales como meteorización, oxidación y procesos hidrológicos, sin embargo, también puede originarse por procesos antrópicos asociados al rápido crecimiento de la población y el desarrollo económico [4].

El Bario (Ba) está ubicado en el puesto 136 en la lista de la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, lo que indica un riesgo menor en comparación con otros contaminantes inorgánicos como el arsénico y el plomo, que se sitúan entre los primeros lugares por su alta toxicidad y frecuencia de exposición en sitios contaminados [5]. A pesar de esto, el Ba puede generar efectos adversos graves debido a los efectos de toxicidad aguda y crónica asociados a los iones Ba^{2+} y sus compuestos solubles en ecosistemas acuáticos. El bario interfiere con el metabolismo del calcio en peces y anfibios, lo que puede derivar en alteraciones neuromusculares y óseas, mientras que en humanos puede inducir hipertensión, arritmias cardíacas y daño renal por exposición prolongada a través del consumo de agua o alimentos contaminados [6]. En ambientes acuáticos, este elemento suele presentarse como sulfato o carbonato, pero su solubilidad aumenta con la presencia de efluentes urbanos e industriales, lo que favorece su movilidad [7]. Otro problema que puede surgir de la contaminación con Bario es la biomagnificación, la cual puede afectar diferentes especies en la cadena alimentaria y la diversidad de los entornos acuáticos. Actividades como el lavado con detergentes, la descarga de residuos comerciales, hospitalarios y la degradación de infraestructuras urbanas pueden contribuir al incremento de Ba^{2+} en las aguas superficiales [4].

El estero El Macho, ubicado en Machala, atraviesa zonas urbanas densamente pobladas y recibe descargas directas de aguas residuales sin tratamiento, lo que genera riesgos sanitarios para la población por contacto con aguas contaminadas [8]. Además, su contaminación afecta manglares y la pesca artesanal local, alterando servicios ecosistémicos clave en la zona costera. La bioacumulación de metales pesados puede afectar negativamente a los recursos marino-costeros al propagarse a lo largo de las redes tróficas del ecosistema de manglar. Esta biomagnificación facilita la acumulación de contaminantes en la flora y fauna, alcanzando el sustrato del manglar del cual dependen moluscos, crustáceos y otros organismos bentónicos. El estero recibe descargas provenientes del Mercado Mayorista (vía Limón), hospitales, talleres mecánicos, y domicilios, lo que representa un flujo constante de residuos líquidos, grasas, detergentes y otros compuestos que podrían contener trazas metálicas en diversas formas químicas, las cuales modifican su biodisponibilidad [9].

En Ecuador, la normativa ambiental vigente establece límites de 2.0 mg/L para la concentración de Ba en descargas a cuerpos de agua dulce [10]. Sin embargo, en Machala, los monitoreos sobre las aguas residuales que desembocan en el Estero El Macho son escasos y están principalmente enfocados en análisis microbiológicos y parámetros físicos, lo que dificulta evaluar el cumplimiento normativo y diseñar estrategias efectivas de recuperación ambiental. Estudios previos locales han documentado una contaminación crónica en este estero, concentraciones elevadas de coliformes fecales, nutrientes y metales como plomo y cadmio en sedimentos y agua, atribuibles a descargas no tratadas de origen urbano y comercial. Sin embargo, no existe información relevante sobre muestreos de bario. Por ello, el objetivo del presente estudio es determinar la concentración de bario en una descarga puntual del estero, contrastando los resultados con la normativa TULSMA, con el propósito de generar una base técnica que sustente futuras estrategias de control y mitigación ambiental.

2. Materiales y métodos

El presente estudio empleó un diseño cuantitativo experimental para evaluar concentraciones de bario mediante un muestreo puntual mensual (noviembre-enero), recolectando una muestra por mes directamente en la descarga, entre las 8:00 a 10:00 am en botellas HDPE de 1 L lavadas con ácido nítrico, conservadas a

$\leq 4^{\circ}\text{C}$, y transportadas rápidamente al laboratorio. Las muestras fueron analizadas por espectrometría UV-Vis, cuantificando el bario mediante los complejos coloreados medidos según la Ley de Beer-Lambert para cuantificar el metal en una alta sensibilidad y reproducibilidad. Los datos procesados incluyen la media aritmética y desviación estándar, visualizados en gráficos de líneas contra el límite TULSMA de 2.0 mg/L.

2.1 Área de estudio

El estudio se desarrollará en el estero El Macho, situado en la ciudad de Machala, provincia de El Oro. El punto de muestreo se encuentra frente al Mercado Mayorista (ubicado en la vía Limón), zona donde confluyen descargas de origen doméstico y comercial. El principal objetivo de este estero fue aprovechar las aguas del río Jubones para el beneficio de los agricultores. La industrialización en la década de los 50 favoreció la migración y posterior asentamiento de la población trabajadora, lo que generó una serie de problemas socioambientales [11]. Las actividades agrícolas que se desarrollan en su entorno, en particular las bananeras y empacadoras, han contribuido significativamente a la contaminación del agua y suelo de la zona.

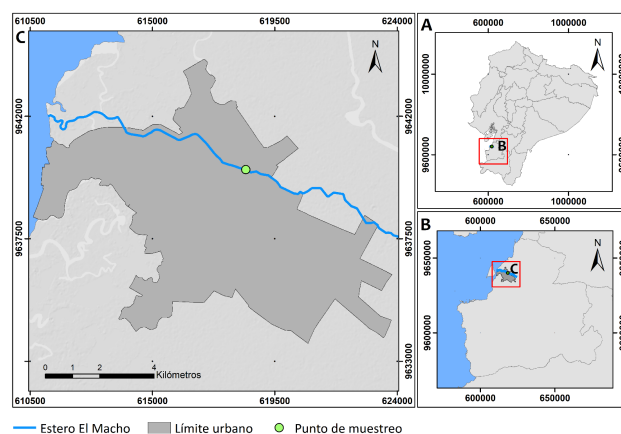


Figura 1. Área de estudio: (a) Ecuador; (b) El Oro; (c) Machala.

1.2 Recolección

Las muestras fueron recolectadas en botellas de polietileno de alta densidad (HDPE) de 1 litro, previamente lavadas con ácido nítrico diluido y enjuagadas con agua destilada, proporcionadas por el laboratorio de análisis. A continuación, las muestras fueron rotuladas incluyendo información como el punto de muestreo, la fecha y la hora de recolección, y fueron transportadas al laboratorio en el menor tiempo posible, de acuerdo con lineamientos internacionales para la preservación de muestras de agua [12].

1.3 Cuantificación del bario

La técnica seleccionada para cuantificar el Ba fue la espectrofotometría UV-Vis, una técnica analítica basada en la medición de la luz absorbida por un analito en solución cuando forma un complejo coloreado que absorbe radiación en la región ultravioleta o visible del espectro electromagnético. La cantidad de luz absorbida es proporcional a la cantidad del analito presente, lo que permite cuantificar con precisión la cantidad de iones en muestras acuosas [13]. La técnica se fundamenta en la Ley de Beer-Lambert [14], que establece que la absorbancia (A) es directamente proporcional a la concentración del analito (c) y al camino óptico de la luz (l), según la relación:

$$A = \epsilon cl$$

Donde A es la absorbancia, ϵ es el coeficiente de absorción molar en moles por centímetro, concentración molar en moles, y l distancia del camino óptico en centímetros.

1.2 Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron importados y procesados en R Studio, y posteriormente se calcularon estadísticos descriptivos, desviación estándar y coeficiente de variación para cuantificar la variabilidad temporal de Ba^{2+} en el mismo período y describir el alejamiento de cada valor mensual respecto del promedio.

2. Resultados

Las concentraciones de bario registradas en la descarga puntual evaluada fueron de 0,0346 mg/L en diciembre de 2025, 0,0196 mg/L en enero de 2026 y 0,0386 mg/L en marzo de 2026. En todos los casos, las concentraciones registradas representaron menos del 2 % del límite normativo, evidenciando que el cuerpo de agua no presentó excedencias asociadas a este metal durante el período evaluado.

La concentración promedio de bario fue de 0,0309 mg/L, con una desviación estándar de 0,0100 mg/L y un coeficiente de variación de 32,5 %, lo que indica una variabilidad temporal moderada entre los muestreos realizados. El valor mínimo se registró en enero de 2026 (0,0196 mg/L), mientras que la concentración máxima correspondió a marzo de 2026 (0,0386 mg/L).

El comportamiento temporal mostró una disminución de la concentración de bario entre diciembre de 2025 y enero de 2026, seguida de un incremento durante el último período de monitoreo. Los valores permanecieron considerablemente por debajo del límite establecido por la normativa ambiental vigente.

Los resultados sugieren que, durante el período de estudio, el bario no constituyó un contaminante de preocupación inmediata en el punto de muestreo ubicado frente al Mercado Mayorista de Machala. Sin embargo, las variaciones observadas entre meses evidencian la importancia de mantener programas de monitoreo continuo que permitan identificar posibles cambios asociados a actividades antrópicas o variaciones hidrológicas estacionales.

3. Discusión

Las concentraciones de bario (Ba) registradas en la descarga puntual hacia el Estero El Macho durante el período de monitoreo presentaron valores bajos en comparación con el límite máximo permisible establecido por la normativa ambiental ecuatoriana (TULSMA), fijado en 2,0 mg/L.

Los resultados indican que, durante el periodo evaluado, las concentraciones de bario en la descarga puntual fueron bajas respecto al límite normativo aplicable. Esta aparente estabilidad normativa no excluye la posibilidad de variaciones operativas o fisicoquímicas que podrían incrementar temporalmente la carga descargada. Esta interpretación debe realizarse con cautela, ya que una descarga constituye un punto de emisión puntual y dinámico, donde la composición química puede variar de acuerdo con el tipo de actividad generadora, la frecuencia de vertido, la mezcla con otras corrientes y las condiciones operativas del establecimiento [15–17].

A diferencia de las aportaciones domésticas, que tienden a ser relativamente constantes, las emisiones industriales presentan variaciones de intensidad que permiten distinguirlas mediante el análisis de series temporales de alta resolución [18][19]. De igual manera la variabilidad también se observa en escalas temporales extensas; cambios en la carga tecnogénica de una zona industrial a lo largo de una década pueden alterar radicalmente la composición química de los vertidos y su impacto en el ecosistema receptor [20].

A diferencia de un muestreo en el canal o cuerpo receptor, donde el contaminante ya ha sufrido procesos de dilución, adsorción y eventual precipitación, el análisis de una descarga permite aproximarse de manera más directa a la fuente. Por ello, la variabilidad observada en las concentraciones de bario puede reflejar mayores fluctuaciones en el origen mismo del efluente, que después de procesos de transporte o atenuación ambiental. El alto coeficiente de variación sugiere que la descarga no es completamente homogénea en el tiempo, lo cual puede asociarse a cambios en la actividad productiva, a descargas intermitentes o a la influencia de condiciones fisicoquímicas internas que modifican la solubilidad y movilidad del Ba [21].

Considerando el contexto ambiental de El Macho, los principales problemas se deben a las descargas domésticas y agrícolas, debido a que Machala no es una ciudad industrializada [11]. Recientemente, evaluaciones en el Estero El Macho han identificado alteraciones significativas en parámetros fisicoquímicos como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos disueltos totales, que, según análisis multivariados, explican el 99,9% de la variabilidad observada en la calidad del agua [15].

Zhinda-Almeida et al. [15] indican que los parámetros que no cumplen con criterios de calidad incluyen los coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, oxígeno disuelto, pero no existe bibliografía que indique problemas pasados de bario o metales pesados, evidenciando que la principal contaminación encontrada y los parámetros alterados se relacionan con materia orgánica no biodegradable.

La evaluación de la calidad del agua en sistemas urbanos requiere un enfoque integrado, debido a que la contaminación suele responder a la interacción de múltiples variables fisicoquímicas y a la influencia simultánea de diversas fuentes antrópicas [22]. En el caso del Estero El Macho, la predominancia de indicadores asociados con carga orgánica y la alta capacidad explicativa de variables como DBO, DQO y sólidos disueltos totales sugieren que la degradación de la calidad del agua estaría relacionada principalmente con descargas domésticas, comerciales y agrícolas, más que con aportes industriales complejos. Este comportamiento es consistente con estudios que muestran que los análisis multivariados permiten discriminar las variables más relevantes en la caracterización de la contaminación hídrica y en la identificación de sus posibles fuentes [23–25].

4. Conclusión

Los resultados obtenidos fueron de 0,0346 mg/L en diciembre de 2025, 0,0196 mg/L en enero de 2026 y 0,0386 mg/L en marzo de 2026. Estos demuestran cumplimiento normativo, pero se presenta una gran variabilidad que justifica mantener un seguimiento periódico.

Las descargas son sistemas dinámicos que pueden modificarse con el tiempo, por lo que la principal implicación de estos hallazgos no radica solamente en el cumplimiento de la normativa ambiental. Un monitoreo más frecuente y contextualizado permitiría detectar oportunamente cambios en la carga de bario y prevenir posibles impactos sobre el cuerpo receptor.

Contribución de autores: Conceptualización, G.M. y R.E.; metodología, A.F.; software, G.M.; validación, A.F.; análisis formal, R.E.; investigación, G.M.; recursos, A.F.; curaduría de datos, R.E.; redacción-revisión y edición, G.M.; visualización, R.E.; supervisión, R.E.; administración de proyectos, R.E.; adquisición de fondos, G.M. y R.E.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Bashir, S.; Aslam, Z.; Niazi, N.K.; Khan, M.I.; Chen, Z. Impacts of Water Quality on Human Health in Pakistan. In; 2021; pp. 225–247.
2. Zhang, K.; Ye, Z.; Qi, M.; Cai, W.; Saraiva, J.L.; Wen, Y.; Liu, G.; Zhu, Z.; Zhu, S.; Zhao, J. Water Quality Impact on Fish Behavior: A Review From an Aquaculture Perspective. *Rev. Aquac.* 2025, 17.
3. Long, X.; Liu, F.; Zhou, X.; Pi, J.; Yin, W.; Li, F.; Huang, S.; Ma, F. Estimation of Spatial Distribution and Health Risk by Arsenic and Heavy Metals in Shallow Groundwater around Dongting Lake Plain Using GIS Mapping. *Chemosphere* **2021**, 269, doi:10.1016/j.chemosphere.2020.128698.
4. Adeyemi, A.A.; Ojekunle, Z.O. Concentrations and Health Risk Assessment of Industrial Heavy Metals Pollution in Groundwater in Ogun State, Nigeria. *Sci. Afr.* **2021**, 11, doi:10.1016/j.sciaf.2020.e00666.
5. Naz, S.; Mansouri, B.; Chatha, A.M.M.; Ullah, Q.; Abadeen, Z.U.; Khan, M.Z.; Khan, A.; Saeed, S.; Bhat, R.A. Water Quality and Health Risk Assessment of Trace Elements in Surface Water at Punjnad Headworks, Punjab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research* **2022**, 29, 61457–61469, doi:10.1007/s11356-022-20210-4.
6. Kravchenko, J.; Darrah, T.H.; Miller, R.K.; Lysterly, H.K.; Vengosh, A. A Review of the Health Impacts of Barium from Natural and Anthropogenic Exposure. *Environ. Geochem. Health* **2014**, 36, 797–814, doi:10.1007/s10653-014-9622-7.
7. Shaik, F.; Al Siyabi, S.S.R.; Mohammed, N.; Eltayeb, M. Assessment of Ground and Surface Water Quality and Its Contamination. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* **2023**, 103, 1449–1467, doi:10.1080/03067319.2021.1873975.
8. Cantuña, A. Evaluación de La Rizofiltración Del Agua Residual Del Canal El Macho, 2019.
9. Golding, L.A.; McKnight, K.; Binet, M.; Adams, M.; Apte, S.C. Toxicity of Dissolved and Precipitated Forms of Barium to a Freshwater Alga (*Chlorella* Sp. 12) and Water Flea (*Ceriodaphnia Dubia*). *Environ. Toxicol. Chem.* **2018**, 37, 1632–1642, doi:10.1002/etc.4107.
10. Poma, K. Proyecto de Análisis Situacional y Sus Consecuencias Socio Ambientales Respecto al Estero “El Macho,” 2023.

11. Haas, J.; Retter, A.; Kornfeind, L.; Wagner, C.; Griebler, C.; Birk, S. High-Resolution Monitoring of Groundwater Quality in Unconsolidated Aquifers Using UV-Vis Spectrometry. *Grundwasser* **2023**, *28*, 53–66, doi:10.1007/s00767-022-00540-3.
12. Kiteto, M.K.; Mecha, C.A. Insight into the Bouguer-Beer-Lambert Law: A Review. **2024**, doi:10.37256/fce.5220245325.
13. Keane, C.; Li, J.; Tschärke, B.; O'Brien, J.; Mueller, J.F. A Systematic Approach to Characterising Industry Chemical Profiles in Trade Waste Effluent: Pilot Study 2023.
14. Sharma, S.; Bolan, S.; Mukherjee, S.; Guimarães Guilherme, L.R.; Gomes Viana, D.; Duim Ferreira, A.; Bakke Myrvang, M.; Almås, Å.R.; Folven Gjengedal, E.L.; Cappuyns, V.; et al. Barium Distribution, Dynamics and Fate in Terrestrial and Aquatic Environments. *Environ. Res.* **2025**, *287*, 123059, doi:10.1016/j.envres.2025.123059.
15. Zhindon-Almeida, R.G.; Castañeda-Guzmán, W.; Sánchez-Ancajima, R. Análisis Estadístico de Parámetros de Calidad Del Agua Del Estero El Macho En La Ciudad de Machala-Ecuador. *Rev. Cienc. Soc.* **2024**, doi:10.31876/rcs.v30i.42329.
16. Yacovitch, T.I.; Lerner, B.M.; Canagaratna, M.R.; Daube, C.; Healy, R.M.; Wang, J.M.; Fortner, E.C.; Majluf, F.; Claflin, M.S.; Roscioli, J.R.; et al. Mobile Laboratory Investigations of Industrial Point Source Emissions during the MOOSE Field Campaign. *Atmosphere (Basel)*. **2023**, *14*, 1632, doi:10.3390/atmos14111632.
17. Kizgin, A.; Salvisberg, M.; Singer, H.; Santiago, S.; Hollender, J.; Morgenroth, E.; Kienle, C.; Langer, M. Advanced On-Site Monitoring of Industrial Wastewater: Integration of Online Biological and Chemical Tools to Identify Toxic Compounds. *Water Res.* **2025**, *286*, 124280, doi:10.1016/j.watres.2025.124280.
18. Tsvetkova, E.A.; Poletaeva, V.I.; Pastukhov, M. V. Characteristics of Wastewater from the Industrial Zone of Usolye-Sibirskoe and Its Impact on Hydrochemical Composition of the Angara River during Periods with Different Technogenic Load. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University Geo Assets Engineering* **2024**, *335*, 39–58, doi:10.18799/24131830/2024/5/4314.
19. Nallakaruppan, M.K.; Gangadevi, E.; Shri, M.L.; Balusamy, B.; Bhattacharya, S.; Selvarajan, S. Reliable Water Quality Prediction and Parametric Analysis Using Explainable AI Models. *Sci. Rep.* **2024**, *14*, doi:10.1038/s41598-024-56775-y.
20. Fan, S.; Liu, G.; Tu, Y.; Zhu, J.; Zhang, P.; Tian, Z. Improved Multi-Criteria Decision Making Method Integrating Machine Learning for Patent Competitive Potential Evaluation : A Case Study in Water Pollution Abatement Technology. *J. Clean. Prod.* **2023**, *403*, 136896, doi:10.1016/j.jclepro.2023.136896.
21. Balaram, V.; Copia, L.; Kumar, U.S.; Miller, J.; Chidambaram, S. Pollution of Water Resources and Application of ICP-MS Techniques for Monitoring and Management—A Comprehensive Review. *Geosystems and Geoenvironment* **2023**, *2*, 100210, doi:10.1016/j.geogeo.2023.100210.
22. Wang, Z.; Wang, C.; Liu, Y. Evaluation for the Nexus of Industrial Water-Energy-Pollution: Performance Indexes, Scale Effect, and Policy Implications. *Environ. Sci. Policy* **2023**, *144*, 88–98, doi:10.1016/j.envsci.2023.03.007.



© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>