



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v10i4.4088>

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

*Caracterización de la concentración de metales pesados en el agua del río Jama-Ecuador*

*Characterization of the concentration of heavy metals in the water of the Jama-Ecuador River*

*Caracterização da concentração de metais pesados nas águas do rio Jama-Ecuador*

Juan José Vázquez-Guillén <sup>I</sup>  
[juanjosvazquezg@gmail.com](mailto:juanjosvazquezg@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-7654-8863>

Luis Ángel Salina-Orrego <sup>II</sup>  
[luis.salinasorrego@gmail.com](mailto:luis.salinasorrego@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0003-0004-2542>

Luis Santiago Macías-Mendoza <sup>III</sup>  
[luis.maciasme@ug.edu.ec](mailto:luis.maciasme@ug.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-0107-8286>

Cecilia Elizabeth Rodríguez-Haro <sup>IV</sup>  
[rodriguezharoce@gmail.com](mailto:rodriguezharoce@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-8598-7702>

Adriana Lisseth Gracia-Chica <sup>V</sup>  
[adriagracia\\_1995@hotmail.com](mailto:adriagracia_1995@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0002-0634-7024>

**Correspondencia:** [luis.maciasme@ug.edu.ec](mailto:luis.maciasme@ug.edu.ec)

\***Recibido:** 22 de septiembre de 2024 \***Aceptado:** 18 de octubre de 2024 \* **Publicado:** 06 de noviembre de 2024

- I. Investigador Independiente, Ecuador.
- II. Investigador Independiente, Ecuador.
- III. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- IV. Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Biología, Pastaza, Ecuador, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Posgrado, Los Ríos, Ecuador.
- V. Investigadora Independiente, Ecuador.

## Resumen

El objetivo de la investigación fue caracterizar la concentración de metales pesados del agua del río Jama-Ecuador. Se efectuó un monitoreo, tomando muestras en distintas zonas del cauce del río: Primera zona) Aguas arriba del Cantón, Segunda zona) Lugar de la planta de potabilizadora, y Tercera zona) Centro urbano del Cantón; para su posterior análisis en laboratorio. Las variables evaluadas fueron el contenido de arsénico (mg/L), bario (mg/L), cadmio (mg/L), cloruros (mg/L) y fósforo total (mg/L); contrastando los resultados con los parámetros de calidad de agua del TULSMA para consumo humano. Se utilizó un diseño de análisis de varianza (ANOVA) y se aplicó la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparar las medias, los datos fueron procesados en el software estadístico SPSS versión 27. Fue concluyente que los parámetros de arsénico, cloruros y fósforo cumplen con la normativa TULSMA, contrariamente el contenido de bario y cadmio superan los límites en la norma; captar el agua del río Jama para consumo humano y doméstico es factible, siempre que se efectuó un tratamiento potabilizador correcto.

**Palabras clave:** río; afluyente; metales pesados; calidad de agua.

## Abstract

The objective of the research was to characterize the concentration of heavy metals in the water of the Jama-Ecuador River. Monitoring was carried out, taking samples in different areas of the river bed: First zone) Upstream of the Canton, Second zone) Site of the water treatment plant, and Third zone) Urban center of the Canton; for subsequent laboratory analysis. The variables evaluated were the content of arsenic (mg/L), barium (mg/L), cadmium (mg/L), chlorides (mg/L) and total phosphorus (mg/L); contrasting the results with the TULSMA water quality parameters for human consumption. An analysis of variance (ANOVA) design was used and the Tukey test ( $p < 0.05$ ) was applied to compare the means. The data were processed in the statistical software SPSS version 27. It was conclusive that the parameters of arsenic, Chlorides and phosphorus comply with the TULSMA regulations, on the contrary, the content of barium and cadmium exceeds the limits in the standard; Capturing water from the Jama River for human and domestic consumption is feasible, as long as a correct purification treatment is carried out.

**Keywords:** river; tributary; heavy metals; water quality.

## Resumo

O objetivo da pesquisa foi caracterizar a concentração de metais pesados nas águas do rio Jama-Ecuador. O monitoramento foi realizado coletando amostras em diferentes áreas do leito do rio: Primeira zona) A montante do Cantão, Segunda zona) Local da estação de tratamento de água e Terceira zona) Centro urbano do Cantão; para posterior análise laboratorial. As variáveis avaliadas foram o teor de arsênio (mg/L), bário (mg/L), cádmio (mg/L), cloretos (mg/L) e fósforo total (mg/L); contrastando os resultados com os parâmetros de qualidade da água TULSMA para consumo humano. Foi utilizado delineamento de análise de variância (ANOVA) e aplicado o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparação das médias. Os dados foram processados no software estatístico SPSS versão 27. Foi conclusivo que os parâmetros arsênio, cloretos e fósforo, cumprir a regulamentação TULSMA, caso contrário, o teor de bário e cádmio ultrapassa os limites da norma; A captação de água do rio Jama para consumo humano e doméstico é viável, desde que seja realizado um correto tratamento de purificação.

**Palavras-chave:** rio; afluente; metais pesados; qualidade da água.

## Introducción

El agua es el recurso más importante para la vida en el planeta y la República del Ecuador es reconocida como un país beneficiado en cuanto a recursos hídricos a nivel global con una baja carencia de este líquido vital (Figuerola et al., 2024). No obstante, esta abundancia de recursos está en riesgo debido a diversas actividades humanas intensivas, mencionando como principal foco de contaminación a los vertidos de aguas residuales, tanto industriales como domésticas, así como del sector hidrocarburífero y agrícola, en el cual utilizan prácticas dañinas, como el manejo de pesticidas y otros químicos concentrados. Como dijo el biólogo marino Jacques Cousteau: “El agua y el aire, los dos fluidos esenciales de los que depende toda la vida, se han convertido en botes de basura globales” (Obregón et al., 2024).

La evaluación de la calidad del agua requiere el análisis de varios parámetros físicos, químicos y biológicos que deben cumplir ciertos criterios, y estos parámetros pueden variar según la aplicación específica y la operación relevante (Pérez et al., 2021). Los parámetros medibles para determinar la contaminación de las aguas superficiales, como la concentración de metales pesados, el pH, la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la presencia de sustancias tóxicas, son cruciales para evaluar

## Caracterización de la concentración de metales pesados en el agua del río Jama-Ecuador

---

la calidad del agua y sus impactos en la salud humana y ambiental. Un control adecuado permite identificar fuentes de contaminación y tomar medidas correctivas para garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos, siendo esencial para prevenir enfermedades y preservar la biodiversidad acuática (Álvarez et al., 2022).

Las propiedades químicas del agua de ríos, como la alcalinidad, la concentración de oxígeno disuelto y la presencia de iones como nitratos, fosfatos y metales pesados, son indicadores clave de la salud de los ecosistemas acuáticos. Evaluarlas es fundamental para detectar cambios que pueden ser causados por factores terrestres y actividades acuáticas, ya sean naturales o artificiales, que tienden a afectar la biodiversidad y la disponibilidad de agua potable (Lupi et al., 2020).

Los metales pesados en el agua de ríos, como mercurio, plomo, cadmio y arsénico, representan un riesgo significativo para la salud humana y los ecosistemas, ya que pueden acumularse en los organismos acuáticos y, a través de la cadena alimentaria, llegar a las personas. La exposición prolongada a estos metales puede causar daños neurológicos, renales y cáncer, al evaluar su presencia en los cuerpos de agua es esencial para implementar estrategias de mitigación y garantizar la seguridad del agua para el consumo y los ecosistemas (Venkateswarlu & Venkatrayulu, 2020).

Estos metales pesados no son fácilmente degradables en la naturaleza y se acumulan en el cuerpo humano y animal en cantidades tóxicas muy elevadas que provocan efectos indeseables más allá de cierto límite (Pandey & Madhuri, 2014). Se han descrito enfermedades mortales como edema de párpados, nefritis, tumores renales, lesiones extensas en los riñones, anuria, congestión de las mucosas nasal y faríngea, aumento de la tensión arterial y enfermedades cardiovasculares, osteoporosis, cáncer, cefalea y disfunciones de diferentes sistemas del organismo causadas por los metales pesados (Vaishaly et al., 2015).

Por lo expuesto con antelación, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la concentración de metales pesados del agua del río Jama-Ecuador. Monitoreando diversos puntos a lo largo de la cuenca hidrográfica del río, donde se evaluaron el contenido de metales pesados y se contrastaron con los límites máximos de calidad de agua del TULSMA.

## Metodología

Para establecer las tres zonas de muestreo, se tomaron en cuenta los intereses del Cantón Jama, dado que el agua bruta que emplea la planta de abastecimiento de agua de esta comunidad se deriva de este río. Estos puntos se establecieron de la forma siguiente:

Primera zona, se ubica a 7 km del lugar de captación de agua de la planta potabilizadora, en zonas montañosas de Jama.

Segunda zona, es el sitio preciso de la planta de abastecimiento de agua, situado a 5 km del núcleo urbano del Cantón.

Tercera zona, ubicado en el núcleo urbano de Jama, próximo al puente del mismo Cantón.

El análisis de metales pesados tuvo lugar en el laboratorio de la Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Jama, situada en la localidad de Jama, en la provincia de Manabí, Ecuador.

Las siguientes son las variables dependientes a identificar:

Contenido de arsénico: De acuerdo con el método cuantitativo modificado de Guber et al. (2009), el As genera hidruro de arsénico que interactúa con el dietilditiocarbamato de plata para producir un compuesto rojizo de alta intensidad cromática, cuantificado fotométricamente mediante el espectrofotómetro HACH (Modelo DR3900).

Contenido de bario: Para lograrlo, se extrajo una alícuota de la muestra y se le incorporó un sobre de reactivo BariVer 4, con un tiempo de reacción de 5 minutos; posteriormente, se extrajo una muestra reducida para el blanco y finalmente, en el espectrofotómetro se determinó la curva de calibración (Apha & Wef, 1992).

Contenido de cadmio: Se llevó a cabo mediante espectrofotómetro HACH (Modelo DR3900) utilizando reactivos específicos (García et al., 1998).

Cloruros: Se llevó a cabo la determinación de los Cloruros a través de la titulación con Nitrato de Plata y Cromato de Potasio como indicador (Valles et al., 2017).

Fósforo total: Evaluado mediante la digestión de ácido persulfato para aguas superficiales y aguas residuales mediante el método de molybdovanadato. Para llevar a cabo este estudio, se emplearon viales de prueba para el Fosforo total. A uno se le añadieron 5 ml de la muestra y al otro 5 ml de agua desionizada para el blanco. A cada vial se le incorporó un sobre de persulfato de potasio y se los puso en el Termo Reactor COD LTG082.53.40001, durante 30 minutos a 150 °C, para permitir la digestión ácida. Tras la digestión, los viales fueron refrigerados a temperatura ambiente para añadir 2 ml de

## Caracterización de la concentración de metales pesados en el agua del río Jama-Ecuador

solución de hidróxido de sodio al 1,54 N para la muestra y el blanco. Luego, se añadieron 0,5 ml de Molybdovanadate para cada vial, teniendo en cuenta un tiempo de reacción de 7 minutos. Luego, en el espectrofotómetro HACH DR 3900 se determinó la curva de calibración (Quispe et al., 2019).

### Resultados

Una vez efectuada la prueba de significancia en el ANOVA, es demostrable que el arsénico y el cadmio muestran significancia ( $p < 0,05$ ) y por lo tanto variación a lo largo de las zonas de muestreo. En los parámetros de bario, cloruros y fósforos no se observaron cambios significativos ( $p > 0,05$ ), por lo que estos metales no varían a lo largo de la ribera del río (Tabla 1).

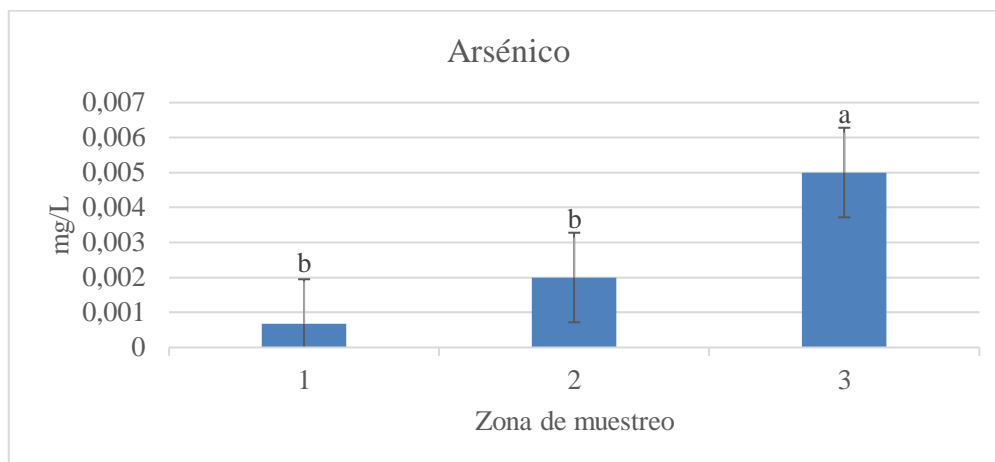
*Tabla 1. Resumen resultados ANOVA*

Parámetro	F	Significancia
Arsénico	8,313	0,019*
Bario	2,867	0,134 <sup>NS</sup>
Cadmio	5,207	0,049 *
Cloruros	3,497	0,098 <sup>NS</sup>
Fósforo	5,014	0,052 <sup>NS</sup>
* = Significativo    NS = No significativo		

Como se observa en la Figura 1, se detallan los valores en los tres puntos de muestreo propuestos; en la primera zona se presentó valores promedios de arsénico con 0,00067 mg/L, 0,002 mg/L en la segunda zona y 0,005 mg/L en la tercera.

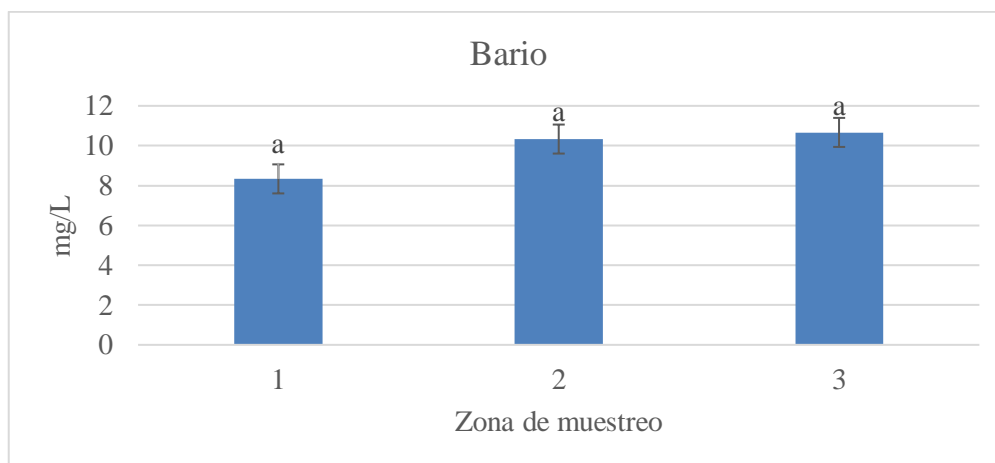
Caracterización de la concentración de metales pesados en el agua del río Jama-Ecuador

**Figura 1.** Tukey para concentración de arsénico



Para la variable de bario, en la primera zona de muestreo se presentaron valores promedios de 8,333 mg/L, en la segunda 10,333 mg/L y en la tercera 10,667 mg/L (Figura 2).

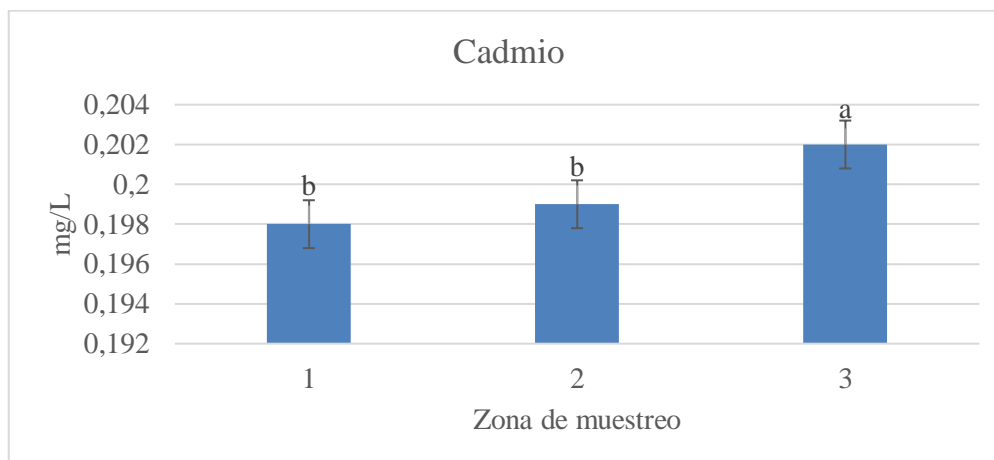
**Figura 2.** Tukey para concentración de bario



Según Tukey para la concentración de cadmio, en la primera zona de monitoreo se detallan valores medios de 0,198 mg/L, 0,199 mg/L en la segunda y 0,202 mg/L en la tercera (Figura 3).

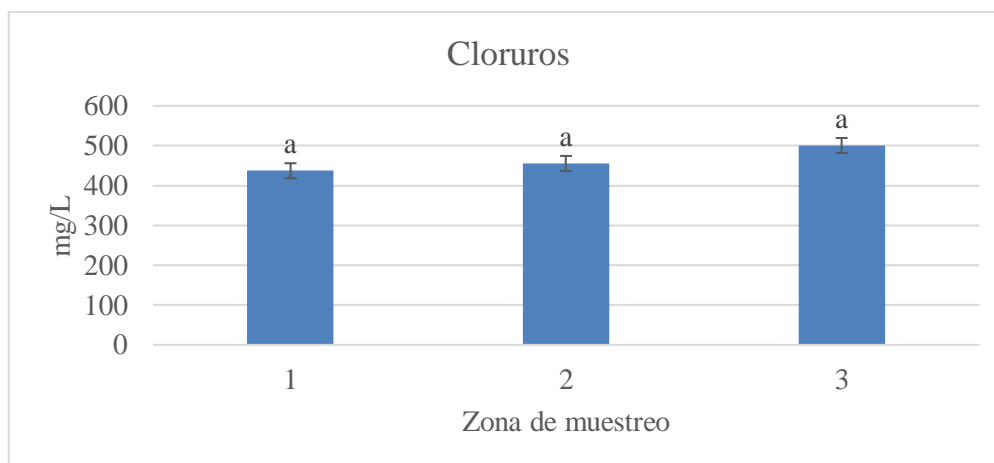
Caracterización de la concentración de metales pesados en el agua del río Jama-Ecuador

*Figura 3. Tukey para concentración de cadmio*



En la figura 4 es apreciable que las concentraciones de cloruros fueron 437,147 mg/L, 455,500 mg/L y 500,550 mg/L, para la primer, segunda y tercera zona respectivamente.

*Figura 4. Tukey para concentración de cloruros*

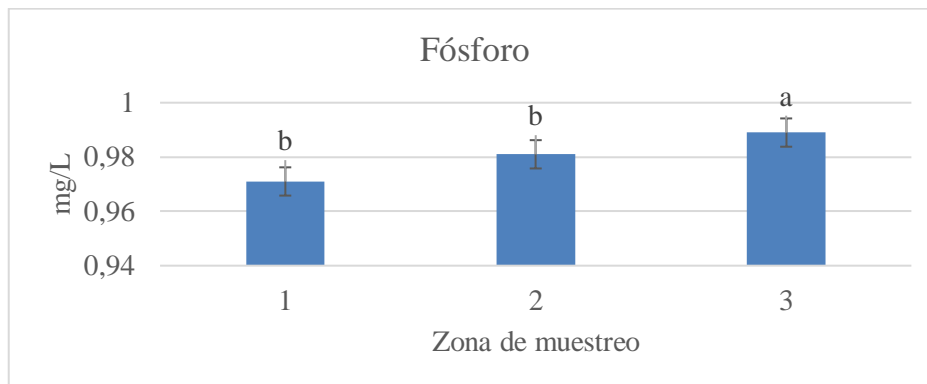


La figura 5 muestra que, en los subconjuntos de Tukey, la concentración de fósforo fue incrementando a medida que avanzaba el trazado del río, eso lo demuestra los valores de 0,971 mg/L en la zona uno, 0,981 mg/L en la zona dos y 0,989 mg/L para la zona tres.



Caracterización de la concentración de metales pesados en el agua del río Jama-Ecuador

**Figura 5.** Tukey para concentración de fósforo



Al comparar los resultados de los parámetros de metales pesados en la Tabla 2 con los criterios de calidad del agua establecidos por el TULSMA, se concluyó que las aguas del río Jama cumplen de manera parcial con las regulaciones. Los niveles de arsénico, cloruros y fósforo se encuentran dentro de los estándares de calidad para el consumo humano y doméstico, pero los niveles de bario y cadmio exceden los límites máximos permitidos por la normativa.

**Tabla 2.** Tukey de parámetros metales pesados con criterios de calidad de agua (TULSMA)

Parámetro	Unidad	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Límite de cumplimiento para consumo	Nivel de cumplimiento
Arsénico	mg/L	0,00067	0,002	0,005	0,1	Cumple
Bario	mg/L	8,333	10,333	10,667	1,0	No cumple
Cadmio	mg/L	0,198	0,199	0,202	0,02	No cumple
Cloruros	mg/L	437,147	455,500	500,550	No especifica	Cumple
Fósforo	mg/L	0,971	0,981	0,989	No especifica	Cumple

## Discusión

La mayoría de los metales pesados entran en el río a partir de diferentes fuentes, que pueden por erosión y meteorización o antropogénicas; debido la intensa actividad humana, las fuentes naturales de metales pesados procedentes de la meteorización de las rocas en el medio ambiente suelen ser poco significativos (Sheykhi & Moore, 2016). La presencia de metales pesados en los sedimentos se debe a la precipitación de sus carbonatos, hidróxidos y sulfuros, que se depositan y forman parte de

---

Caracterización de la concentración de metales pesados en el agua del río Jama-Ecuador

---

los sedimentos, y las fuentes antropogénicas más importantes de metales pesados son diversas industrias y las aguas residuales domésticas (Capangpangan et al., 2016).

La práctica de verter residuos de industrias y aguas residuales domésticas sin tratar en el ecosistema acuático es continua, lo que provoca el aumento de la concentración de metales pesados en el agua de los ríos; las industrias a las que se atribuyen los metales pesados en el agua de los ríos son, en general, las industrias metalúrgicas, las pinturas, los pigmentos, los barnices, el papel, las curtidurías, las destilerías, los textiles, el caucho, las centrales térmicas, las acerías y las industrias mineras, así como el uso no sistemático de pesticidas y fertilizantes que contienen metales pesados en los campos agrícolas, teniendo un efecto acumulativo a bajo nivel en el agua potable y las aguas subterráneas (Paul, 2017).

Las actividades extractivas mineras metálicas representan un importante origen de desechos metálicos que pueden provocar un desequilibrio de minerales en fuentes de agua (Gaete et al., 2007). Luque & Rodríguez (2022) argumentan que la minería no metálica, aunque es menos dañina para el medio ambiente puede incrementar algunos metales en las aguas superficiales cercanas a su extracción como el arsénico, bario, cromo, plomo y cadmio; una muestra de esto es una mina de materiales para la construcción que se halla desierta en las aguas superiores del río Jama.

Otra importante fuente de metales pesados en los ríos es la intensa actividad agrícola en la provincia, en la que se emplean agroquímicos para fomentar el crecimiento vegetal, estos agroquímicos contienen metales que son arrastrados hacia el río debido a la escorrentía provocada por la erosión del agua (Villarreal et al., 2018). Ochoa et al. (2020) corroboraron que los suelos agrícolas ecuatorianos presentan concentraciones considerables de Cadmio por uso de agroquímicos que son transportados hasta los ríos, este puede ser el caso del río Jama que se asienta en una zona altamente agrícola y ganadera.

Las concentraciones de arsénico en el presente trabajo son bajas, aunque países como Vietnam, India y Taiwán experimentaron elevados valores (2000 µg/L) por consecuencia de desechos de insecticidas, fungicidas, industria textil y del papel. En el caso del fósforo que se mantuvo en límites aceptables, Ferat et al. (2020) expusieron que los cuerpos de agua pueden tener incrementos de este metal por actividades ganaderas. Los cloruros fueron aceptables, lo que permite al agua ser apta para usos como consumo humano o riego agrícola, al no producir clorosis que afecta la fotosíntesis de las plantas por elevado nivel de Cl<sup>-</sup> (Pérez et al., 2019).

## Conclusiones

Las variables de metales pesados presentaron condiciones de incumplimiento ante la presencia considerable de bario y cadmio. Por lo que la planta de potabilización del Cantón debe tener los procesos necesarios para garantizar la calidad para el consumo humano del agua del Río Jama.

La recopilación en la data de las variables metales pesados en las diversas zonas de elegidas para el muestreo, indica que la calidad del agua del río Jama merma con la cercanía a la población urbana. Por ello, se recomienda a los lugareños y a quienes viven en las riberas de los ríos que no utilicen agua para consumo ni para cocinar sin tratamiento previo.

## Referencias

1. Álvarez, M. V., Marín-Muñiz, J. L., & Hernández, D. (2022). Indicador de la calidad del agua, caso de estudio: Laguna Olmeca, Veracruz, México. *Journal of Basic Sciences*, 8(23), 122-132. <https://doi.org/10.19136/jobs.a8n23.5351>
2. Apha, Awwa y Wef., 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 18th Edition. APHA.
3. Capangpangan, R. Y., Pagapong, N. K., Pineda, C. P., & Sanchez, P. B. (2016). Evaluation of potential ecological risk and contamination assessment of heavy metals in sediment samples using different environmental quality indices—a case study in Agusan River, Caraga Philippines. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 8(1), 1-16.
4. Ferat, M. A., Villa, I. G., & Sedas, S. P. (2020). Evaluación de nitrógeno y fósforo total en escorrentías agropecuarias en la cuenca baja del río Usumacinta (Tabasco, México). *Ecosistemas*, 29(1), 1879-1879. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1879>
5. Figueroa, J. M. B., Santos, L. G. S., Cusme, N. E. L., Becerra, N. M. Q., Mendoza, V. Y. P., & Obregón, L. W. M. (2024). Caracterización física del agua del río Jama, Manabí, Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 10(2), 74-85. <https://doi.org/10.23857/dc.v10i2.3792>
6. Gaete, H., Aránguiz, F., Cienfuegos, G., & Tejos, M. (2007). Metales pesados y toxicidad de aguas del río Aconcagua en Chile. *Química Nova*, 30, 885-891. <https://www.scielo.br/j/qn/a/kBN6rFVjqp4TTdN33CmPcgH/>

Caracterización de la concentración de metales pesados en el agua del río Jama-Ecuador

---

7. García Díaz, T., Macías Sobrino, R., & Taborda Martínez, M. E. (1998). Determinación de los niveles de metales pesados manganeso, plomo, cobre, hierro, zinc, cadmio y mercurio en aguas y sedimentos en el sector " el boquero" de la bahía de Santa Marta [Tesis de pregrado, Universidad de Magdalena]. <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/5343>
8. Guber, R. S., Tefaha, L., Arias, N., Sandoval, N., Toledo, R., Fernández, M., ... & Soria de González, A. (2009). Contenido de arsénico en el agua de consumo en Leales y Graneros (Provincia de Tucumán-Argentina). *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 43(2), 201-207.
9. Lupi, O., Zaradnik, I. y Canziani, M. (2020). Estado de arte de los sistemas de monitoreo de calidad de agua. *ReDDi: Revista digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza*, 5(2), 1-8. <http://repositoriocyt.unlam.edu.ar/handle/123456789/1221>
10. Luque-Quino, E., & Rodríguez-Achata, L. (2022). Evaluación ambiental de la calidad del agua en pozas formadas por trabajos de extracción de minería no metálica, Madre de Dios. *Revista Biodiversidad Amazónica*, 1(1), e170-e170. <https://doi.org/10.55873/rba.v1i1.170>
11. Obregón, L. W. M., Chuquitarco, C. P. T., Lara, V. E. G., & Loor, R. A. M. (2024). Evaluación de metales pesados del agua del río Jama, Manabí, Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 9(7), 187-197. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i7.7496>
12. Ochoa, M., Tierra, W., Tupuna-Yerovi, D. S., Guanoluisa, D., Otero, X. L., & Ruales, J. (2020). Assessment of cadmium and lead contamination in rice farming soils and rice (*Oryza sativa* L.) from Guayas province in Ecuador. *Environmental Pollution*, 260, 114050. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114050>
13. Pandey, G., & Madhuri, S. (2014). Heavy metals causing toxicity in animals and fishes. *Research Journal of Animal, Veterinary and Fishery Sciences*, 2(2), 17-23.
14. Paul, D. (2017). Research on heavy metal pollution of river Ganga: A review. *Annals of Agrarian Science*, 15(2), 278-286. <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.04.001>
15. Pérez-Díaz, J. P., Ortega-Escobar, H. M., Ramírez-Ayala, C., Flores-Magdaleno, H., Sánchez-Bernal, E. I., Can-Chulim, Á., & Mancilla-Villa, O. R. (2019). Concentración de nitrato, fosfato, boro y cloruro en el agua del río Lerma. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(16), 175-182. <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1829>

16. Pérez-Gómez, G., Alvarado-García, V., Rodríguez-Rodríguez, J. A., Herrera, F., & Sánchez-Gutiérrez, R. (2021). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Grande de Tárcoles, Costa Rica: un enfoque ecológico. *Cuadernos de Investigación UNED*, 13(1). <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v13i1.3148>
17. Quispe, G. B., Coila, J. C., Ramos, E. H., Olarte, D. A. C., & Betancur, H. N. C. (2019). Determinación del contenido de Fósforo y Arsénico, y de otros metales contaminantes de las aguas superficiales del Río Coata, afluente del lago Titicaca, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 36(5), 223-228. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.5.4>
18. Sheykhi, V., & Moore, F. (2016). Environmental risk assessment of heavy metals pollution in aquatic ecosystem—A case study: Sediment of Kor River, Iran. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(4), 899-910. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1118677>
19. Vaishaly, A. G., Mathew, B. B., & Krishnamurthy, N. B. (2015). Health effects caused by metal contaminated ground water. *Int J Adv Sci Res*, 1(2), 60-64. <http://dx.doi.org/10.7439/ijasr>
20. Valles-Aragón, M. C., Ojeda-Barrios, D. L., Guerrero-Prieto, V. M., Prieto-Amparan, J. A., & Sánchez-Chávez, E. (2017). Calidad del agua para riego en una zona nogalera del Estado de Chihuahua. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(1), 85-97. <https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.01.08>
21. Venkateswarlu, V., & Venkatrayulu, C. (2020). Bioaccumulation of heavy metals in edible marine fish from coastal areas of Nellore, Andhra Pradesh, India. *GSC biological and pharmaceutical sciences*, 10(1), 018-024. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2020.10.1.0244>
22. Villarreal-Núñez, J. E., Santo-Pineda, A., Villalaz-Pérez, J. A., Ballesteros, N., & Ramos-Zachrisson, I. A. (2018). Metales pesados en suelos y sedimentos en la cuenca del río La Villa-Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (29), 41-64. <http://revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/152>