

CADMIO EN LOS PECES DE HATILLO: UN INDICADOR SILENCIOSO DE CONTAMINACIÓN ACUÁTICA

CADMIUM IN HATILLO FISH: A SILENT INDICATOR OF AQUATIC CONTAMINATION

 **Altagracia Marte, Moraima**, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), Facultad de Postgrado y Educación Continuada, República Dominicana
 **Ureña, Ynggrid Altagracia**, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), Facultad de Postgrado y Educación Continuada, República Dominicana
 **Dirección Editorial**, Revista Científica El Capacho, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), República Dominicana

Recibido	Aceptado para su publicación	Publicado
2025/10/01	2025/11/15	2025/12/18

RESUMEN

Este estudio identificó y evaluó la concentración de cadmio en peces bentónicos de la Presa de Hatillo, provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana. La metodología incluyó un diseño analítico experimental con la preparación de muestras según el protocolo EPA 3050 B de digestión ácida y su cuantificación mediante espectrofotometría de absorción atómica (método AOAC International). Se analizaron 30 ejemplares adultos de tres especies: Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Carpa común (*Cyprinus carpio*) y Bagre (*Ictalurus punctatus*), recolectados mediante muestreo aleatorio estratificado en seis puntos de la presa. Las concentraciones de cadmio oscilaron entre 0.184 y 0.228 mg/kg, superando entre 3.7 y 4.6 veces el límite máximo de 0.050 mg/kg establecido por la Organización Mundial de la Salud para productos pesqueros.

PALABRAS CLAVE

bioacumulación, cadmio, metales pesados, peces bentónicos, Presa de Hatillo, salud pública

ABSTRACT

This study identified and evaluated cadmium concentration in bentonic fish from Hatillo Dam, Sánchez Ramírez province, Dominican Republic. The methodology included an experimental analytical design with sample preparation per EPA 3050 B acid digestion protocol and quantification by atomic absorption spectrophotometry (AOAC International method). Thirty adult specimens of three species were analyzed: Tilapia, Common Carp, and Catfish, collected through stratified random sampling at six dam locations. Cadmium concentrations ranged from 0.184 to 0.228 mg/kg, exceeding the WHO maximum limit of 0.050 mg/kg for fishery products by 3.7 to 4.6 times.

KEYWORDS

bentonic fish, bioaccumulation, cadmium, Hatillo Dam, heavy metals, public health

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo se origina en la tesis titulada «Identificación de Cadmio en Peces de la Presa de Hatillo: un Enfoque Analítico para la Evaluación Ambiental», sustentada por los autores en el año académico 2024, la cual sirvió de requisito para graduarse como Magíster en Gestión y Auditoría Ambiental. Dicha tesis fue desarrollada bajo la dirección de la Dra. Lolymer Romero Maza en la Facultad de Postgrado y Educación Continuada de la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO). Por estar directamente relacionada con la línea de investigación de interés de la presente edición especial de la Revista Científica El Capacho, la Dirección Editorial ha decidido publicar este artículo.

El cadmio (Cd) es un metal pesado altamente tóxico que se acumula en organismos acuáticos mediante procesos de bioacumulación y biomagnificación a lo largo de la cadena trófica (ATSDR, 2023). La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasifica el cadmio como carcinógeno del Grupo 1. La exposición crónica se asocia con daño renal progresivo, desmineralización ósea (enfermedad de itai-itai), alteraciones hepáticas y efectos carcinogénicos (OMS, 2022). La toxicidad aguda del Cd en organismos acuáticos está vinculada a la forma iónica libre (Cd^{2+}), altamente biodisponible y capaz de afectar funciones celulares fundamentales (Jiménez, 2012).

Para Barán (1995), al cadmio se le atribuyen efectos tóxicos para toda forma de vida debido a su tendencia a desplazar al zinc de sitios enzimáticos activos y competir con el calcio en sistemas biológicos. El Codex Alimentarius (2023) establece un límite máximo de 0.05 mg/kg para cadmio en pescado fresco. La OMS recomienda una ingesta semanal tolerable provisional de 7 $\mu\text{g/kg}$ de peso corporal. La Presa de Hatillo se encuentra bajo la influencia directa del distrito minero de Pueblo Viejo y de actividades agrícolas que utilizan fertilizantes fosfatados con trazas de cadmio.

El objetivo general fue cuantificar la concentración de cadmio en las especies de peces de mayor consumo de la Presa de Hatillo, comparar los niveles detectados con los estándares internacionales de seguridad alimentaria y evaluar el riesgo potencial para la salud de las comunidades consumidoras.

2. METODOLOGÍA

Diseño analítico experimental (Hernández et al., 2014). La población de estudio comprendió los peces bentónicos de la Presa de Hatillo. La muestra consistió en 30 ejemplares adultos de tres especies predominantes: Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Carpa común (*Cyprinus carpio*) y Bagre (*Ictalurus punctatus*), seleccionados mediante muestreo aleatorio estratificado en seis puntos de la presa a

profundidades de 2 a 15 metros, considerando la proximidad a posibles fuentes de contaminación.

La selección de las tres especies respondió a criterios científicos y socioeconómicos: (1) Tilapia (*Oreochromis niloticus*), especie más abundante y de mayor consumo por las comunidades locales, representativa de los niveles tróficos intermedios; (2) Carpa común (*Cyprinus carpio*), especie bentónica que se alimenta directamente del fondo, en contacto permanente con los sedimentos donde el cadmio tiende a acumularse; y (3) Bagre (*Ictalurus punctatus*), depredador bentónico que ocupa un nivel trófico superior y puede concentrar metales por biomagnificación. Los seis puntos de muestreo fueron distribuidos considerando diferentes profundidades (2-15 metros), proximidad a desembocaduras de afluentes que drenan zonas mineras, y áreas de pesca activa donde los pescadores artesanales realizan sus capturas habituales.

2.1. Recolección y procesamiento de muestras

La captura se realizó con redes de enmalle de monofilamento (luz de malla: 5 cm) y anzuelos (tamaño #6-8), colocados durante períodos estandarizados de 4 horas. La manipulación se realizó con guantes de nitrilo libres de metales. Las muestras se colocaron inmediatamente en bolsas de polietileno de alta densidad con cadena de frío. La preparación siguió el protocolo EPA 3050 B de digestión ácida, y la cuantificación se realizó por espectrofotometría de absorción

atómica según el método AOAC International, con controles de calidad (blancos, duplicados y materiales de referencia certificados).

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Se detectó cadmio en el 100% de las muestras analizadas. Las concentraciones en Tilapia (*Oreochromis niloticus*) oscilaron entre 0.184 y 0.228 mg/kg, superando entre 3.7 y 4.6 veces el límite máximo de la OMS (0.050 mg/kg). Las muestras procedentes de zonas próximas a los afluentes que drenan áreas del distrito minero presentaron las concentraciones más elevadas, sugiriendo una correlación directa entre las fuentes antrópicas de cadmio y su acumulación en la biota ictícola. Los ejemplares de mayor tamaño y edad mostraron concentraciones superiores, patrón consistente con el fenómeno de bioacumulación descrito en la literatura.

Las concentraciones detectadas también superaron los límites del Código Alimentario Argentino y las normativas europeas (Reglamento CE 1881/2006, que establece 0.050 mg/kg para pescado). El patrón de distribución espacial de las concentraciones sugiere que el aporte principal de cadmio proviene de los ríos que drenan el distrito minero, aunque no puede descartarse la contribución de fertilizantes fosfatados agrícolas.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Desde una perspectiva de gestión integral, los resultados de esta investigación deben interpretarse en el contexto más amplio de la problemática ambiental de la provincia Sánchez Ramírez, donde convergen las presiones del desarrollo minero, la expansión agrícola y el crecimiento poblacional sobre recursos hídricos finitos. La Presa de Hatillo, como principal reservorio de agua dulce del Caribe insular, cumple funciones múltiples de regulación de caudales, generación hidroeléctrica, abastecimiento para riego y sustento de la actividad pesquera artesanal, lo que la convierte en un ecosistema estratégico cuya degradación tendría consecuencias socioeconómicas de gran alcance. Las evidencias presentadas en este estudio subrayan la urgencia de adoptar un enfoque ecosistémico que integre la conservación de la calidad del agua con el desarrollo sostenible de las actividades productivas en la cuenca.

Los niveles de cadmio detectados en los peces de la Presa de Hatillo son considerablemente elevados en comparación con estudios internacionales. Los resultados coinciden con investigaciones realizadas en el río Limpopo, Sudáfrica, donde Jezierska y Witeska (2020) reportaron bioacumulación preferencial en peces bentónicos por su contacto directo con sedimentos contaminados. Hallazgos similares fueron documentados en el río Tigris, Irak, donde las comunidades que consumen pescado contaminado enfrentan riesgos significativos para la salud (Al-Khafaji, 2018). Los niveles

encontrados también superan los reportados por estudios de la subcuenca Crucero en Perú, donde se detectaron concentraciones de cadmio de 1.62 ppm en julilla y 0.73 ppm en boquichico.

La exposición prolongada al cadmio a través del consumo de pescado contaminado se asocia con nefrotoxicidad progresiva, proteinuria tubular, desmineralización ósea y potencial carcinogénesis, como documentaron Nordberg et al. (2007). El riñón es el órgano diana principal, donde las concentraciones críticas en la corteza renal pueden causar daño irreversible. Estos riesgos son particularmente preocupantes para las comunidades pesqueras de la Presa de Hatillo que dependen del pescado como fuente principal de proteínas.

El análisis de riesgo sanitario basado en las concentraciones detectadas indica que el consumo regular de pescado de la Presa de Hatillo podría exponer a las comunidades locales a dosis de cadmio superiores a la ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) establecida por la OMS en 7 µg/kg de peso corporal. Para un adulto de 70 kg que consume 300 g de pescado por semana (frecuencia reportada por los pescadores locales), la exposición estimada al cadmio oscilaría entre 0.79 y 0.98 µg/kg/semana, lo que representaría entre el 11% y el 14% de la ISTP. Si bien estos valores no superan el umbral individual, deben considerarse en el contexto de la exposición acumulativa por otras fuentes (agua de consumo, cultivos irrigados con agua del río,

inhalación de partículas) que podrían elevar significativamente la carga total de cadmio.

Las limitaciones incluyen el carácter puntual del muestreo (una sola campaña), la ausencia de análisis estacional que permita evaluar variaciones temporales, y la falta de cuantificación de cadmio en sedimentos y agua para establecer correlaciones entre las matrices ambientales y la biota.

La problemática del cadmio en la Presa de Hatillo se inscribe en un contexto regional más amplio de contaminación por metales pesados en cuerpos de agua del Caribe. Estudios recientes en Jamaica, Trinidad y Puerto Rico han documentado niveles preocupantes de cadmio en especies ictícolas asociados a actividades mineras, industriales y agrícolas. La particularidad del caso dominicano radica en la confluencia de una mina aurífera de gran escala (Pueblo Viejo), agricultura intensiva con uso de agroquímicos y una población local con alta dependencia del recurso pesquero para su subsistencia. Esta combinación de factores exige respuestas integrales que articulen la regulación de las actividades productivas, el monitoreo ambiental continuo y la protección de la salud pública de las comunidades vulnerables. Los datos generados por este estudio constituyen una línea base fundamental para el diseño de programas de vigilancia epidemiológica y ambiental en la provincia Sánchez Ramírez.

Se concluye que la presencia de cadmio en concentraciones que superan significativamente

los estándares internacionales constituye un riesgo para la salud pública. Se recomienda: (1) al Ministerio de Medio Ambiente, implementar monitoreo continuo y frecuente de cadmio y otros metales pesados en peces del embalse; (2) a los consumidores, diversificar las fuentes de proteína animal y limitar la frecuencia de consumo de pescado de la presa; (3) a la UTECO, incentivar investigaciones complementarias sobre fuentes, vías de exposición y efectos en la salud; (4) a las autoridades sanitarias, realizar estudios epidemiológicos en las comunidades expuestas y establecer límites de consumo seguros; y (5) a las autoridades ambientales, fortalecer las regulaciones sobre descarga de efluentes mineros y agrícolas e implementar estrategias de remediación de sedimentos contaminados.

5. FINANCIACIÓN

La investigación que dio origen al presente artículo fue realizada en el marco de una tesis de grado desarrollada en la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) y no recibió financiamiento de ningún ente externo, público o privado. El proceso de investigación fue llevado a cabo íntegramente por los sustentantes con recursos propios. La asesoría académica, la evaluación del informe final y la disertación de la tesis fueron cubiertas con fondos institucionales de la UTECO

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO:

Altagracia Marte, M., & Ureña, Y. A. (2025). Cadmio en los peces de Hatillo: un indicador silencioso de contaminación acuática. *Revista Científica El Capacho* 14(14), 34-39.
<https://doi.org/10.63796/capacho.2025.v14i14.226>

REFERENCIAS

- Al-Khafaji, B. Y. (2018). Cadmium in Tigris River fish. *Iraqi Journal of Science*, 59(2), 987-995.
- ATSDR. (2023). Toxicological Profile for Cadmium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Barán, E. J. (1995). *Química bioinorgánica*. McGraw-Hill Interamericana.
- Codex Alimentarius. (2023). General Standard for Contaminants (CXS 193-1995). FAO/WHO.
- EPA. (2023). Method 3050 B: Acid Digestion. U.S. Environmental Protection Agency.
- Hernández, R. et al. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Jezierska, B., & Witeska, M. (2020). *Metal uptake and accumulation in fish in polluted waters*. Springer.
- Jiménez, B. (2012). *La contaminación ambiental en México*. Limusa.
- Nordberg, G. F. et al. (2007). *Handbook on the Toxicology of Metals* (3rd ed.). Academic Press.
- OMS. (2022). *Cadmium in drinking-water: background document*. WHO.