

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,
Volumen 9, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

NIVELES DE CADMIO Y PLOMO EN UN EMBALSE SITUADO EN LA REGIÓN NORESTE DE MÉXICO

**CADMIUM AND LEAD LEVELS IN A RESERVOIR
LOCATED IN NORTHEAST MEXICO**

Edgar Pérez Arriaga

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, México

Sergio Canales Caballero

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, México

Roxanna Guzman Lavin

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, México

Enrique Echevarria Vilchez

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, México

Cinthya Carina Flores Guerrero

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v9i1.16810

Niveles de Cadmio y Plomo en un Embalse Situado en la Región Noreste de México

Edgar Pérez Arriaga¹

edgar.pa@cdvictoria.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8874-6963>

TecNm/Instituto Tecnológico de Cd. Victoria
México

Sergio Canales Caballero

sergio.cc@cdvictoria.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0000-0368-3538>

TecNm/Instituto Tecnológico de Cd. Victoria
México

Roxanna Guzman Lavin

roxanna.gl@cdvictoria.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0001-8839-0642>

TecNm/Instituto Tecnológico de Cd. Victoria
México

Enrique Echevarria Vilchez

enrique.ev@cdvictoria.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0008-4529-4395>

TecNm/Instituto Tecnológico de Cd. Victoria
México

Cinthya Carina Flores Guerrero

cinthya.fg@cdvictoria.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0000-7453-4580>

TecNm/Instituto Tecnológico de Cd. Victoria
México

RESUMEN

Ante la necesidad humana de captar agua dulce, el hombre ha diseñado embalses construidos con diferentes tipos de materiales cuyo volumen de captación es muy variable. Desde las grandes presas hasta embalses pequeños para uso agrícola, domestico entre otros. Muchos de estos con gran potencial para desarrollar actividades de acuicultura. En el noreste de México, dadas las condiciones climáticas, los embalses artificiales toman una importancia estratégica para el uso y aprovechamiento del vital líquido. En México la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Clasifica al Cadmio y Plomo dentro de los Residuos peligrosos potencialmente tóxicos al medio ambiente y a la salud humana, ya que existen fuentes de contaminación tanto naturales como antropogénicas que representan un riesgo de contaminación al medio ambiente. El presente estudio se realizó en un embalse artificial en el noreste de México, en el que se analizó la calidad del agua, para determinar la presencia de metales pesados como Cd, Pb. Dada la actividad antropogénica en la zona, se recolectaron muestras de agua durante las estaciones de otoño e invierno, en sitios determinados mediante la utilización de sistemas aéreos pilotados remotamente (RPAS). Los resultados obtenidos mediante la técnica de espectrofotometría mostraron presencia de Cadmio (Cd), arrojando diferencias significativas entre los máximos y mínimos entre los puntos de recolección. Para el caso del caso del Plomo (Pb) su presencia fue mínima, finalmente se concluye que la actividad antropogénica, no representa una fuente de emisión de contaminantes para el embalse.

Palabras clave: metales pesados, embalse artificial, noreste de México

¹ Autor principal

Correspondencia: edgar.pa@cdvictoria.tecnm.mx

Cadmium and Lead Levels in a Reservoir Located in Northeast Mexico

ABSTRACT

Given the human need to collect freshwater, man has designed reservoirs built with different types of materials whose collection volume is highly variable. From large dams to small reservoirs for agricultural, domestic and other uses. Many of these with great potential to develop aquaculture activities. In northeastern Mexico, given the climatic conditions, artificial reservoirs take on strategic importance for the use and aprovechamiento of the vital liquid. In Mexico, the General Law of Ecological Equilibrium and Environmental Protection classifies Cadmium and Lead as hazardous waste potentially toxic to the environment and human health, since there are both natural and anthropogenic sources of pollution that represent a risk of contamination to the environment. The present study was carried out in an artificial reservoir in northeastern Mexico, in which the water quality was analyzed to determine the presence of heavy metals such as Cd, Pb. Given the anthropogenic activity in the area, water samples were collected during the autumn and winter seasons, at sites determined by the use of remotely piloted aircraft systems (RPAS). The results obtained by the spectrophotometry technique showed the presence of Cadmium (Cd), showing significant differences between the maximums and minimums between the collection points. In the case of Lead (Pb), its presence was minimal, and it is finally concluded that anthropogenic activity does not represent a source of emission of pollutants for the reservoir.

Keywords: heavy metals, artificial reservoirs, northeast Mexico

Artículo recibido 06 enero 2025

Aceptado para publicación: 11 febrero 2025



INTRODUCCIÓN

Los metales pesados se encuentran en forma natural en la corteza terrestre. Estos se pueden convertir en contaminantes si su distribución en el ambiente se altera mediante actividades humanas. En general esto puede ocurrir durante la extracción minera, el refinamiento de productos mineros o por la liberación al ambiente de efluentes industriales y emisiones vehiculares. Además, la inadecuada disposición de residuos metálicos también ha ocasionado la contaminación del suelo, agua superficial y subterránea y de ambientes acuáticos. (Alloway, 2013).

Las emisiones de contaminantes a la atmósfera de origen antropogénico, como el selenio (Se), mercurio (Hg) y manganeso (Mn), representan una creciente preocupación debido a sus potenciales efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente. La quema de combustibles fósiles, especialmente carbón, constituye una fuente principal de estos elementos traza, liberándolos en forma gaseosa o particulada (Pacyna et al., 2010).

Entre las principales fuentes de emisión de los metales de mayor preocupación en México se tiene:

Plomo (Fundición primaria y secundaria de metales, loza vidriada, producción de pinturas, elaboración de latas soldadas con plomo, industria electrónica y de cómputo, uso de gasolina con plomo).

Cadmio (Baterías Recargables de Níquel/Cadmio (Ni/Cd), fertilizantes, pigmentos y estabilizadores en Plástico y PVC, pigmentos en Pinturas, galvanización, catalizadores y conservadores en la Industria del Plástico, elaboración de Pintura y Aleaciones. (ATSDR, 2012).

La contaminación del agua por metales pesados como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb) representa una grave amenaza para la salud pública y el medio ambiente. Estos elementos, altamente tóxicos incluso en bajas concentraciones, se acumulan en los organismos vivos y pueden causar una variedad de efectos adversos a largo plazo (Järup, 2003). La identificación y evaluación precisa de la presencia de Cd y Pb en fuentes de agua potable es fundamental para el desarrollo de políticas públicas efectivas que protejan la salud de la población y garanticen el acceso a agua segura.

Identificación de Cadmio y Plomo en Agua

La identificación de Cd y Pb en agua requiere el uso de técnicas analíticas sensibles y precisas. La espectrometría de absorción atómica (AAS) y la espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS) son métodos ampliamente utilizados para la determinación de estos metales en



muestras de agua (Naseri et al., 2014). Estas técnicas permiten la cuantificación de Cd y Pb a niveles traza, lo cual es crucial para evaluar el riesgo potencial para la salud humana. Además de los métodos instrumentales, se han desarrollado métodos electroquímicos y sensores ópticos que ofrecen ventajas en términos de portabilidad, costo y rapidez (Li et al., 2016). Estos métodos son especialmente útiles para el monitoreo in situ y la detección temprana de la contaminación por Cd y Pb.

Evaluación de Riesgos para la Salud Pública

La evaluación del riesgo para la salud pública asociado a la presencia de Cd y Pb en agua implica la consideración de diversos factores, como la concentración de los metales en el agua, la vía de exposición (ingestión, inhalación, contacto dérmico), la duración y frecuencia de la exposición, y la susceptibilidad de la población expuesta (WHO, 2011). El Cd se acumula principalmente en los riñones, donde puede causar daño renal crónico y aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Satarug et al., 2010). El Pb afecta principalmente al sistema nervioso, especialmente en niños, causando problemas de aprendizaje, comportamiento y desarrollo cognitivo (Lanphear et al., 2005). Además, ambos metales son clasificados como carcinógenos humanos por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC). La evaluación de riesgos es fundamental para establecer límites máximos permisibles de Cd y Pb en agua potable y para implementar medidas de control y remediación eficaces.

Impacto en Políticas Públicas

La presencia de Cd y Pb en agua tiene un impacto significativo en las políticas públicas relacionadas con la gestión del agua y la protección de la salud pública. Las normativas nacionales e internacionales establecen límites máximos permisibles de Cd y Pb en agua potable para proteger la salud de la población. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un límite máximo de 3 µg/L para el Cd y 10 µg/L para el Pb en agua potable (WHO, 2017). Las políticas públicas deben garantizar el cumplimiento de estos límites a través del monitoreo regular de la calidad del agua, la implementación de sistemas de tratamiento adecuados y la promoción de prácticas sostenibles de gestión del agua.



Además, las políticas públicas deben abordar las fuentes de contaminación por Cd y Pb, como la minería, la industria y la agricultura, para prevenir la contaminación del agua en su origen.

Impacto en la Salud Pública

La exposición a Cd y Pb a través del agua potable puede tener graves consecuencias para la salud pública. La intoxicación crónica por Cd puede causar daño renal, enfermedades cardiovasculares, osteoporosis y cáncer (IARC, 2012). La exposición al Pb, especialmente en niños, puede afectar el desarrollo neurológico, causando problemas de aprendizaje, comportamiento y disminución del coeficiente intelectual (Needleman et al., 1990). Los efectos del Pb en la salud son irreversibles y pueden tener consecuencias a largo plazo para el individuo y la sociedad. La contaminación del agua por Cd y Pb representa una carga significativa para los sistemas de salud pública, generando costos asociados al tratamiento de enfermedades y la pérdida de productividad. Es esencial implementar medidas de prevención y control para proteger la salud de la población y reducir el impacto de la contaminación por Cd y Pb en la salud pública.

METODOLOGÍA

Mediante el uso de imágenes aéreas utilizando RPAS, se determinaron 10 sitios para la recolección de muestras de agua a una distancia aproximada de 200 metros entre cada punto (Tabla 1). Con repeticiones mensuales durante 6 meses iniciando en el mes de septiembre y terminando en febrero del año siguiente. La toma de muestra se realizó durante el día entre las 10:00 y 12:00 hrs, para cada sitio se utilizó un frasco de polietileno de 500 ml previamente rotulado y lavado con una solución de 5:1 de HNO₃ (ácido nítrico) al 75%, para lograr un pH de 1.6 a 2. En cada sitio se tomó una muestra de agua a una profundidad aproximada de 15 cm, las muestras se conservaron y transportaron en hieleras con hielo a fin de mantenerlas frescas hasta llegar al laboratorio de calidad de agua de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, para su análisis por medio de la técnica de espectrofotometría. La detección de metales pesados (Pb, Cd y Hg) se determinó empleando la técnica estandarizada para el fotómetro Spectroquant SQ 118 de Merck.

La determinación de pesticidas en agua se realizó por el método de cromatografía de gases publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF-Segob,2014).



Imagen 1



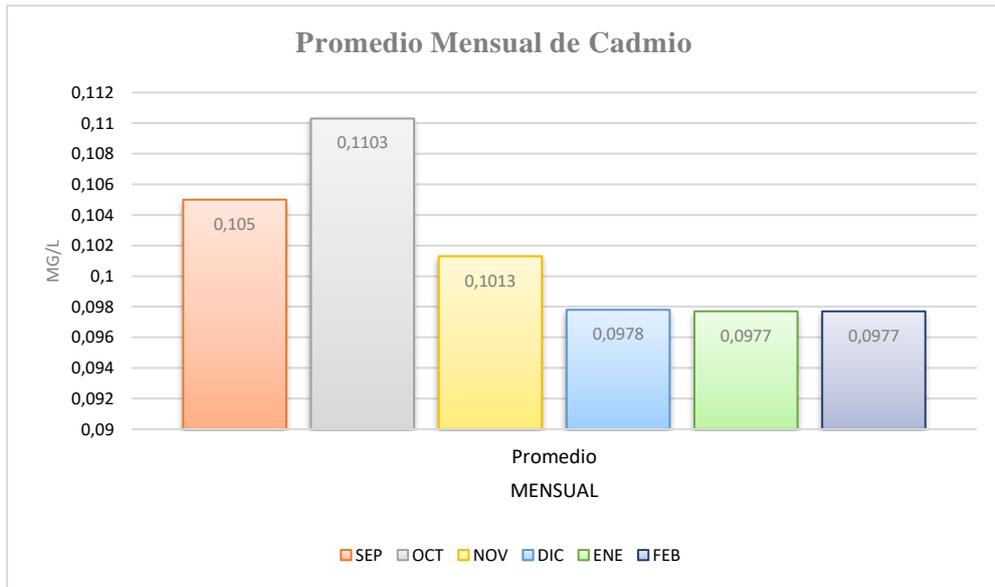
Tabla 1. Localización de los puntos de muestreo

Punto	Latitud	Longitud	Distancia /Mts.
1	N 23°50'45.21"	W 99°10'22.18"	199.9
2	N 23°50'49.79"	W 99°10'27.21"	199.6
3	N 23°50'54.85"	W 99°10'31.60"	199.8
4	N 23°50'57.71"	W 99°10'37.95"	200.4
5	N 23°50'57.92"	W 99°10'45.03"	200.5
6	N 23°50'57.62"	W 99°10'52.12"	200.2
7	N 23°50'54.89"	W 99°10'45.69"	199.8
8	N 23°50'51.71"	W 99°10'39.51"	199.7
9	N 23°50'45.22"	W 99°10'39.68"	199.9
10	N 23°50'45.41"	W 99°10'32.62"	0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

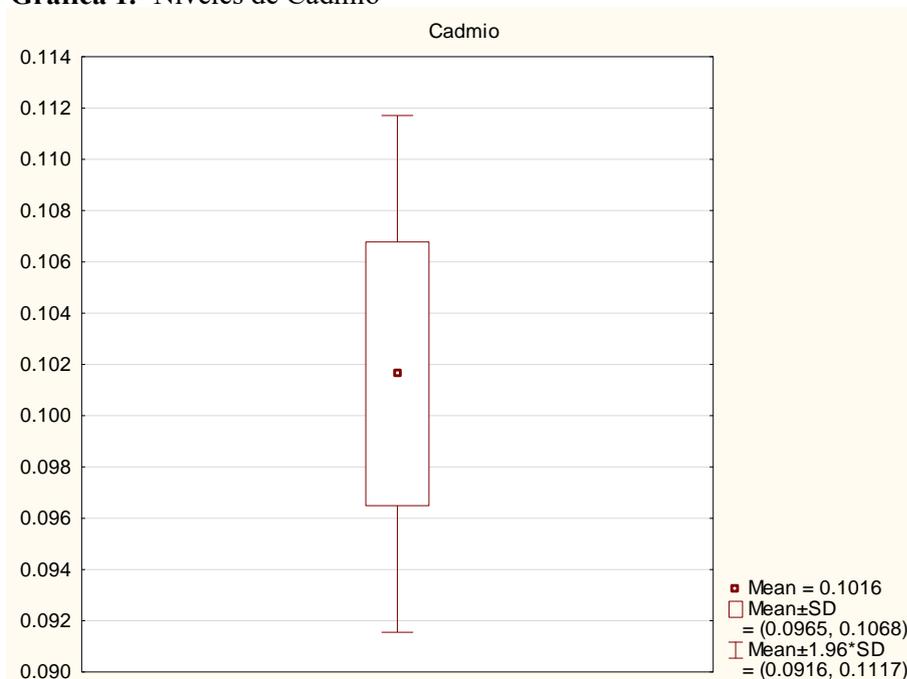
Los valores de cadmio encontrados en el muestro se encuentran dentro de los límites permisibles, siendo el promedio 0.101 mg/L, con rangos máximos de 0.183 y mínimos de 0.027, se concluye que se encuentran dentro de los parámetros que permiten un adecuado uso del recurso. (Figura 1)

Figura 1 Promedio Mensual de Cadmio



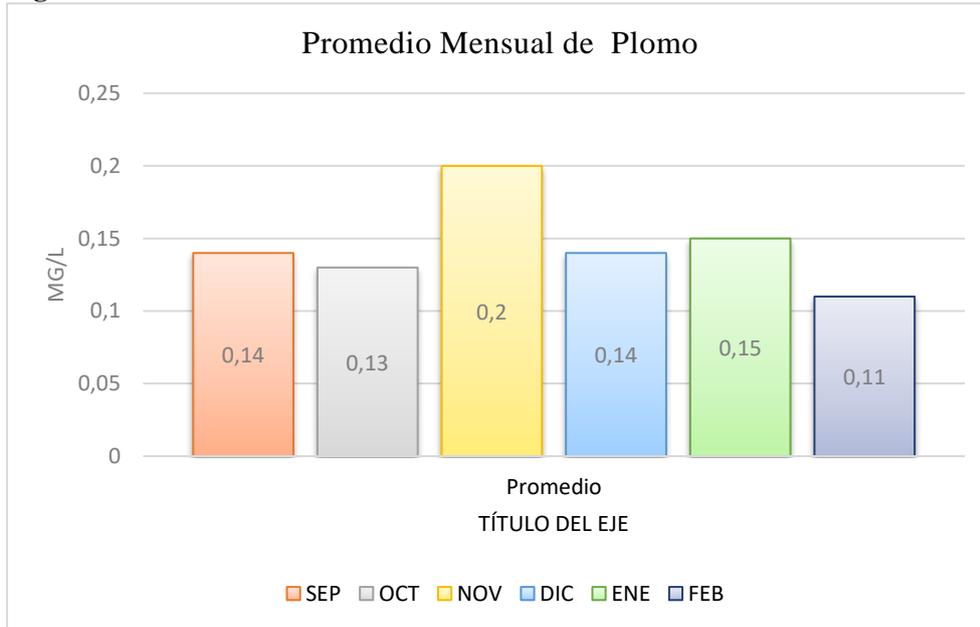
En la siguiente grafica se muestran los niveles totales de máximos y mínimos encontrados de Cadmio, determinando que los límites oscilan entre un mínimo de 0.097700 mg/L y un máximo de 0.110300mg/L, en el caso de la media fue de 0.101633 mg/L, se obtuvo una desviación estándar de 0.005142 mg/L.

Grafica 1.- Niveles de Cadmio



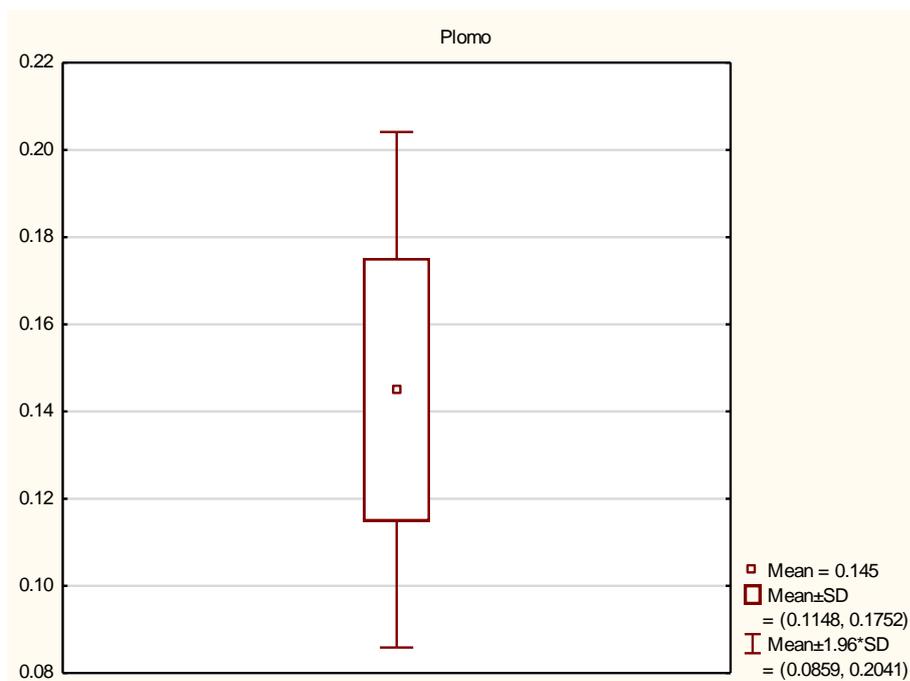
El resultado del análisis de plomo en agua arrojo un promedio de 0.145mg/L Con una variación máxima de 0.3 y mínima de 0.1. Lo que permite la explotación acuícola y agrícola del recurso hídrico. (Figura 2)

Figura 2 Promedio Mensual de Plomo

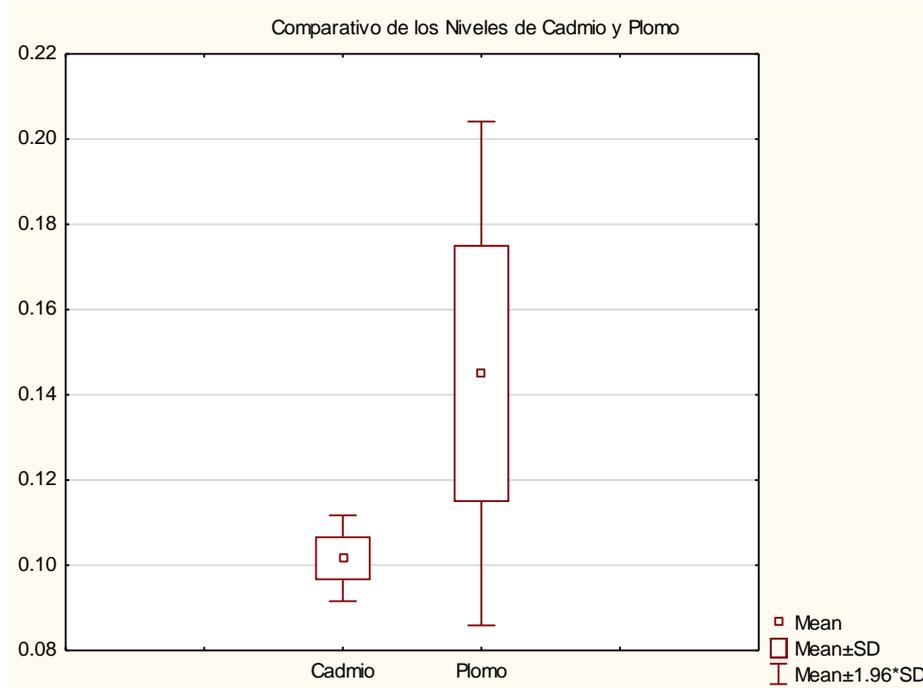


En la siguiente grafica se muestran los niveles totales de máximos y mínimos encontrados de Plomo, determinando que los límites oscilan entre un mínimo de 0.110000 mg/L y un máximo de 0.200000mg/L, en el caso de la media fue de 0.145000 mg/L, se obtuvo una desviación estándar de 0.030166mg/L.

Grafica 2.- Niveles de Plomo



Grafica 3.- Comparativo de Niveles de Cadmio y Plomo



CONCLUSIONES

El estudio realizado en el embalse artificial en el noreste de México tuvo como objetivo principal analizar la calidad del agua, específicamente en lo que respecta a la presencia de metales pesados como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb). La importancia de este análisis radica en la necesidad de garantizar la salud pública y la protección del medio ambiente, ya que la contaminación por metales pesados representa una grave amenaza.

Los resultados obtenidos mediante la técnica de espectrofotometría revelaron la presencia de cadmio en el agua del embalse. Se observaron diferencias significativas entre los valores máximos y mínimos de concentración de cadmio en los distintos puntos de recolección de muestras. Sin embargo, es importante destacar que los niveles de cadmio detectados se mantuvieron dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa vigente.

En cuanto al plomo, su presencia en el agua del embalse fue mínima. Los valores registrados se ubicaron por debajo de los límites máximos permitidos para la explotación acuícola y agrícola del recurso hídrico.

Con base en estos resultados, se puede concluir que la actividad antropogénica en la zona del embalse no representa una fuente significativa de emisión de cadmio y plomo al agua. No obstante, es fundamental mantener un monitoreo constante de la calidad del agua para detectar cualquier cambio que pudiera comprometer la salud humana y el medio ambiente.

Es importante destacar que la presencia de cadmio, aunque dentro de los límites permisibles, debe ser considerada con atención. El cadmio es un metal pesado que puede acumularse en los organismos vivos y causar efectos adversos a largo plazo, incluso en bajas concentraciones. Por lo tanto, se recomienda continuar con el monitoreo de este metal en el agua del embalse y evaluar la posibilidad de implementar medidas preventivas para minimizar su presencia.

En resumen, el estudio realizado en el embalse artificial en el noreste de México proporciona información valiosa sobre la calidad del agua en relación con la presencia de metales pesados. Los resultados obtenidos permiten concluir que la actividad antropogénica en la zona no representa una fuente significativa de contaminación por cadmio y plomo. Sin embargo, se destaca la importancia de mantener un monitoreo constante de la calidad del agua y de implementar medidas preventivas para proteger la salud pública y el medio ambiente.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio coinciden con la creciente preocupación sobre la presencia de metales pesados en cuerpos de agua a nivel mundial. Si bien las concentraciones de Cd y Pb en el embalse estudiado se encuentran dentro de los límites permisibles, es crucial considerar el impacto a largo plazo de la acumulación de estos metales en el ecosistema y la salud humana.

Un estudio reciente de Li et al. (2023) sobre la contaminación por metales pesados en ríos de China, destaca la importancia de monitorear continuamente la calidad del agua, incluso cuando los niveles de contaminantes se encuentren por debajo de los límites regulatorios. Los autores señalan que la bioacumulación de metales pesados en la cadena alimentaria puede tener efectos adversos significativos en la salud humana y la biodiversidad.

En el contexto de la gestión de recursos hídricos, la investigación de Wang et al. (2022) sobre el uso de sistemas de teledetección para monitorear la calidad del agua en embalses, ofrece una perspectiva interesante.



Los autores proponen que la integración de tecnologías como RPAS con análisis de laboratorio puede proporcionar una visión más completa de la dinámica de la contaminación por metales pesados.

Es importante destacar que la evaluación de riesgos para la salud pública debe considerar no solo las concentraciones de metales pesados en el agua, sino también la vía de exposición, la duración y frecuencia de la exposición, y la susceptibilidad de la población expuesta (WHO, 2011). En este sentido, la investigación de Satarug et al. (2010) sobre los efectos del cadmio en la salud humana, subraya la necesidad de implementar medidas preventivas para minimizar la exposición a este metal, incluso en niveles considerados "seguros".

Finalmente, es fundamental que las políticas públicas aborden las fuentes de contaminación por Cd y Pb, como la minería, la industria y la agricultura, para prevenir la contaminación del agua en su origen (WHO, 2017). La investigación de Järup (2003) sobre los peligros de la contaminación por metales pesados, enfatiza la importancia de un enfoque integral que incluya la regulación de las emisiones industriales, el tratamiento de aguas residuales y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles.

En conclusión, este estudio contribuye a la comprensión de la problemática de la contaminación por metales pesados en embalses artificiales. Los resultados obtenidos, junto con la literatura reciente sobre el tema, resaltan la necesidad de un monitoreo continuo, la implementación de medidas preventivas y la integración de políticas públicas para proteger la salud humana y el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alloway, B. J. (2013). Metales pesados en suelos: metales traza y metaloides en suelos y su biodisponibilidad. Springer Science & Business Media.

ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades). (2012). Resumen de Salud Pública: Cadmio. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU.

DOF-Segob. (2014). Acuerdo sobre Criterios para determinar límites Máximos de Residuos Tóxicos y Contaminantes. Diario Oficial de la Federación, 31.

IARC. (2012). Cadmium and cadmium compounds. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 100(Pt C), 121-209.

Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. British Medical Bulletin, 68(1), 167-182.



- Lanphear, B. P., Hornung, R., Khoury, J., Yolton, K., Baghurst, P., Bellinger, D. C.,... & Canfield, R. L. (2005). Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environmental health perspectives*, 113(7), 894-899.
- Li, M., Gou, H., Al-Ogaidi, I., & Wu, N. (2016). Nanostructured sensors for detection of heavy metals: A review. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(12), 7191-7200.
- Li, M., Gou, H., Al-Ogaidi, I. y Wu, N. (2023). Sensores nanoestructurados para la detección de metales pesados: una revisión. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(12), 7191-7200.
- Naseri, M. T., Hosseini, M., & Assadi, Y. (2014). A review on advanced techniques for determination of some heavy metals in environmental samples. *Talanta*, 120, 264-272.
- Needleman, H. L., Schell, A., Bellinger, D., Leviton, A., & Allred, E. N. (1990). The long-term effects of exposure to low doses of lead in childhood: an 11-year follow-up report. *New England Journal of Medicine*, 322(2), 83-88.
- Pacyna, E. G., Pacyna, J. M., Sundseth, K., Munthe, J., Kindbom, K., Wilson, S., Steenhuisen, F., y Maxson, P. (2010). Emisión global de mercurio a la atmósfera procedente de fuentes antropogénicas en 2005 y proyecciones hasta 2020. *Medio Ambiente Atmosférico*, 44(20), 2487-2499.
- Satarug, S., Garrett, S. H., Sens, M. A., & Sens, D. A. (2010). Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. *Environmental health perspectives*, 118(2), 182-190.
- Satarug, S., Garrett, SH, Sens, MA y Sens, DA (2010). Cadmio, exposición ambiental y consecuencias para la salud. *Environmental health perspectives*, 118(2), 182-190.
- Wang, Q., Li, J., Liu, Y. y Zhang, Y. (2022). Monitoreo de la calidad del agua en embalses mediante teledetección: una revisión. *Journal of Hydrology*, 606, 127408.
- WHO. (2011). *Guidelines for drinking-water quality*. 4th ed. Organización Mundial de la Salud.
- WHO. (2017). *Guidelines for drinking-water quality: First addendum to the fourth edition*. Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua potable*. 4ª ed. Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2017). *Guías para la calidad del agua potable: Primera adenda a la cuarta edición*. Organización Mundial de la Salud.

