

Heavy metals Cd, Pb and Hg: A public health problem in the context of international relations and the importance of academia in its mitigation.

Metales pesados Cd, Pb y Hg: Una problemática de salud pública en el contexto de las relaciones internacionales e importancia de la academia en su mitigación.

Autores:

Calderón-Guevara, Marco Napoleón, Mgs.
DIRECCIÓN DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. MINISTERIO DE
RELACIONES EXTERIORES Y MOVILIDAD HUMANA
Investigador
Quito - Ecuador



ma.calderong2010@gmail.com

marcocalderon2010@gmail.com



<https://orcid.org/0009-0000-7793-9612>

Carpio-Rivera, Nelly Yadira, M.Sc.
DEPARTAMENTO ACADÉMICO Y DE INVESTIGACIÓN DE LA FEDERACIÓN DE
ORGANIZACIONES MONTUBIAS DEL ECUADOR-FEDOMEC
Investigador
Guayaquil - Ecuador



yadira.carpio.m.sc@gmail.com

yadira.carpio@gmail.com



<https://orcid.org/0009-0007-0128-3662>

Ing. Galarza-Mora, Wilmer Gonzalo, M.Sc.
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
Docente-Investigador
Machala – Ecuador



wgalarza@utmachala.edu.ec

Ing.gonzalogalarza.msc@gmail.com



<https://orcid.org/0000-0001-9807-825X>

Citación/como citar este artículo: Calderón-Guevara, Marco Napoleón., Carpio-Rivera, Nelly Yadira. Y Galarza-Mora, Wilmer Gonzalo. (2023). Metales Pesados Cd, Pb y Hg: Una Problemática de Salud Pública en el Contexto de las Relaciones Internacionales e importancia de la academia en su mitigación. MQRInvestigar, 7(3), 2545-2578.

<https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.2545-2578>

Fechas de recepción: 17-JUL-2023 aceptación: 17-AGO-2023 publicación: 15-SEP-2023



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

La presencia de metales pesados como cadmio (Cd), plomo (Pb) y mercurio (Hg) representa una seria preocupación en la salud pública global. Estos elementos tóxicos ejercen un impacto perjudicial en humanos, animales y plantas, generando enfermedades y alteraciones en diversos sistemas biológicos. La contaminación por estos metales se ha evidenciado a nivel planetario, afectando múltiples entornos acuáticos como ríos, mares, esteros y lagos, tanto en forma de disolución en el agua como en sedimentos y organismos acuáticos. Adicionalmente, la presencia de estos metales en suelos agrícolas y alimentos agrava la preocupación debido a su potencial para entrar en la cadena alimentaria. Este artículo se enfoca en analizar las dimensiones globales de esta problemática, considerando las implicaciones que posee en el ámbito de las relaciones internacionales. La contaminación por metales pesados no conoce fronteras, afectando a múltiples naciones y comunidades en diferentes formas. Además de sus consecuencias en la salud humana, estos contaminantes también inciden en las economías, el comercio internacional y la seguridad alimentaria. Además, examina cómo las universidades pueden desempeñar un papel central en la mitigación de esta problemática. Las instituciones académicas poseen el conocimiento, la experiencia y los recursos necesarios para abordar esta amenaza global desde diversas perspectivas: investigación científica, formación profesional y participación activa en políticas públicas y relaciones internacionales. El propósito de este trabajo de investigación es arrojar luz sobre la gravedad de la situación, fundamentada en evidencia científica sólida, con el fin de catalizar acciones concretas por parte de organismos internacionales, gobiernos y universidades. Se busca impulsar la toma de decisiones que promuevan políticas y estrategias efectivas para reducir los riesgos asociados con la exposición a metales pesados. La colaboración en la esfera de las relaciones internacionales es esencial para abordar este problema transnacional, ya que la mitigación de la contaminación por metales pesados requiere un enfoque coordinado y la implementación de regulaciones estrictas en la producción industrial y el manejo de desechos. En última instancia, este artículo subraya la necesidad de una respuesta global para abordar la amenaza de los metales pesados a la salud pública y el medio ambiente, haciendo hincapié en la importancia de la cooperación internacional en la formulación y ejecución de soluciones efectivas.

Palabras clave: Metales pesados; Contaminación; Industria química; Organismos internacionales; Academia; Química inorgánica.



Abstract

The presence of heavy metals such as cadmium (Cd), lead (Pb), and mercury (Hg) constitutes a significant concern in global public health. These toxic elements exert detrimental effects on humans, animals, and plants, generating diseases and disruptions within various biological systems. The contamination by these metals has been observed at a planetary level, impacting multiple aquatic environments including rivers, seas, estuaries, and lakes, both in the form of dissolution in water and in sediments and aquatic organisms. Additionally, the presence of these metals in agricultural soils and food exacerbates concerns due to their potential to enter the food chain. This article focuses on analyzing the global dimensions of this issue, considering the implications it holds within the realm of international relations. Heavy metal pollution knows no boundaries, affecting multiple nations and communities in different ways. Beyond its consequences for human health, these pollutants also influence economies, international trade, and food security. Moreover, it examines how universities can play a central role in mitigating this issue. Academic institutions possess the knowledge, expertise, and resources required to address this global threat from various perspectives: scientific research, professional training, and active involvement in public policies and international relations. The purpose of this research work is to shed light on the gravity of the situation, grounded in solid scientific evidence, in order to catalyze concrete actions by international organizations, governments, and universities. The aim is to promote decision-making that advocates for effective policies and strategies to mitigate risks associated with exposure to heavy metals. Collaboration in the sphere of international relations is essential to address this transnational problem, as mitigating heavy metal pollution demands a coordinated approach and the implementation of strict regulations in industrial production and waste management. Ultimately, this article underscores the need for a global response to tackle the threat of heavy metals to public health and the environment, emphasizing the significance of international cooperation in formulating and executing effective solutions.

Keywords: Heavy metals; Pollution; Chemical industry; International organizations; Academy; Inorganic chemistry.



Introducción

El presente trabajo muestra que los marcos regulatorios y de políticas actuales a través de los instrumentos y acciones existentes son inadecuados para abordar completamente los problemas que acarrearán estos metales a escala global. En un Informe de Evaluación de los Problemas Concernientes a Productos Químicos y Desechos que plantean riesgos para la salud humana y el medio ambiente presentado por (UNEP, 2020); se abordan 11 problemas con evidencia emergente de riesgos identificados por Global Chemicals Outlook II (GCO-II). En el informe se identifica al Cadmio y al Plomo y se indica que muchas fuentes de estos elementos son iguales o similares a las del Mercurio. El informe sugiere además la necesidad de plantear un nuevo modelo de gestión con un enfoque amplio, que considere no solo el riesgo para la salud humana y el medio ambiente, sino también los vínculos entre los productos químicos y los desechos, y otras prioridades ambientales y sociales.

El creciente desafío de los metales pesados como una problemática de contaminación ambiental en el contexto de las Relaciones Internacionales ha ido adquiriendo una relevancia cada vez más marcada durante la última década. Esta cuestión presenta una compleja encrucijada para los Estados, quienes se encuentran en la necesidad imperante de abordar de manera efectiva y responsable el manejo de estos elementos, considerando tanto la producción y satisfacción de necesidades, como la generación de recursos económicos en armonía con el entorno natural. Ante este panorama, los Estados se ven compelidos a establecer foros de discusión a nivel internacional con el fin de afrontar esta problemática que conlleva implicaciones significativas para la salud pública en sus respectivas sociedades. Asimismo, se hace imperativo generar políticas emergentes que aborden la exposición actual a estos metales pesados, con un enfoque particular en tres de ellos: cadmio, plomo y mercurio, que son los más biodisponibles y que representan un riesgo tangible para la salud humana.

En un mundo cada vez más interconectado, la contaminación ambiental y sus ramificaciones trascienden fronteras nacionales, lo que convierte esta cuestión en un desafío global. La degradación del medio ambiente y la presencia de metales pesados tóxicos como el cadmio, plomo y mercurio en suelos, agua y aire plantean preocupaciones apremiantes que no pueden abordarse aisladamente. Las relaciones internacionales proporcionan un marco crucial para la cooperación entre naciones en la búsqueda de soluciones concretas.

Para enfrentar esta problemática, los estados deben adoptar un enfoque integral que involucre no solo medidas regulatorias y políticas a nivel nacional, sino también una colaboración internacional efectiva. La creación de foros internacionales de discusión y cooperación se convierte en una herramienta fundamental en la búsqueda de estrategias conjuntas. A través de estos foros, los estados pueden compartir investigaciones científicas, mejores prácticas y lecciones aprendidas, lo que en última instancia fomenta la implementación de políticas más efectivas y armonizadas.

En particular, el cadmio, plomo y mercurio han emergido como preocupantes protagonistas en el escenario de la contaminación ambiental. Estos metales pesados se caracterizan por su



alta biodisponibilidad, lo que significa que pueden acumularse en los ecosistemas y la cadena alimentaria, representando un riesgo significativo para la salud humana. La exposición a estos metales se ha relacionado con una serie de efectos adversos para la salud, que van desde problemas neurológicos hasta daños reproductivos.

La adopción de políticas emergentes es esencial para abordar esta problemática de manera proactiva. Los Estados deben considerar medidas que vayan más allá de las normativas existentes, con un enfoque en la prevención y la reducción de la exposición a estos metales. Esto podría incluir la promoción de tecnologías limpias en la producción industrial, la mejora de la gestión de desechos y la educación pública sobre los riesgos asociados con la exposición a metales pesados. La cooperación internacional también juega un papel fundamental en la mitigación de la contaminación por metales pesados. Los Estados pueden colaborar en la implementación de estándares globales de control de contaminación, intercambiar conocimientos y experiencias, y coordinar esfuerzos para monitorear y abordar la presencia de metales pesados en el medio ambiente.

El enfoque de este trabajo es resaltar cómo las universidades pueden liderar la búsqueda de soluciones efectivas. Mediante investigaciones interdisciplinarias, se puede profundizar en la comprensión de la dispersión de estos metales, sus efectos en la salud humana y ambiental, y las tecnologías para su detección y remediación. Además, las instituciones académicas desempeñan un papel crucial al formar a profesionales conscientes de esta problemática, quienes pueden impulsar el cambio en diversos campos, desde la medicina hasta la ingeniería ambiental.

La colaboración entre universidades a nivel nacional e internacional es esencial para abordar esta crisis de manera integral. Las instituciones pueden colaborar en la elaboración de políticas, compartir mejores prácticas y promover la adopción de tecnologías limpias y sostenibles en la industria y la producción. Este artículo destaca la importancia de la responsabilidad social de las universidades en la resolución de problemas globales, en este caso, la contaminación por metales pesados. En última instancia, se subraya la necesidad de una asociación sólida entre la academia, las relaciones internacionales y los responsables de la toma de decisiones, con el objetivo de impulsar acciones concretas y políticas que aborden esta amenaza en pro de la salud pública y la sostenibilidad del planeta.

Por lo tanto, la problemática de los metales pesados en el contexto de las Relaciones Internacionales subraya la necesidad de una respuesta global y colaborativa. Los Estados deben reconocer que la contaminación ambiental es una amenaza compartida que requiere soluciones compartidas. Mediante la cooperación internacional y la adopción de políticas responsables y proactivas, es posible abordar los desafíos de los metales pesados y salvaguardar la salud pública y el entorno natural para las generaciones presentes y futuras.

Distribución de los metales pesados y grado de afectación

Cadmio - Cd

El cadmio es un metal tóxico reactivo no-redox que en la mayoría de los suelos está presente en bajas concentraciones acumulándose continuamente de manera natural o antropogénica a través de fertilizantes fosfatados (Abeer et al., 2015). Es ampliamente utilizado en la industria



y productos agrícolas, esto ha conllevado a un progresivo aumento en su producción. El 5% del metal es reciclado y debido a su notable movilidad, provoca una importante contaminación ambiental (Reyes et al., 2016).

La sociedad en general está expuesta al cadmio por diversas vías: Oral, a través del agua y la ingesta de comida como hojas de vegetales, granos, cereales, frutas, vísceras animales y pescado, contaminada con este elemento (Nava-Ruíz & Méndez-Armenta, 2011). Por vía respiratoria, generada por la combustión de aceites y gasolinas, de allí que en zonas industriales se encuentra ampliamente disponible, se transporta a la sangre y se concentra en el sistema pancreático y renal especialmente. El cadmio tiene la capacidad de acumularse en estos órganos vitales lo que produce daños irreversibles aún en concentraciones reducidas. Por otra parte, el tiempo de permanencia de este metal en estos órganos puede ser muy elevado, con una vida media en el riñón de 30 años (Reyes et al., 2016).

Con respecto a los efectos de este metal se ha descrito que genera la producción de especies reactivas de oxígeno, daño al ADN e inhibición de la reparación del ADN lo que degenera en cáncer (Zhang y Reynolds, 2019). Este metal compite con el calcio y se ha descrito que es capaz de generar osteoporosis, osteomalacia y malformaciones en los huesos (Järup y Alfvén, 2004). También genera hipertensión, diabetes (Schwartz et al., 2003) y enfermedades renales (Suwazono et al., 2006).

El cadmio entra en la alimentación humana a través de los vegetales y productos animales. Se fija a las plantas más rápidamente que el plomo. Frutos y semillas contienen menos cadmio que las hojas. El pescado, los crustáceos, el riñón e hígado de animales acumulan cadmio en grado relativamente elevado (Ramírez, 2002). El Cd en exceso constituye una amenaza para el medio ambiente y la salud, debido a su potencial toxicidad y acumulación en la cadena alimenticia (Pietz et al., 1984; McLaughlin et al., 1999) y por ello se ha regulado su concentración en hortalizas, cereales, arroz, trigo, moluscos y cefalópodos (Tabla 1).

Tabla 1. Concentraciones máximas admisibles de Cadmio en diferentes alimentos. Información obtenida de CODEX-STAN-1995 última modificación al 2015 vs Reglamento (CE) No 1881/2006 de la Comisión Europea de 19 de diciembre de 2006.

Cd		
Nombre del producto básico/producto	Nivel máximo (NM) (mg/kg)	
	CODEX	CE
Hortalizas de tallos y brotes (alcachofas, apio, espárragos)	0,1	0,2
Cereales en grano	0,1	0,1
Arroz, pulido	0,4	0,2
Trigo	0,2	0,2
Moluscos marinos bivalvos	2	1,0
Cefalópodos	2	1,0

Plomo - Pb

El plomo y sus derivados se encuentran en todas partes del medio ambiente como en el aire, plantas, animales de uso alimentario, en el agua de los ríos, océanos y lagos, en el polvo y en el suelo (Llobet, Granero, Schuhmacher, & Corbella, 1998). Entre las fuentes de exposición a este metal están el plomo como aditivo antidetonante en la gasolina, baterías, monitores de computadores y pantallas de televisión, joyería, latas de conserva, tintes para el cabello, grifería, pigmentos, aceites, cosmetología, aleaciones, cerámicas, municiones, soldaduras, electrónicos (soldaduras), plumas, armamento, radiación atómica e insecticidas (Londoño-Franco, Ondoño-Muñoz, & Muñoz-García, 2016), así como en utensilios de cocina y juguetes (Rees & Richard, 2020)

El plomo es un metal potencialmente dañino que tiende a contaminar el ambiente por su acumulación en los suelos a causa de su baja solubilidad y relativa inmunidad a la degradación microbiológica, permaneciendo accesible en la cadena alimenticia jugando un rol esencial en el metabolismo humano (Estévez et al., 2000).

El plomo es absorbido por inhalación, ingesta y a través de la piel (Nava-Ruiz & Méndez-Armenta, 2011). Su absorción constituye un grave riesgo para la salud pública ya que tiende a distribuirse en diferentes órganos, tejidos, huesos y dientes, donde se va acumulando con el paso del tiempo (Sanín et al., 1998).

Provoca además retraso en el desarrollo mental e intelectual de los niños. Es una potente neurotoxina que causa daños irreparables al cerebro especialmente en menores de cinco años y particularmente destructivo para los bebés (UNICEF, 2020). Los niños con desnutrición son más vulnerables al plomo porque sus organismos tienden a absorber mayores cantidades de este metal en caso de carencia de otros nutrientes, como el calcio (WHO, 2019). En los adultos sus consecuencias están relacionadas a la hipertensión y enfermedades cardiovasculares (Londoño-Franco, Ondoño-Muñoz, & Muñoz-García, 2016). La intoxicación por plomo puede darse de manera indirecta por ingesta de animales o alimentos contaminados, procedentes de áreas ambientalmente expuestas a este metal.

En un estudio efectuado por UNICEF (2020) en México, revela que en el 2018 se perdió el equivalente a 8,9 millones de puntos de coeficiente intelectual entre los niños por la exposición a este metal presente tanto en el agua como en pinturas y la cerámica. Lo que indica que uno de cada tres niños, unos 800 millones en todo el mundo, tienen niveles de plomo en la sangre de cinco microgramos por decilitro, una cantidad peligrosa, y que constituye una escala de envenenamiento masivo como lo asegura un nuevo informe del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia y la organización Pure Earth (UNICEF, 2020). En un estudio efectuado en Georgia en el 2018, se descubrió que el 41% de los niños tenían niveles de plomo en sangre iguales o superiores a 5 µg / dL, aproximadamente diez veces más alta que la prevalencia encontrada en los países de ingresos más altos. Alrededor del 25% de los niños tenían niveles de plomo en sangre entre 5 - 10 µg / dL, mientras que el 16% tenía niveles de plomo en sangre mayores o iguales a 10 µg / dL. (Rees & Richard, 2020)

Si bien los niveles de plomo en la sangre han disminuido drásticamente en la mayoría de los países de altos ingresos desde la eliminación gradual de la gasolina con plomo y la mayoría de las pinturas a base de este metal pesado, los niveles en la sangre para niños en países de bajos y medianos ingresos se han mantenido elevados y, en muchos casos, peligrosamente altos, incluso una década después de la eliminación global de las gasolinas con plomo (UNICEF, 2020).

En este contexto, es importante considerar que la semivida del plomo circulante es de unos 25 días, la del plomo en los tejidos blandos de unos 40 días y la del plomo depositado en los huesos puede ser de hasta 30 años (Rubio, Gutiérrez, Martín-Izquierdo, & Lozano, 2004).

Por otro parte, pese a que existen niveles de concentraciones máximas permisibles establecidas por la Organización Mundial de la Salud y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en cuanto a la presencia de plomo en los alimentos, no todos los países realizan controles efectivos para el cumplimiento de estos estándares. Entre los productos estandarizados se encuentran la leche de vaca, carne de pescado, hortalizas, verduras y legumbres secas, grasas y aceites, incluida la grasa láctea, vinos, crustáceos, entre otros (Tabla 2).

Tabla 2. Concentraciones máximas admisibles de Plomo en diferentes alimentos. Información obtenida de CODEX-STAN-1995 última modificación al 2015 vs Reglamento (CE) No 1881/2006 de la Comisión Europea de 19 de diciembre de 2006.

Pb		
Nombre del producto básico/producto	Nivel máximo (NM) (mg/kg)	
	CODEX	CE
	Legumbres	0,2
Raíces y tubérculos (papas)	0,1	0,1
Fruta en conserva	0,1	0,1
Zumos (jugos) de fruta	0,03	0,05
Carne y grasa de aves de corral	0,1	0,1
Cereales	0,2	0,40
Cerdo, despojos comestibles de	0,5	0,5
Grasas y aceites comestibles	0,1	0,1
Leche	0,02	0,02
Preparados para lactantes y preparados para usos medicinales especiales destinados a los lactantes.	0,01	0,02
Pescado	0,3	0,3
Vino	0,2	0,2

Mercurio – Hg.

El mercurio es un tóxico ambiental que causa numerosos efectos adversos en la salud humana y en los ecosistemas naturales. Los factores que determinan la aparición de efectos adversos y su severidad son entre otros: la forma química del mercurio (elemental, inorgánico, orgánico), la dosis, la edad, la duración de la exposición, la vía de exposición y los factores ambientales, nutricionales y genéticos (González-Estecha, 2014)

La toxicidad del mercurio depende fundamentalmente de la fase química en la que se encuentre. En su estado elemental (metálico) se lo encuentra en amalgamas dentales, termómetros, fluorescentes y en el contexto de la minería del oro, cuando los mineros queman la amalgama de mercurio y oro (OPS-OMS, s/f). En su estado orgánico (unido a carbono) se lo encuentra como Metilmercurio cuya fuente de exposición principal es el pescado y mariscos, como Etilmercurio está presente en algunas vacunas especializadas para impedir la proliferación de bacterias y hongos. Se encuentra también como Fenilmercurio (antiséptico, colirios) y Merbromina (mercurocromo). En estado inorgánico (no unido a carbono) está presente en laxantes, polvos dentales en desuso, cremas y jabones blanqueadores (González-Estecha, 2014). El metilmercurio es una de las formas con elevada toxicidad y es muy fácilmente incorporado en la cadena alimenticia y bio-acumulado en seres vivos (Reyes, et al. 2016).

Cuando hablamos de daños a la salud, los riñones son los más afectados por exposición crónica al mercurio. Además, es activamente perjudicial para el sistema cardiovascular y puede ser cancerígeno. Afecta principalmente al sistema nervioso y puede producir graves daños en el cerebro en estado fetal como lo evidencia Grandjean et al., (1997) quien manifiesta que disfunciones neuropsicológicas relacionadas con el mercurio fueron más pronunciadas en los dominios del lenguaje, la atención y la memoria y, en menor medida, en las funciones visuoespaciales y motoras. Por inhalación pasa a la circulación sanguínea pulmonar y sistema nervioso central, los principales efectos del metilmercurio en adultos y embarazadas son neurológicos, conllevando a lesiones congénitas del sistema nervioso de los bebés (Reyes, et al. 2016). A nivel de los alimentos se encuentra el Hg regulado en peces como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Concentraciones máximas admisibles de Cadmio en diferentes alimentos. Información obtenida de CODEX-STAN-1995 última modificación al 2015 vs Reglamento (CE) No 1881/2006 de la Comisión Europea de 19 de diciembre de 2006.

Hg		
Nombre del producto básico/producto	Nivel máximo (NM) (mg/kg)	
	CODEX	CE
Peces depredadores: pez espada, tiburón, atún, entre otros.	1	



		1
Pescado excepto los peces depredadores	0,5	0,5

Algunos peces, especialmente aquellos de mayor edad o de gran tamaño como el pez espada, atún, marlín, y salmón acumulan mayor cantidad de mercurio (Guzzi & Gigatto, 2021). El ser humano puede absorber hasta el 95% de este tóxico presente en el pescado al ser consumido (SOMOS, 2022)

En la tabla 4 se observan algunos ejemplos de contaminación por metales pesados en los alimentos, donde se evidencia que algunos de ellos como el atún presentan contaminación multimetálica. También se evidencia la presencia de Cd y Pb en leche de vaca y en chocolate en polvo, con diferencias entre países y mayores concentraciones en países en vías de desarrollo que, posiblemente se deban a deficientes mecanismos de regulación gubernamental.

Tabla 4. Ejemplos de contaminación en los alimentos dependiendo del país de procedencia.

Alimento	País	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Autores
Atún	Ecuador	0.441±0.046 2.4±5.1	NA 0.07±0.06	NA 1.4±1.3	Flores <i>et al.</i> , 2018 Araujo & Cedeño-Macias, 2016
	España	0.015 ± 0.008	0.003 ± 0.013	NA	Nuñez <i>et al.</i> , 2018
	Italia	0.0295 ± 0.041	0.0128 ± 0.014	0.207 ± 0.18	Miedico <i>et al.</i> , 2020
	Golfo Pérsico	0.029 ± 0.002 0.084 ± 0.0005	0.154 ± 0.019 0.441 ± 0.025	NA	Ganjavi <i>et al.</i> , 2010
	Egipto	0.05±0.003	0.83±0.02	NA	Hussein & Khaled, 2014
	Océano Atlántico	0.15 ± 0.11	NA	NA	Chen <i>et al.</i> , 2018
	Océano Índigo	0.22 ± 0.19	NA	NA	Chen <i>et al.</i> , 2018
	Libia	0.18±0.08	0.28±0.07	0.29±0.12	Voegborlo & El-Methnani, 1999
	Sri Lanka	0.017±0.024		0.48 ± 0.35	Jinadasa <i>et al.</i> , 2019
	Irán	0.14	0.24	0.11	Rahmani <i>et al.</i> , 2018
USA	0.002	0.001	0.284	Ikem y Egiebor, 2005	
Turquía	0.01-0.02	0.09-0.45	0.06-0.30	Mol, 2011	
Chocolate en Polvo	Perú	2,260 ± 0.560	-	-	Laila et al., 2019
	Venezuela	1,833 ± 0,020	0,173 ± 0,012	-	Mounicou <i>et al.</i> , 2003
	Ecuador	0,738 ± 0,053	0,197 ± 0,000	-	Mounicou <i>et al.</i> , 2003
	Estados Unidos	0,700 ± 0,830	0,110 ± 0,100	-	Abt <i>et al.</i> , 2018
	Ecuador	0,610 ± 0,600	0,000 ± 0,000	-	Sánchez-Soledispa <i>et al.</i> , 2021
	Malasia	0,602 ± 0,073	0,227 ± 0,069	-	Mounicou <i>et al.</i> , 2003
	Ecuador El Oro	0,533 ± 0,016	0,011 ± 0,003	-	Mounicou <i>et al.</i> , 2003
	Malasia	0,330 ± 0,260	0,270 ± 0,220	-	Mohamed <i>et al.</i> , 2020
	Japón	0,320 ± 0,380	-	-	Yohei <i>et al.</i> , 2018
	Italia	0,159 ± 0,020	0,417 ± 0,032	-	Lo Dico <i>et al.</i> , 2018
	Polonia	0,153 ± 0,015	0,575 ± 0,014	-	Kruszewski <i>et al.</i> , 2018
	Ghana	0,133 ± 0,020	0,052 ± 0,010	-	Mounicou <i>et al.</i> , 2003
	Brasil	0,124 ± 0,003	0,150 ± 0,009	-	Alves Peixoto <i>et al.</i> , 2018; Peixoto et al., 2016
Brasil	0,081 ± 0,001	0,769 ± 0,154	-	Mounicou <i>et al.</i> , 2003	
Costa de Marfil	0,054 ± 0,014	0,191 ± 0,039	-	Mounicou <i>et al.</i> , 2003	
Leche de vaca	Ecuador	0,333±0,176	5,450±2,474	-	Pernía <i>et al.</i> , 2015
	Argentina	0.02 ± 0.01	-	-	Pérez-Carrera <i>et al.</i> , 2016



	Egipto	0.086±0.062	0.066±0.056	-	Enb <i>et al.</i> , 2009
	Italia	0,0002	0,00132	-	Licata <i>et al.</i> , 2004
	México	0,29	0,74	-	Rodriguez <i>et al.</i> , 2005
	Pakistán	0.044±0.002	0,047±0.005	-	Kazi <i>et al.</i> , 2009
	India	0.14-5.9	-	-	Zodape <i>et al.</i> , 2012
	Tanzania	0.003	0.02	-	Sager <i>et al.</i> , 2018

Los metales pesados y su incidencia en la historia a nivel mundial

A través de la historia se conocen casos concretos de contaminación por metales pesados, es así como en torno a los tres metales en referencia se muestran en la Tabla 5 los casos más conocidos en el siglo pasado. Tabla 5.

Tabla 5. Referencia de poblaciones afectadas por Cd, Pb y Hg a nivel global en los años 1900.

Año	Sitio	Caso	Muertos	Heridos
1968	Irak	Contaminación organomercurial en el pan (cereales).	500	> 5.000
1960	Bahía Minamata Japón	Peces contaminados con metilmercurio	3.000	>10.000
1975	USA	Niños-diversos grados de intoxicación pinturas con plomo.	200	800 daño cerebral >400.000
1945	Japón	Intoxicación masiva con cadmio, por consumo de arroz y agua contaminada	300	> 1.000
1970	Japón	Enfermedad Itai-Itai por cadmio.	180	7.000
1984	Bhopal, India	Fuga de metil isocianato	>2.500 >	10.000

Adaptado de Londoño-Franco, Ondoño-Muñoz y Muñoz-García (2016).

Por ello, varios organismos internacionales desde hace más de una década iniciaron procesos de diálogo entorno a esta temática. Esos espacios de diálogos se traducen en el Plan de Acción de la Cumbre Mundial de Desarrollo Sustentable referido en el Quinto Foro de Seguridad Química para el Desarrollo Sostenible organizado por la Organización Mundial de la Salud -WHO en Budapest, Hungría entre el 25 - 29 de septiembre de 2006. Entre lo establecido en el N.º 23 cita: “Resguardar el uso de materiales químicos durante su ciclo de vida y de desperdicios peligrosos para un desarrollo sustentable así como para la protección de la salud mundial y del medio ambiente”, que entre otras cosas, buscaba alcanzar, hacia el 2020, que todos los materiales químicos fueran utilizados y producidos reduciendo al mínimo los efectos adversos en la salud de la población y el medio ambiente, apoyando países en vías de desarrollo, fortaleciendo su capacidad de manipulación segura de materiales químicos y desperdicios peligrosos, prestando asistencia técnica y económica e incluyendo acciones a todo nivel (WHO, 2016).

El Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas – UNEP por sus siglas en inglés, trabajó en la revisión de información científica para la toma de decisiones necesarias en relación a la utilización de estos metales en la industria; por otra parte El Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional – SAICM, la Convención Transfronteriza a Largo-plazo de Contaminación del Aire de la UN- ECE también realizó algunos aportes (WHO, 2016).

Entre los esfuerzos internacionales por reducir el riesgo a la exposición del mercurio, se cita la Unión Europea según el Reglamento No 1102/2008 que estableció la prohibición a partir del 15 de marzo de 2011 de la exportación por parte de la Comunidad Europea de mercurio metálico y ciertos compuestos y mezclas de mercurio.

Entre el 17 al 21 de septiembre de 2012 se celebró la tercera sesión de La Conferencia Internacional sobre Gestión de los Productos Químicos en Nairobi (Kenya) y contó con la participación de más de 100 Gobiernos, 17 organizaciones intergubernamentales y más de 70 organizaciones no gubernamentales. En esta reunión se adoptó una estrategia formal para reforzar la participación del sector de salud en la implementación del SAICM (WHO, s/f).

Posteriormente, en octubre de 2013, se celebró la Convención de Minamata sobre mercurio, que lleva el nombre de la ciudad de Japón donde tuvo lugar el peor desastre medioambiental y de salud pública por contaminación de mercurio. El convenio incluye disposiciones sobre la industria minera, exportación e importación, almacenamiento y gestión de productos con mercurio, así como la reducción del uso de amalgamas dentales con mercurio con el fin de frenar el impacto ambiental y de salud por contaminación a exposición a este metal (González-Estecha et al., 2014). Además, el convenio estimula a las organizaciones de la sociedad civil de todos los países a participar en los esfuerzos destinados a lograr que los gobiernos adopten, ratifiquen y pongan en práctica las bases del convenio (Lee & Weinberg, 2014).

Green Cross Suiza en colaboración con el Instituto Blacksmith de Estados Unidos, en el 2013, 2016 y 2017 presentaron una lista de los diez lugares más contaminados del planeta, de los cuales el Cd, Hg y/o el Pb estaban presentes en 5 de ellos. Estudios recientes de varios autores confirman los datos de este informe con resultados similares en cuanto a los elevados índices de contaminación, lo que deja en evidencia los graves problemas que la contaminación del aire, agua y tierra provocan en la salud de millones de personas, así como el impacto a los ecosistemas naturales. Tabla 6.

Tabla. 6. Top 10 diez países más contaminados por Cd, Pb y Hg a nivel mundial

Ciudad/País	Afectación de Recursos	Fuente de contaminación	Metales Pesados	Referencias
Agbogbloshie de Acra, Ghana	Aire, agua y suelo	Vertedero de chatarra electrónica	Cd, Pb, Hg	Chasán, 2020
Karawang Regency, Indonesia	Río Citarun (agua, sedimentos y biota)	Industria textil, del papel y poliéster ¹ , pintura, alimentos y bebidas, así como las farmacéuticas ² .	Cd, Pb, Hg	S Shara et al 2021 ¹ ; Roosmini D. et al, 2006.
Haina, República Dominicana	Suelo	Fundición y reciclado de baterías	Pb	Kaul B., et al, 1999
Kalimantan, Indonesia	Agua y peces	Minería de oro a pequeña escala	Cd, Pb, Hg	Suyatna I., et al, 2015
Dzershinsk, Rusia	Aguas subterráneas	Productos químicos y subproductos tóxicos, plomo; fabricación de armas químicas e industriales.	Pb	Blacksmith Institute, 2007
Kabwe, Zambia	Suelo y agua	Extracción y fundido de plomo	Pb	Tembo, B.D, et al, 2006
Oroya, Perú	Aire, agua y suelo	Minería y procesamiento del metal	Pb	https://www.cdc.gov/nceh/ehs/docs/la_oroaya_report.pdf
Linfen, Prov. Shanxi, China	Aire, agua y suelo	Industrias, minas de carbón y tráfico	Pb	Aunan Kristin et al., 2004, Blacksmith Institute, 2006
Norilsk, Rusia	Aire, agua y suelo	Complejo mundial de fundición de metales pesados	Pb	Blais JM et al, 1999
Rudnaya Pristan/Dalnégorsk, Rusia	Suelo, aire, agua, polvo y jardines	Minería local y transporte del concentrado de Pb	Pb	von Braun et al, 2002

La contaminación por metales puede resultar en una serie de efectos en la salud y el medio ambiente, variando según el metal en cuestión. La toxicidad de estos elementos se encuentra influenciada por su naturaleza, cantidad y forma química, así como su concentración en los alimentos, la capacidad del organismo para enfrentar efectos sinérgicos o antagónicos con otros contaminantes químicos y su capacidad de acumulación en el cuerpo (Merieux NutriSciences, 2017). Los metales pesados generados por la industria química representan una amenaza latente para la sociedad.

La exposición laboral a elementos como mercurio, plomo y cadmio es una realidad presente en la actualidad. Un estudio llevado a cabo entre 2010 y 2015 en profesionales de Santiago de Cuba revela que la intoxicación por plomo está directamente relacionada con ocupaciones como la reparación de baterías, trabajos de plomería y soldadura. Por otro lado, se encontró que los profesionales afectados por mercurio estaban vinculados al ámbito de la atención estomatológica (Rodríguez H. D., 2017).

Green Peace Switzerland, Blacksmith Institute y WHO en el 2013 estimaban que en los países en vías de desarrollo más de 200 millones de personas están en riesgo por exposición a contaminación tóxica derivada de los metales pesados. Üstün et al. (2008) calculaba que una cuarta parte de cánceres pulmonares en todo el mundo son atribuidos a la contaminación ambiental siendo los países en vías de desarrollo los de más alto porcentaje; mientras que la WHO, (2013) señalaba que la población infantil es la más vulnerable atribuyendo el 33% de sus enfermedades a causas medioambientales. Por otro lado, en un artículo publicado por SOMOS (2022), expresa la asociación que tienen los metales pesados en la progresión neurodegenerativa de las enfermedades de Parkinson y Alkseimer, al aumentar la inflamación y muerte de las neuronas.

Otro estudio sobre las colillas de cigarrillos, también llamadas filtros, y que son el tipo más común de desechos plásticos (basado en acetato de celulosa) junto con nicotina, se demostró que también contienen metales pesados como plomo, cadmio y arsénico. La exposición al plomo (Pb) de las colillas de cigarrillos como coinciden otros investigadores, puede provocar problemas renales, cáncer y daño cerebral, especialmente en los niños. Pero aún más preocupante es que estos metales pesados pueden reaccionar con otros productos químicos al estar presentes en el ambiente, pudiendo transformarse en nuevas sustancias letales, que lo vuelven difícil de eliminar (Okoye U., 2022)

A este respecto, Zhou et al. (2020) en su estudio efectuado durante las últimas cinco décadas en cinco continentes manifiesta que los cuerpos de agua afectados por varios metales pesados, entre ellos el Cd y Pb, muestran concentraciones más altas en África, Asia y América del Sur, y más bajas en Europa y América del Norte. Por ejemplo, el Pb estaba presente en concentraciones que excedían los umbrales estándar de la OMS y la USEPA en América del Norte, en tanto que el Cd superaba los umbrales estándar en Europa. Tabla 7.

Tabla 7. Concentraciones de Cd y Pb en agua en 5 continentes monitoreadas entre 1972 a 2017, tomado de Zhou et al. 2020

Metales	África			Asia		Europa		Norte América		Sur América		
	PC1	PC2	PC3	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC3
Cd	0.43	0.73	0.15	0.11	0.78	-0.40	0.77	0.99	0.08	0.94	-0.23	0.23
Pb	0.48	0.73	-0.25	0.07	0.89	-0.48	0.73	0.98	0.13	0.97	-0.16	0.13

Como vemos a nivel mundial existen numerosos ríos contaminados por metales pesados, excediendo los límites máximos permisibles para uno o varios metales (Tabla 7). Según Zhou et al. (2020) las principales fuentes de metales difieren en los continentes en estudio: i) en África las fuentes son los fertilizantes y el uso de pesticidas, junto con la erosión de las rocas; ii) La minería, las fábricas y la erosión de las rocas fueron dominantes en Asia y Europa. iii) Mientras que, la minería y las fábricas, junto con el uso de fertilizantes y pesticidas, fueron las fuentes dominantes de metales pesados en América del Norte, mientras que, iv) cuatro fuentes (minería y fábricas, uso de fertilizantes y pesticidas, erosión de rocas y descarga de desechos) fueron responsables de la mayoría de los metales pesados en los cuerpos de agua de ríos y lagos de América del Sur. Tabla 8.

Tabla 8. Concentración de Cd, Pb y Hg en ríos a nivel mundial.

Nombre	País	Cd		Pb		Hg		Autores
		Agua (µg/L)	Sedimentos (µg/g)	Agua (µg/L)	Sedimentos (µg/g)	Agua (µg/L)	Sedimentos (µg/g)	
Río Salween	Tíbet	ND	-	318,000	-	ND	-	Huang et al., 2008
Río Ganga	India	5,000	-	135,000	-	-	-	Wasim Aktar et al., 2010
Río Ghaghara	India	-	0,280	-	14,200	-	-	Singh et al., 2017
Río Ganges	India	-	0,020-0,650	-	6,020-12,900	-	0,01-0,02	Mondal et al., 2020
Río Rupsa	Bangladesh	-	4,830	-	42,200	-	-	Proshad et al., 2019
Río Sudarban	Bangladesh	-	0,820	-	-	-	-	Islam et al., 2017
Río Yuxi	China	1	-	25,000	-	-	-	Lu et al., 2018
Río Longjiang	China	-	5368,000	-	-	-	-	Zhao et al., 2018
Río Terengganu	Malasia	0,362-24,530	0,340-0,520	0,022-4,540	0,051 - 24,850	0,009-0,21	0,007-0,590	Sultan et al., 2011
Río Yenshui	Taiwan	-	3,500	-	-	-	-	Tsai et al., 2007
Río Orontes	Turquía	ND-0,16	-	0,300-3,300	-	-	-	Kılıç y Can, 2017
Río Danubio	Europa	-	ND-25,900	-	14,700-107,600	-	ND-2,37	Woitke et al., 2003
Río Sena	Francia	-	1,800-130,000	-	108,000	-	1,080	Meybeck et al., 2007
Río Túr	Rumania	-	800,000	-	-	-	-	Osán et al., 2007
Río Gudiamar	España	-	16,400	-	-	-	-	Kraus & Wiegand, 2006
Río Wyścigi	Polonia	-	49,390	-	-	-	-	Wojtkowska et al., 2015
Río Indo	Pakistán	-	-	-	-	-	-	-
Río Nilo	Egipto	0.2-8.1	0,060	5,000-51,000	4,600	-	-	Abdel-Satar, 2005; Omar & Mahmoud, 2017
Río Manyame	Zimbabwe	1,4-7,6	-	29,000-170,000	-	-	-	Nhiwatiwa et al., 2011

Río Congo	República Democrática del Congo	-	0,020-6,550	-	2,360-200,890	-	0,020-4,920	Mata et al., 2020
Río Para	Ghana	-	7,200	-	132,000	-	-	Duncan et al., 2017
Río Mekong	Vietnam	-	0,080-0,310	-	12,200-30,600	-	-	Strady et al., 2017
Río Almendares	Cuba		4,400					Lima et al., 2005
Río Baluarte	México		0,090-0,640		18,160-38,460		0,100-0,470	Ruelas-Inzunza et al., 2011
Río Guayas	Ecuador	0,011	1,491-	-	-	-	-	Mero et al., 2019; Ramírez et al., 2016
Río Daule	Ecuador	0,011	1,922-					Mero et al., 2019; Ramírez et al., 2016
Río Babahoyo	Ecuador	ND	1,997-	-	-	-	-	Mero et al., 2019; Ramírez et al., 2016
Río Puyango	Ecuador	0,012-4,500	1,100-44,000	0,570-5,800	ND-3200	ND-3,300	ND-0,990	Tarras-Wahlberg et al., 2001
Río Taura	Ecuador		1,420-3,750					Arcos y Castro, 2005
Río Chimbo	Ecuador		0,090-0,800					Carpio, 2016
Río Ramis	Perú	ND-268	-	ND-103,000	-	ND-0,375	-	Gammons et al., 2006
Río Ipojuca	Brasil	-	0,160	-	36,700	-	-	Da Silva et al., 2019
Río Casqueiro	Brasil	-	1,630	-	-	-	-	Harris & Santos, 2000
Río Bogotá	Colombia	-	0,500-1,240	-	-	-	-	Lora & Bonilla, 2010
Río Copiapó	Chile	77	-	148,000	-	148	-	Pizarro et al., 2010
Río Huasco	Chile	93	-	292,000	-	6	-	Pizarro et al., 2010
Río Los Choros	Chile	ND	-	817,000	-	817	-	Pizarro et al., 2010
Río Rapel	Chile	45	-	281,000	-	281	-	Pizarro et al., 2010
Río Paraná	Argentina	ND	ND	0,150-0,800	4,260-14,200	ND	ND-0,054	Avigliano et al., 2019
Río de la Plata	Paraguay	ND	ND-0,110	0,21-0,27	ND-20,500	ND	0,120-0,160	Avigliano et al., 2019
LMP (OMS)		3,000	0,500 ^a	10,000	19,000 ^a	1,000		
LMP (USEPA)		5,000	0,640 ^b	15,000	30,200 ^b	2,000		

A nivel de América podemos citar varios casos puntuales de contaminación de fuentes hídricas. Por ejemplo, en Sur América la problemática fronteriza latente entre Ecuador y Perú por la contaminación del Río Puyango - Tumbes afectado por la actividad minera. Según Herrera & Lozano (2016) el hallazgo más importante encontrado fue el alto número de personas con elevadas concentraciones de plomo en sangre. En comunidades de Puyango las

concentraciones de Pb en agua (32.7 mg/L) sobrepasaron los límites recomendados por la OMS (10 mg/L), así como los niveles más altos de Pb en sólidos suspendidos (3972-5080 mg/L). En cuanto al Hg en la población las concentraciones fueron bajas, no así en los sedimentos.

Por esta razón la Federación de Agricultores de Tumbes junto a la Defensoría del Pueblo de Perú, en noviembre de 2018 presentaron ante la Organización de Estados Americanos una demanda contra el gobierno de Ecuador, la misma que en Julio de 2020 fue admitida por este organismo (La República, 2020).

Otro estudio efectuado en los afluentes superiores del Río Napo parte superior del Amazonas, por Velloso et al. (2020) sugiere que las actividades antropogénicas están introduciendo metales al ecosistema acuático, ya que algunos metales se encontraban hasta 500 veces por encima del máximo permitido según las normas ecuatorianas e internacionales para la preservación de la vida acuática. Los lugares cercanos a la minería y rellenos sanitarios presentaron las concentraciones más altas. En agua, Cd, Pb, Cu, Zn y Hg estuvieron en su mayoría por encima de los límites máximos permisibles, mientras que Cd en sedimento alcanzó concentraciones por encima del nivel de efecto probable. Así también, en el río Carrizal de Manabí, Ecuador, en un estudio efectuado por (Aveiga et al., 2022), se detectaron concentraciones que superaron los límites permisibles para Pb en agua y sedimentos, 0,41 mg/L y 0,03 mg/kg, respectivamente.

En Centroamérica Cubero (2019) cuantificó la presencia de los metales pesados como As, Hg, Pb, Cd y Cr en el Embalse de la Central Hidroeléctrica Platanar (CHP), cantón de San Carlos, Costa Rica, cuyos resultados presentaron un impacto moderado por contaminación según la EPA, sin embargo, el mercurio superó la concentración umbral australiana, así como los valores de referencia neerlandeses.

Si pasamos a Norte América la situación es similar Dennis et al. (2005) muestran que, para gran parte de esta región, la concentración de Hg en aguas superficiales está controlada por su topografía. Sin embargo, inexplicablemente el HgT más alto y las concentraciones de CH_3Hg^+ se ubicaron en regiones alejadas de fuentes puntuales obvias (minería e industrias químicas) demostrando que el HgT acuático y las concentraciones CH_3Hg^+ generalmente están bien correlacionados con COT y entre sí.

De lo antes expuesto, cabe mencionar que los metales pesados son ampliamente utilizados en la agricultura. De acuerdo a Gaur & Adholeya (2004), la disponibilidad de los metales pesados aumenta con la presencia de algunos fertilizantes como los nitrogenados que incluyen los nitratos de amonio (NH_4NO_3) y de sodio (NaNO_3); la urea ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$); el fosfato de amonio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$); los polifosfatos amónicos, entre otros, que aportan al suelo los nutrientes básicos para el desarrollo de las plantas.

Otras fuentes agrícolas contaminantes del suelo son el estiércol animal, y plaguicidas, aguas residuales agrícolas, industriales o urbanas, en los cuales el exceso de N y de metales pesados no sólo contaminan el suelo, sino que se constituyen en una amenaza para la seguridad alimentaria, la calidad del agua y la salud humana al entrar en la cadena alimenticia (FAO; GTIS, 2019).



A lo anteriormente descrito se suma la situación que se vivió a nivel mundial con el brote de la pandemia del Coronavirus (COVID-19), ya que en varios países como en Perú se alertó a las autoridades a atender de manera especial a las personas afectadas por metales pesados debiendo ser considerados entre los grupos vulnerables durante esta emergencia ya que "los metales afectan a todos los órganos y generan alteraciones en el sistema inmunológico, lo que provoca que éste no responda de una manera adecuada", por lo que la mejor medida de protección para las personas expuestas a metales pesados es el aislamiento antes que el uso de mascarillas y guantes (SERVINDI, 2020).

Si al problema de salud producto del COVID-19 le sumamos el problema de falta de accesibilidad a alimentos y/o el acceso a alimentos potencialmente contaminados por tóxicos derivados de los plaguicidas o de metales pesados que como ya se ha dicho a menudo van a parar a los cultivos agrícolas y terminan finalmente en la mesa de nuestros hogares, es doblemente preocupante que con el afán de reducir de la seguridad alimentaria en la población se termine por incrementar el número de personas afectadas por alimentos contaminados.

En un trabajo de investigación reciente efectuado por (Apraez, 2023) evidenció mediante recopilación bibliográfica de 76 investigaciones de 17 países que las concentraciones de cadmio y plomo en los granos de arroz representa un problema para la inocuidad alimentaria. La investigación determinó que las concentraciones excedieron la norma internacional con un 27% para cadmio y un 49% para plomo, respectivamente.

De igual manera, Senior et al. (2016) evidencia que en varias especies de peces como el atún, corvina, dorado y tilapia provenientes de un mercado de Machala – Ecuador, muestran contaminación por Pb y Hg, con concentraciones que superan las normas internacionales establecidas para consumo humano. El autor sugiere que la contaminación se deriva de aguas industriales y domésticas vertidas sin tratamiento a la zona costera, así como a la escorrentía de aguas de cultivo.

Según el informe de la Red Mundial por el Derecho a la Alimentación y a la Nutrición, 2020 ya antes de la pandemia a nivel global informaban que 135 millones de personas en 55 países se encuentran en grave inseguridad alimentaria aguda, a los que se suman 183 millones de personas "en condiciones de seguridad alimentaria estresada", *esto significa que están en riesgo de caer también en inseguridad alimentaria aguda* (FAO; CEPAL, 2020). Otro informe de (FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF, 2023) expresa que se prevé que casi 600 millones de personas padecerán subalimentación crónica en 2030, lo que representa unos 119 millones más que si no hubieran ocurrido ni la pandemia ni la guerra en Ucrania, lo que a su vez supone un enorme reto poder alcanzar la meta de los ODS para erradicar el hambre en el mundo.

Por lo expuesto se requiere redoblar esfuerzos por parte de la academia, del sector privado y en especial del sector público, conducente a minimizar el impacto de los metales pesados en la salud pública y el medio ambiente a través de políticas públicas claras que trasciendan de la letra muerta a la acción civil y pública. La urgencia de reducir las cantidades de metales pesados en la industria, en la minería, en el sector agropecuario y alimentario es una tarea

desde las más altas esferas ya que involucra a los tomadores de decisiones en el contexto internacional y redundante en acciones prácticas y concretas a nivel de países. Es imperante evitar los conflictos mineros por contaminación de los recursos hídricos y la importación de alimentos contaminados con metales pesados.

Material y métodos

Metodología

La presente investigación se sustenta en una metodología fundamentada que aprovecha datos provenientes del campo de estudio y de fuentes bibliográficas. Partiendo desde la construcción teórica, esta metodología se erige como el cimiento sólido que sostiene todo el estudio. En este sentido, la teoría se desarrolla en base a las percepciones de los sujetos considerados como participantes activos en el proceso investigativo relacionado con la problemática de los metales pesados y su influencia en la salud pública. Además, se explora cómo esta problemática adquiere relevancia en el contexto de las relaciones internacionales y cómo las instituciones académicas pueden contribuir en su mitigación.

Para alcanzar los objetivos planteados, se lleva a cabo la recopilación y procesamiento de datos proporcionados por la muestra de estudio seleccionada. Esta metodología permitirá definir con precisión los aspectos clave que conducen al logro de los objetivos planteados en esta investigación.

Diseño del Estudio e Investigación

El enfoque metodológico adoptado en este estudio es de carácter cuantitativo, basado en una investigación que abarca fuentes bibliográficas, trabajo de campo y un enfoque explicativo. En este contexto, la población de estudio se compone de individuos provenientes de diversos países, estableciéndose como un caso de estudio que guarda una relación intrínseca con el objeto y los objetivos de esta investigación.

La elección del enfoque cuantitativo se justifica por su idoneidad para medir y analizar datos objetivos y cuantificables relacionados con la presencia y efectos de los metales pesados. La investigación bibliográfica permite examinar y contextualizar el estado del arte en este campo, mientras que el trabajo de campo brinda la oportunidad de recoger datos empíricos que enriquecerán el análisis.

Dentro de esta estructura metodológica, se busca no solo comprender la magnitud de la problemática de los metales pesados en términos de salud pública y relaciones internacionales, sino también explorar cómo las universidades y la academia pueden contribuir activamente en su mitigación. En esencia, esta metodología holística busca arrojar luz sobre la complejidad de la interconexión entre la salud pública, las relaciones internacionales y el papel fundamental de la academia en la resolución de este desafío global.

Discusión

La investigación llevada a cabo en torno a los metales pesados Cd, Pb y Hg y su impacto en la salud pública en el contexto de las relaciones internacionales, ha dado lugar a hallazgos y perspectivas significativas. Esta sección aborda de manera detallada las implicaciones y los resultados de la investigación, así como su relevancia en el ámbito global y su relación con las recomendaciones previamente presentadas.

Repercusiones Globales de la Contaminación por Metales Pesados: La presencia de cadmio, plomo y mercurio en el medio ambiente ha desencadenado una serie de consecuencias negativas tanto para la salud humana como para los ecosistemas. La exposición crónica a estos metales pesados ha sido asociada a una variedad de enfermedades y trastornos en seres humanos, animales y plantas. Los resultados obtenidos en esta investigación confirman la gravedad de esta problemática, destacando la necesidad urgente de abordarla de manera colaborativa.

Relaciones Internacionales y Desafíos Comunes: La contaminación por metales pesados no reconoce fronteras nacionales, afectando a naciones y comunidades en diversas formas. La dimensión transnacional de esta problemática resalta la importancia de una cooperación global más sólida. La economía, el comercio internacional y la seguridad alimentaria están en riesgo debido a la contaminación por metales pesados. En este contexto, las recomendaciones propuestas adquieren un valor esencial, ya que buscan establecer directrices concretas que fomenten una respuesta conjunta y coordinada.

El Papel de la Academia en la Mitigación: La participación de las universidades como actores centrales en la mitigación de la contaminación por metales pesados es fundamental. La investigación científica proporciona la base para la comprensión y abordaje de esta problemática, mientras que la formación profesional garantiza la preparación de expertos capaces de enfrentar los desafíos presentes y futuros. Además, la influencia de las instituciones académicas en la formulación de políticas y su participación activa en relaciones internacionales son aspectos que pueden impulsar soluciones efectivas.

Coordinación Internacional y Acciones Concertadas: La colaboración global es un pilar esencial para abordar la contaminación por metales pesados de manera efectiva. La implementación de recomendaciones como la concientización pública, el monitoreo permanente de plomo en sangre y el cumplimiento de normas internacionales en el transporte y reciclaje de productos que contienen estos metales, requiere una acción concertada de gobiernos y organismos internacionales. La solidaridad y el compromiso entre naciones son elementos cruciales en la lucha contra esta amenaza compartida.

Fortalecimiento de la Salud Pública y el Sector Público: La salud pública debe ser una prioridad en la mitigación de la contaminación por metales pesados. Fortalecer los sistemas de salud para detectar, monitorear y tratar la exposición a estos elementos es esencial para reducir los riesgos asociados. Además, el fortalecimiento del sector público involucrado en la gestión y manejo de riesgos por metales pesados es un componente clave para garantizar la ejecución eficaz de políticas y regulaciones.

Implicaciones para un Futuro Sostenible: En última instancia, la discusión de esta investigación destaca la necesidad imperante de actuar en conjunto para salvaguardar la salud pública y el medio ambiente de los peligros ocasionados por los metales pesados. Las recomendaciones presentadas no solo apuntan a la mitigación de riesgos, sino también a la construcción de un futuro sostenible en el que la colaboración internacional y el compromiso

de la academia jueguen un papel crucial en la preservación de nuestro planeta y bienestar de las generaciones venideras.

Conclusiones

La investigación "Metales pesados Cd, Pb y Hg: Una problemática de salud pública en el contexto de las relaciones internacionales e importancia de la academia en su mitigación" ha explorado en profundidad las implicaciones de la presencia de cadmio (Cd), plomo (Pb) y mercurio (Hg) en el entorno global. A través del análisis riguroso de la literatura y datos empíricos, se han extraído conclusiones cruciales que ofrecen una perspectiva clara sobre los desafíos y oportunidades relacionados con estos metales pesados. Además, se han identificado recomendaciones concretas para abordar esta problemática de manera efectiva y colaborativa.

A nivel global es evidente el incremento de la contaminación por metales pesados, que afecta peligrosamente el medio ambiente comprometiendo la seguridad alimentaria y afectando drásticamente la salud humana. El patrón histórico demuestra que pese a los esfuerzos aislados que algunos países realizan por reducir los niveles de contaminación, los resultados no son los esperados.

Los encuentros internacionales no dan resultados ya que sucumben a las presiones de organismos transnacionales que en su afán de acumular capital a través del consumismo generalizado no reparan en las consecuencias que esto produce. Los estudios demuestran que los productos de consumo masivo como leche, carnes, chocolate, hortalizas y pescados se encuentran contaminados por Hg, Cd y Pb pese los estándares establecidos. El rol de las prácticas productivas tiene gran incidencia en la contaminación por metales pesados, por lo que deben multiplicarse los esfuerzos en prácticas más sostenibles.

Conclusiones Relevantes.

1. La Magnitud Global de la Contaminación por Metales Pesados: La investigación ha confirmado que la presencia de Cd, Pb y Hg representa una seria amenaza para la salud pública a nivel mundial. Estos elementos tóxicos no solo afectan a los seres humanos, sino que también causan daños en animales, plantas y ecosistemas acuáticos, generando un ciclo perjudicial que impacta múltiples sistemas biológicos.
2. Implicaciones en las Relaciones Internacionales: La contaminación por metales pesados trasciende fronteras nacionales, afectando a diversas naciones y comunidades de maneras distintas. Esto resalta la necesidad de una cooperación internacional más sólida para abordar este problema transnacional. Las consecuencias económicas y en términos de seguridad alimentaria subrayan la importancia de involucrar a los organismos internacionales en la mitigación de esta amenaza global.
3. Rol Central de las Universidades: Las instituciones académicas han surgido como actores cruciales en la mitigación de la contaminación por metales pesados. A través de la investigación científica, la formación profesional y la participación en políticas públicas y relaciones internacionales, las universidades tienen la capacidad de influir de manera significativa en la resolución de esta problemática.

Recomendaciones

Tomando en cuenta que los países con mayor índice de contaminación por metales pesados corresponden a los países en vías de desarrollo es necesario hacer conciencia social,



informando y educando a la población sobre las fuentes de exposición a estos metales y los peligros que conlleva el estar en contacto de forma recurrente y sin la adecuada protección. Impulsar, orientar y concretar acciones globales para minimizar los riesgos a la salud y al medio ambiente debido a la presencia de metales pesados. Se recomienda a los gobiernos realizar monitoreos permanentes de plomo en sangre especialmente en niños en los primeros años de escolaridad.

Se recomienda garantizar el cumplimiento del Convenio de Basilea en cuanto a normas internacionales de transporte, manipulación y reciclado de productos ya utilizados y que contienen mercurio, cadmio y plomo. Se recomienda realizar mayores controles en los campos de producción, así como el chequeo permanente de los productos que se disponen en el mercado en cuanto al cumplimiento de los límites máximos permisibles.

Fortalecer los sistemas de salud a fin de que estén equipados para detectar, monitorear y tratar la exposición a estos metales. En general fortalecer capacidades del sector público involucrado en la gestión y manejo de riesgos por metales pesados.

El análisis exhaustivo realizado en esta investigación sobre los metales pesados Cd, Pb y Hg en el contexto de la salud pública y las relaciones internacionales ha delineado un panorama desafiante. Basándonos en las conclusiones obtenidas y las recomendaciones presentadas, se proponen directrices fundamentales que apuntan a la mitigación de los riesgos inherentes a la contaminación por estos elementos tóxicos.

Se recomienda la creación de una plataforma internacional que promueva un enfoque colaborativo para abordar la contaminación por metales pesados. Esta plataforma debería incluir a gobiernos, organismos internacionales, académicos y expertos en salud pública, y trabajar en la formulación de regulaciones y estándares compartidos.

Se insta a una mayor inversión en investigación científica para comprender a fondo los efectos de la exposición a metales pesados en diferentes contextos. Los resultados de estas investigaciones deberían guiar la toma de decisiones y la implementación de políticas a nivel nacional e internacional.

Se debe priorizar la educación y la concienciación pública sobre los riesgos asociados con la exposición a metales pesados. Las universidades pueden desempeñar un papel vital al fomentar la comprensión de esta problemática entre las futuras generaciones y capacitar a profesionales para abordarla de manera efectiva.

Es esencial establecer incentivos y regulaciones más estrictas para la industria química y productiva, incentivando prácticas más limpias y sostenibles. La adopción de tecnologías limpias y la gestión adecuada de desechos son pasos esenciales para reducir la emisión de metales pesados al medio ambiente.

La investigación sobre los metales pesados Cd, Pb y Hg ha arrojado una luz incisiva sobre una problemática de salud pública y relaciones internacionales. Las conclusiones derivadas de esta investigación llaman a la acción concertada y coordinada a nivel global, con la academia desempeñando un papel crucial en la mitigación de esta amenaza. A través de una mayor colaboración, inversión en investigación y educación pública, es posible forjar un camino hacia un futuro más limpio y saludable para las generaciones venideras.

1. Concientización y Educación Pública: Dado que los países en vías de desarrollo enfrentan los índices más altos de contaminación por metales pesados, es crucial emprender una campaña de concientización a nivel global. Informar y educar a la población acerca de las fuentes de exposición y los peligros asociados con el contacto recurrente sin protección adecuada es esencial. Los gobiernos deben colaborar con instituciones académicas y

organizaciones no gubernamentales para difundir información precisa y promover hábitos seguros.

2. Acciones Globales para la Mitigación: La cooperación global es indispensable para minimizar los riesgos a la salud y al medio ambiente originados por la presencia de metales pesados. Se insta a los gobiernos, organismos internacionales y la sociedad civil a unirse en la implementación de medidas concretas. La colaboración entre naciones debe enfocarse en la regulación de la producción, transporte y reciclaje de productos que contienen Cd, Pb y Hg, en consonancia con el Convenio de Basilea.

3. Monitoreo de Plomo en Sangre y Cumplimiento Normativo: Los gobiernos deben asumir la responsabilidad de proteger a sus ciudadanos, especialmente a los niños en sus años tempranos de escolaridad. Se recomienda la realización de monitoreos permanentes de niveles de plomo en sangre para detectar exposiciones potenciales. Además, se debe garantizar el cumplimiento riguroso de normas internacionales en el transporte, manipulación y reciclaje de productos que contienen Cd, Pb y Hg.

4. Control y Cumplimiento en la Producción y Comercialización: Un escrutinio más riguroso en los campos de producción y una supervisión constante de los productos en el mercado son fundamentales para garantizar la seguridad del público. Se sugiere implementar controles más estrictos en la cadena de producción y verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles en los productos disponibles para consumo.

5. Fortalecimiento de los Sistemas de Salud: En el ámbito de la salud, es crucial fortalecer los sistemas de detección, monitoreo y tratamiento de exposiciones a metales pesados. Los profesionales de la salud deben recibir formación para identificar y abordar efectos derivados de la exposición. Los gobiernos y las instituciones académicas pueden colaborar para desarrollar protocolos de detección y tratamiento efectivos.

6. Fortalecimiento de Capacidad en el Sector Público: Se recomienda enfocar esfuerzos en el fortalecimiento de la capacidad del sector público encargado de gestionar y manejar riesgos por metales pesados. La formación y actualización constante de los profesionales involucrados en la toma de decisiones y ejecución de políticas es esencial para abordar de manera efectiva esta problemática.

Estas recomendaciones buscan trazar un camino hacia la mitigación de los riesgos ocasionados por los metales pesados Cd, Pb y Hg en el ámbito de la salud pública y las relaciones internacionales. La colaboración activa entre gobiernos, instituciones académicas y organismos internacionales es esencial para implementar estrategias eficaces que salvaguarden la salud de las generaciones presentes y futuras, promoviendo un entorno limpio y sostenible para todos.

Referencias bibliográficas

- Abdel-Satar, A. (2005). Water quality assessment of river Nile from Idfo to Cairo. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 31(2), 200–223.
- Abt, E., Fong Sam, J., Gray, P., & Robin, L. P. (2018). Cadmium and lead in cocoa powder and chocolate products in the US Market. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 11(2), 92–102. doi:<https://doi.org/10.1080/19393210.2017.1420700>



- Alves Peixoto, R. R., Oliveira, A., & Cadore, S. (2018). Risk assessment of cadmium and chromium from chocolate powder. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 11(4), 256–263. doi:<https://doi.org/10.1080/19393210.2018.1499676>
- Apraez, D. (2023). “Estudio sobre la prevalencia de metales pesados cadmio (Cd) y plomo (Pb) en arroz (*Oriza sativa* L.). Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/30253/1/UCE-FCQ-CQA-APRAEZ%20DIEGO.pdf>
- Araújo, C., & Cedeño-Macias, L. (2016). Heavy metals in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) landed on the Ecuadorian coast. *Science of the Total Environment*, 541, 149-154.
- Arcos, V., & Castro, R. (2005). Metales pesados en agua, sedimentos y organismos. *Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales*, 1(1), 103-120.
- Aunan, K., Fang, J., Vennemo, H., Oye, H., Kenneth, & Seip, H. (2004). Co-benefits of climate policy—lessons learned from a study in Shanxi, China. *Energy Policy*, 32(4), 567-581. doi:[https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00156-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00156-3)
- Aveiga, A., Banchón, C., Mendoza, L., Calderón, J., & Delgado, M. (2022). Distribución de metales pesados en agua, sedimentos y peces del río Carrizal, Ecuador. *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, XLIII(13-23). doi:versión impresa ISSN 1680-0338; versión On-line ISSN 2788-6050
- Avigliano, E., Monferrán, M. V., Sánchez, S., Wunderlin, D. A., Gastaminza, J., & Volpedo, A. V. (2019). Distribution and bioaccumulation of 12 trace elements in water, sediment and tissues of the main fishery from different environments of the La Plata basin (South America): Risk assessment for human consumption. *Chemosphere*, 236, 124394. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124394>
- Blacksmith, I. (2007). The World’s Worst Polluted Places: The Top Ten of The Dirty Thirty. Obtenido de <file:///C:/Users/matth/Downloads/P22JU5.pdf>
- Blais, J., Duff, K. E., Laing, T., & Smol, J. (1999). Regional Contamination in Lakes from the Noril'sk Region in Siberia, Russia. *Water, Air, & Soil Pollution*, 110, 389–404. doi:<https://doi.org/10.1023/A:1005059325100>
- Braun, M., Lindern, I., Khristoforova, N. K., Kachur, A. H., Yelpatyevsky, P. V., Elpatyevskaya, V. P., & Spalinger, S. M. (2002). Environmental Lead Contamination in the Rudnaya Pristan – Dalnegorsk Mining and Smelter District, Russian Far East. *Environmental Research*, 88(3), 164-73. doi:[10.1006/enrs.2002.4329](https://doi.org/10.1006/enrs.2002.4329).
- Byrne, J., Li, C., & Cun, Z. (2010). Linfen, China: Green Cities: an A-Z guide. Sage. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/229090786_Linfen_China
- Carpio, Y. (2016). Cuantificación de cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en agua, sedimento y plantas en el Río Chimbo del Cantón Marcelino Maridueña, Prov. Guayas. *Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Ecuador.*
- CDC/NCEH/DEEH/EHSB; Hubbard Brian. (2005). Development of an Integrated Intervention Plan to Reduce Exposure to Lead and Other Contaminants in the



- Mining Center of La Oroya, Perú. *USAID, Perú*. Obtenido de https://www.cdc.gov/nceh/ehs/docs/la_oroya_report.pdf
- Chen, C. Y., Chen, Y. T., Chen, K. S., Hsu, C. C., Liu, L. L., Chen, H. S., & Chen, M. H. (2018). Arsenic and five metal concentrations in the muscle tissue of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Atlantic and Indian Oceans. *Marine Pollution Bulletin*, *129*(1), 186-193.
- Cubero, A. V. (04 de 2019). “Identificación del peligro por contaminación de metales pesados y bacterias patógenas en los sedimentos del embalse de Central Hidroeléctrica Platanar de COOPELESCA R. L., Costa Rica”. Cartago.
- Da Silva, Y. J., Cantalice, J. R., Singh, V. P., Do Nascimento, C. W., Wilcox, B. P., & Bezerra Da Silva, Y. J. (2019). Heavy metal concentrations and ecological risk assessment of the suspended sediments of a multi-contaminated Brazilian watershed. . <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.42620>. *Acta Scientiarum - Agronomy*, *41*(1), 1–11.
- DENNIS, I. F., CLAIR, T. A., DRISCOLL, C. T., KAMMAN, N., CHALMERS, A., SHANLEY, J., . . . KAHL, A. S. (2005). Distribution Patterns of Mercury in Lakes and Rivers of Northeastern. *Ecotoxicology*, *14*, 113–123.
doi:<https://doi.org/10.1007/s10646-004-6263-0>
- Diario Oficial de la Unión Europea. (22 de 10 de 2008). REGLAMENTO (CE) No 1102/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativo a la prohibición de la exportación de mercurio metálico y ciertos compuestos y mezclas de. (*L 304/75*). Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1102&from=EN>
- Duncan, A., Vries, N., & Biritwum, K. (2017). Assessment of Heavy Metal Pollution in the Sediments of the Roanoke River. . *Water Air Soil Pollut*, *229*, 272.
doi:<https://doi.org/10.1130/abs/2017se-290796>
- Dwina, R., Indah, R., Suharyanto, Agus, S., & Fajar, H. (2006). Biomarker as an Indicator of River Water Quality Degradation. *PROC. ITB Eng. Science*, *38 B*(2), 115-122.
- Enb, A., Donia, A., Abd-Rabou, N., Abou-Arab, A., & El-Senaity, M. (2009). Chemical composition of raw milk and heavy metals behavior during processing of milk products. *Global Vet*(3), 268-275.
- FAO. (2023). El Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en el Mundo.
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. (2023). Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023. Urbanización, transformación de los sistemas agroalimentarios y dietas saludables a lo largo del continuo rural-urbano. Roma, FAO. doi:<http://doi.org/10.4060/cc6550es>
- FAO; CEPAL. (Mayo de 2020). Sistemas alimentarios y COVID-19 en América Latina y el Caribe: impacto y riesgos en el mercado laboral. (5). FAO, ECLAC. Obtenido de <https://www.cepal.org/en/publications/45651-food-systems-and-covid-19-latin-america-and-caribbean-ndeg-5-impact-and-risks>

- FAO; GTIS. (2019). La contaminación del suelo, una realidad oculta. (N. Rodríguez, M. McLaughlin, & Daniel Pennock, Recopiladores) Roma, Italia. Obtenido de <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- Flores, E., Pozo, W., Pernía, B., & Sánchez, W. (2018). Niveles de cadmio en atún fresco y enlatado para consumo humano en Ecuador. *MASKANA*, 9(2), 35–40. doi: <https://doi.org/10.18537/mskn.09.02.05>
- Gammons, C. H., Slotton, D. G., Gerbrandt, B., Weight, W., Young, C. A., McNearny, R. L., . . . & Tapia, H. (2006). Mercury concentrations of fish, river water, and sediment in the Río Ramis-Lake Titicaca watershed, Peru. *Science of the Total Environment*, 368, (2–3), 637–648. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.076>
- Ganjavi, M., Ezzatpanah, H., Givianrad, M., & Shams, A. (2010). Effect of canned tuna fish processing steps on lead and cadmium contents of Iranian tuna fish. . *Food Chemistry*, 118(3), 525-528.
- Gaur, A., & Adholeya, A. (2004). Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Current Science*, 86(4), 528-534.
- González-Estecha, M. B.-P.-P. (Nov. de 2014). Exposición al metilmercurio en la población general; toxicocinética; diferencias según el sexo, factores nutricionales y genéticos. 30(5). Madrid. doi:<http://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.30.5.7727>
- Grandjeanab, P., Weihe, P., F, R., Debes, F., Arakie, S., Yokoyama, K., . . . Dahl, R. (Noviembre-Diciembre de 1997). Cognitive Deficit in 7-Year-Old Children with Prenatal Exposure to Methylmercury. 19, 6, 417-428. doi:[https://doi.org/10.1016/S0892-0362\(97\)00097-4](https://doi.org/10.1016/S0892-0362(97)00097-4)
- Green Peace; Blacksmith Institute and WHO. (2013). *The world's worst polluted places 2013: Cleanup, progress and ongoing challenges*. Impreso y electrónico. Obtenido de <https://www.worstpolluted.org/docs/TopTenThreats2013.pdf>
- Guzzi, G., & Gigatto, A. R. (2021). Toxic effects of mercury in humans and mammals. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.127990
- Harris, R. R., & Santos, M. C. (2000). Heavy metal contamination and physiological variability in the Brazilian mangrove crabs *Ucides cordatus* and *Callinectes danae* (Crustacea: Decapoda). *Marine Biology*, 137(4), 691–703. doi:<https://doi.org/10.1007/s002270000382>
- Herrera, F., & Lozano, S. (2016). Informe Final de Tesis "Regimen de Responsabilidad Internacional de los estados: a propósito de los daños ambientales transfronterizos del Río Puyango Tumbes "014-2015.". Tumbes, Perú.
- Huang, X. S. (2008). Water quality in the Tibetan Plateau: Metal contents of four selected rivers. *Environmental Pollution*, 156(2), 270-277. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.02.014>
- Hussein, A., & Khaled, A. (2014). Determination of metals in tuna species and bivalves from Alexandria, Egypt . *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40(1), 9-17.



- Ikem, A., & Egiebor, N. O. (2005). Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(8), 771–787. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.11.002>
- Islam, M. A., Al-mamun, A., Hossain, F., Quraishi, S. B., Naher, K., Khan, R., . . . & Tamim, U. (2017). Contamination and ecological risk assessment of trace elements in sediments of the rivers of Sundarban mangrove forest, Bangladesh. *Marine Pollution Bulletin, In Press*, 1-11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.059>
- Järup, L., & Alfvén, T. (2004). Low Level Cadmium Exposure, Renal and Bone Effects—the OSCAR Study. *Biometals*, 17(5), 505–509.
- Jinadasa, B. K., Chaturika, G. S., Jayasinghe, G. D., & Jayaweera, C. D. (2019). Mercury and cadmium distribution in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) from two fishing grounds in the Indian Ocean near Sri Lanka. *Heliyon*, 5(6), e01875. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01875>
- Kaul, B., Sandhu, R. S., Depratt, C., & Reyes, F. (1999). Follow-up screening of lead-poisoned children near an auto battery recycling plant, Haina, Dominican Republic. *Environmental Health Perspectives: Children's health article*, 107(11). doi:<https://doi.org/10.1289/ehp.99107917>
- Kazi, T., Jalbani, N., Baig, J., Kandhro, G., Afridi, H. A., & Jamali, M. (2009). Assessment of toxic metals in raw and processed milk samples using electrothermal atomic absorption. *Food and Chemical Toxicology*, 47(9), 2163-2169.
- Kılıç, E. &. (2017). Determination of Spatiotemporal Variations in Heavy Metal Concentration through Orontes River. . *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(9), 1086. doi:<https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i9.1086-1093.1298>
- Kraus, U., & Wiegand, J. (2006). Long-term effects of the Aznalcóllar mine spill—heavy metal content and mobility in soils and sediments of the Guadiamar river valley (SW Spain). *Science of The Total Environment*, 367(2-3), 855–871. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.12.027>
- Kruszewski, B., Obiedziński, M. W., & Kowalska, J. (2018). Nickel, cadmium and lead levels in raw cocoa and processed chocolate mass materials from three different manufacturers. *Journal of Food Composition and Analysis*, 66, 127–135. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.12.012>
- La República. (31 de 07 de 2020). Tumbes: admiten demanda contra Ecuador por presunta contaminación del río Puyango. (B. R. @larepublica_pe, Recopilador) Perú. Recuperado el 07 de 03 de 2021, de <https://larepublica.pe/sociedad/2020/07/31/tumbes-admiten-demanda-contra-ecuador-por-presunta-contaminacion-del-rio-puyango-lrmd/?ref=lr>

- Laila, K., Zug, M., Alfredo, H., Yupanqui, H., Meyberg, F., Cierjacks, J. S., & Cierjacks, A. (2019). Cadmium Accumulation in Peruvian Cacao (*Theobroma cacao* L .) and Opportunities for Mitigation. *Water Air Soil Pollut*, 230(72).
- Lee, B., Joe, D. G., & Weinberg, J. (Mayo de 2014). *Introducción a la contaminación por mercurio y al Convenio de Minamata sobre mercurio para las ONG*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2020, de https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-booklet-hg-update-v1_6a-es-web.pdf
- Licata, P., Trombetta, D., Cristani, M., Giofrè, F., Martino, D., Calò, M., & Naccari, F. (2004). Levels of "toxic" and "essential" metals in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria. *Environment International*, 30(1), 1-6.
- Lima, L., Olivares-Rieumont, S., Columbie, I., de la Rosa Mederos, D., & Gil, R. (2005). Niveles de plomo, zinc, cadmio y cobre en el Río Almendares, Ciudad Habana, Cuba. *Rev. Inter. Cont. Amb.*, 21(3), 115–124.
- Llobet, J., Granero, S., Schuhmacher, M., & Corbella J, & D. (1998). Biological monitoring of environmental pollution and human exposure to metals in Tarragona, Spain. *Estimation of the dietary intake. Trace Elem Electroly.*, 15 (3)., IV, 136-141. Spain.
- Lo Dico, M. G. (2018). Toxic metal levels in cocoa powder and chocolate by ICP-MS method after microwave-assisted digestion. *Food Chemistry*(245), 1163–1168. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.052>
- Londoño-Franco, L., Ondoño-Muñoz, P., & Muñoz-García, F. (Julio - Diciembre de 2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *14(2)*, 145-153. Medellín. doi:10.18684/BSAA(14)145-153
- Lora, R., & Bonilla, H. (2010). Remediación de un suelo de la Cuenca Alta del Río Bogotá contaminado con los metales pesados cadmio y cromo. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(2), 61–70.
- Mata, H. K., Al Salah, D. M., N. G., Konde, J. N., Mulaji, C. K., Kiyombo, G. M., & Poté, J. W. (2020). Toxic metal concentration and ecotoxicity test of sediments from dense populated areas of Congo River, Kinshasa, Democratic Republic of the Congo. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 2, 83–90. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enceco.2020.07.001>
- Merieux NutriSciences. (04 de 04 de 2017). *Importancia de los “metales pesados” en los alimentos*. (B. Cooper, Editor) Obtenido de Importancia de los “metales pesados” en los alimentos: <https://www.merieuxnutrisciences.com/mx/news/importancia-de-los-%E2%80%9Cmetales-pesados%E2%80%9D-en-los-alimentos>
- Mero, M., Pernía, B., Ramírez-Prado, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larreta, E., & Egas, F. (2019). Concentration of cadmium in water, sediments, *eichhornia crassipes* and *pomacea canaliculata* in the Guayas (Ecuador) river and tributaries. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 35(3). doi:<https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.03.09>

- Meybeck, M., Lestel, L., Bonté, P., Moilleron, R., Colin, J. L., Rousset, O., . . . Thévenot, D. R. (2007). Historical perspective of heavy metals contamination (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) in the Seine River basin (France) following a DPSIR approach (1950–2005). *Science of The Total Environment*, 375(1-3), 204–231.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.12.017>
- Miedico, O. P., Moscatelli, S., Chiappinelli, A., Carosielli, L., & Chiaravalle, A. E. (2020). Lead, cadmium and mercury in canned and unprocessed tuna: six-years monitoring survey, comparison with previous studies and recommended tolerable limits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 94, 103638.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103638>
- Mol, S. (2011). Levels of selected trace metals in canned tuna fish produced in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1), 66–69.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.04.009>
- Mondal, P., Schintu, M., Marras, B., Bettoschi, A., Marrucci, A., Sarkar, S. K., . . . Biswas, J. K. (2020). Geochemical fractionation and risk assessment of trace elements in sediments from tide-dominated Hooghly (Ganges) River Estuary, India. *Chemical Geology*. 532, 119373. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2019.119373>
- Mounicou, S., Szpunar, J., Andrey, D., Blake, C., & Lobinski, R. (2003). Concentrations and bioavailability of cadmium and lead in cocoa powder and related products. *Food Additives and Contaminants*, 20(4), 343–352.
doi:<https://doi.org/10.1080/0265203031000077888>
- Nava-Ruíz, C., & Méndez-Armenta, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Archivos de Neurociencias*(16), 3, 140-147.
- Nhiwatiwa, T., Barson, M., Harrison, A. P., Utete, B., & Cooper, R. G. (2011). Metal concentrations in water, sediment and sharp-tooth catfish *Clarias gariepinus* from three peri-urban rivers in the upper Manyame catchment, Zimbabwe. *African Journal of Aquatic Science* <https://doi.org/10.2989/16085914.2011.636906>, 36(3), 243–252.
- Núñez, R., García, M. Á., Alonso, J., & Melgar, M. J. (2018). Arsenic, cadmium and lead in fresh and processed tuna marketed in Galicia (NW Spain): Risk assessment of dietary exposure. *Science of the Total Environment*, 627, 322–331.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.253>
- Okoye U., P. (25 de Abril de 2022). *Contaminación ocasionada por microplásticos y metales pesados presentes en las colillas de cigarros*. Obtenido de <https://acmor.org/publicaciones/contaminacion-ocasionada-por-microplasticos-y-metales-pesados-presentes-en-las-colillas-de-cigarros>
- Omar, W. A., & Mahmoud, H. M. (2017). Risk assessment of polychlorinated biphenyls (PCBs) and trace metals in River Nile up- and downstream of a densely populated area. *Environmental Geochemistry and Health*, 39(1), 125–137.
doi:<https://doi.org/10.1007/s10653-016-9814-4>

- OPS-OMS. (s/f). *Mercurio*. Recuperado el 23 de 08 de 2020, de https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=8865:2013-mercury&Itemid=675&lang=es
- Osán, J., Török, S., Alföldy, B., Alsecz, A., Falkenberg, G., Baik, S. Y., & Van Grieken, R. (2007). Comparison of sediment pollution in the rivers of the Hungarian Upper Tisza Region using non-destructive analytical techniques. *Spectrochimica Acta Part B Atomic Spectroscopy*, 62(2), 123–136. doi: <https://doi.org/10.1016/J.SAB.2007.02.005>
- Peixoto, R. R., Devesa, V., Vélez, D., Cervera, M. L., & Cadore, S. (2016). Study of the factors influencing the bioaccessibility of 10 elements from chocolate drink powder. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 41–47. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.02.002>
- Pérez-Carrera, A., Arellano, F., & Fernández-Cirelli, A. (2016). Concentración de oligoelementos en leche cruda de vacas del sureste de la provincia de Córdoba, Argentina. *Dairy Sci. & Technol.*, 96, 591–602. doi:<https://doi.org/10.1007/s13594-016-0290-5>
- Pernía, B., Mero, M., Bravo, K., Ramírez, N., López, D., Muñoz, J., & Egas, F. (2015). Detección de cadmio y plomo en leche de vaca comercializada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. *Rev. Cient. Cien. Nat. Ambien.*, 8(2), 81–86.
- Pizarro, J., Vergara, P. M., Rodríguez, J. A., & Valenzuela, A. M. (2010). Heavy metals in northern Chilean rivers: Spatial variation and temporal trends. *Journal of Hazardous Materials*, 181(1-3), 747–754. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.05.076>
- Proshad, R., Kormoker, T., & Islam, S. (2019). Distribution, source identification, ecological and health risks of heavy metals in surface sediments of the Rupsa River, Bangladesh. *Toxin Reviews*, 0(0), 1-25. doi:<https://doi.org/10.1080/15569543.2018.1564143>
- Prüss-Üstün, A., Bonjour, S., & Corvalán, C. (2008). “The impact of the environment on health by country: a meta-synthesis. *Environmental Health*, 25; 7:7. doi:<https://doi.org/10.1186/1476-069X-7-7>
- Prüss-Üstün, A., Bonjour, S., & Corvalán, C. (2008). The impact of the environment on health by country: a meta-synthesis. *Environmental Health*, 7(7). doi:[doi:10.1186/1476-069X-7-7](https://doi.org/10.1186/1476-069X-7-7)
- Ramírez, A. (2002). *Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos*, 63(1), 51 - 64. (U. N. Marcos, Recopilador) doi:ISSN 1025 - 5583
- Ramírez, N. P., Mero, M., Larretaa, E., Noboa-Cárdenas, A., Ramírez-Moreira, L., López, D., . . . Castro, R. (2016). *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1828) como bioindicador de la presencia de cadmio en el río Guayas, Daule y Babahoyo. *Rev. Cient. Cien. Nat. Ambien.*, 10(1), 19–28.

- Rees, N., & Richard, F. (2020). *The Toxic Truth: Children's Exposure to Lead Pollution Undermines a Generation of Future Potential*. Obtenido de <https://www.unicef.org/media/73246/file/The-toxic-truth-children%E2%80%99s-exposure-to-lead-pollution-2020.pdf>
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz-Lagos, M., & González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16 (2), 66-77.
- Rodríguez, H. D. (12 de 2017). Intoxicación Ocupacional por metales pesados. 21(12). Santiago de Cuba. Recuperado el 01 de 03 de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012
- Rodríguez, H., Sánchez, E., Rodríguez, M., Vidales, J., Acuña, K., Martínez, G., & Rodríguez, J. C. (2005). *Metales pesados en leche cruda de bovino*. Obtenido de Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición: <http://www.respyn.uanl.mx/vi/4/articulos>
- Rubio, C., Gutiérrez, A., Martín-Izquierdo, R., C., R., & Lozano, G. y. (2004). El plomo como contaminante alimentario. *Revista de Toxicología*, 21(2-3), 72-80. doi: 0212-7113
- Ruelas-Inzunza, J. G.-R.-N.-J. (2011). Biomonitoring of Cd, Cr, Hg and Pb in the Baluarte River basin associated to a mining area (NW Mexico). . *Science of the Total Environment*, 409(18), 3527-3536.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.05.035>
- Sager, M., McCulloch, C. R., & Schoder, D. (2018). Heavy metal content and element analysis of infant formula and milk powder samples purchased on the Tanzanian market: International branded versus black market products. *Food Chemistry*, 255, 365-371. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.058>
- Sánchez-soledispa, C. E., Zambrano-vera, D. C., Arévalo-castro, O., & Pernía, B. (2021). Study of Heavy Metal Concentrations in Powdered Chocolate Marketed in Guayaquil, Ecuador. *Investigation*, 16, 62-77.
doi:<https://doi.org/10.31095/investigatio.2021.16.6>
- Sanín, L., Gonzales-Coccío, Romieu, I., & Hernández-Ávila, M. (27 de 04 de 1998). Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud. Morelos, Cuernavaca, México. Obtenido de <https://www.scielosp.org/article/spm/1998.v40n4/359-368/>
- Schwartz, G., Il'Yasova, D., & Ivanova, A. (2003). Urinary Cadmium, Impaired Fasting Glucose, and Diabetes in the NHANES III. *Diabetes Care*, 26(2), 468-470.
- Senior, W., Cornejo, M., Tobar, J., Ramírez, M., & Márquez, A. (2016). Metales pesados (cadmio, plomo, mercurio) y arsénico en pescados congelados de elevado consumo en el Ecuador. *Zootecnia Tropical*, 34(2), 143-153.
- SERVINDI. (1 de 04 de 2020). *Afectados por metales pesados son más vulnerables ante el COVID-19*. Obtenido de <https://www.servindi.org/actualidad-noticias/31/03/2020/peruanos-afectados-por-metales-pesados-vulnerables-ante-el-covid-19>



- Shara, S., Moersidik, S., & Soesilo, T. E. (2021). Potential health risks of heavy metals pollution in the Downstream of Citarum River. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ.*, 623. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/623/1/012061>
- Singh, H., Pandey, R., Singh, S. K., & Shukla, D. N. (2017). Assessment of heavy metal contamination in the sediment of the River Ghaghara, a major tributary of the River Ganga in Northern India. *Applied Water Science*, 7(7), 4133–4149. doi:<https://doi.org/10.1007/s13201-017-0572-y>
- SOMOS. (31 de Mayo de 2022). Cómo evitar los metales pesados y su riesgo neurodegenerativo. Recuperado el 15 de Junio de 2023, de <https://www.somos.me/blog/como-evitar-los-metales-pesados-y-su-riesgo-neurodegenerativo>
- Strady, E., Dinh, Q. T., Némery, J., Nguyen, T. N., Guédron, S., Nguyen, N. S., . . . Nguyen, P. D. (2017). Spatial variation and risk assessment of trace metals in water and sediment of the Mekong Delta. *Chemosphere*, 179, 367–378. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.105>
- Sultan, K., Shazili, N. A., & Peiffer, S. (2011). Distribution of Pb, As, Cd, Sn and Hg in soil, sediment and surface water of the tropical river watershed, Terengganu (Malaysia). *Journal of Hydro-Environment Research*, 5(3), 169–176. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jher.2011.03.001>
- Suwazono, Y. S., Vahter, M., Filipsson, A. F., Skerfving, S., & Lidfeldt, J. &. (2006). Benchmark dose for cadmium-induced renal effects in humans. *Environ Health Perspect.*, 114(7), 1072-6. doi:DOI: 10.1289/ehp.9028
- Suyatna, I., Sulistyawati, Adnan, A., Syahrir, M., Ghitarina, G., Abdunnur, A., & Saleh, S. (s.f.). Heavy metal levels in water and fish samples from coastal waters of Mahakam Delta, Kutai Kartanegara District, East Kalimantan, Indonesia. *AACL Bioflux*, 10(5), 1319-1329.
- Tarras-Wahlberg, N. H., Flachier, A., Lane, S. N., & Sangfors, O. (2001). Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: The Puyango River basin, southern Ecuador. *Science of the Total Environment*, 278, 239–261. doi: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00655-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00655-6)
- The World Health Organization. (2013). Obtenido de [http:// www.who.int/gho/phe/en/](http://www.who.int/gho/phe/en/)
- Tsai, L., Yu, K., & Ho, S.-T. (2007). Cadmium distribution in sediment profiles of the six main rivers in southern Taiwan. *Journal of Hazardous Materials*, 148(3), 630–639. doi:<https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2007.03.024>
- UNEP. (2020). United Nations Environment Programme. *An Assessment Report on Issues of Concern: Chemicals and Waste Issues Posing Risks to Human Health and the Environment*. doi:ISBN No: 978-92-807-3808-7
- UNICEF. (29 de 07 de 2020). *A third of the world's children poisoned by lead, new groundbreaking analysis says UNICEF*. Obtenido de <https://www.unicef.org/press-releases/third-worlds-children-poisoned-lead-new-groundbreaking-analysis-says>



- UNICEF. (29 de 07 de 2020). *Un tercio de los niños del mundo están envenenados con plomo, revela estudio de UNICEF*. Obtenido de Noticias ONU - Salud:
<https://news.un.org/es/story/2020/07/1478121>
- Velloso, M., Capparella, G., Massaine, Moulatleta, de Souza, D. M., Abessae, O., . . . Cipriani-Avila, I. (2020). An integrative approach to identify the impacts of multiple metal contamination sources on the Eastern Andean foothills of the Ecuadorian Amazonia. *Science of the total environment*, 709, 136088.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136088>
- Voegborlo, R., & El-Methnani, A. (1999). Mercury, cadmium and lead content of canned tuna fish. *Food Chemistry*. 67(4), 341-345.
- Wasim Aktar, M., Paramasivam, M., Ganguly, M., Purkait, S., & Sengupta, D. (2010). Assessment and occurrence of various heavy metals in surface water of Ganga river around Kolkata: A study for toxicity and ecological impact. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160 (1-4), 207-213. doi:
<https://doi.org/10.1007/s10661-008-0688-5>
- WHO. (23 de 9 de 2016). Metales pesados: ¿necesidad de más acciones? *V Foro Intergubernamental de Seguridad Química*. Budapest, Hungría.
- WHO. (23 de 08 de 2019). *Intoxicación por plomo y salud*. Obtenido de
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- WHO. (s/f). Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional. Recuperado el 23 de 08 de 2020, de
<https://www.who.int/ipcs/saicm/saicm/es/>
- Woitke, P., Wellmitz, J., Helm, D., Kube, P., Lepom, P., & Litheraty, P. (2003). Analysis and assessment of heavy metal pollution in suspended solids and sediments of the river Danube. . *Chemosphere*, 51(8), 633-642. doi: [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00217-0](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00217-0)
- Wojtkowska, M., Karwowska, E., Chmielewska, I., Bekenova, K., & Wanot, E. (2015). Copper and cadmium in bottom sediments dredged from Wy ś cigi Pond , Warsaw , Poland — contamination and bioaccumulation study. . *Environ Monit Assess*, 187, 737. doi:<https://doi.org/10.1007/s10661-015-4945-0>
- Yohei, K., Takahiro, W., Kyoko, H., & Hiroshi, A. (2018). Surveillance of Cadmium Concentration in Chocolate and Cocoa Powder Products Distributed in Japan. . *Food Hyg. Saf. Sci.* , 59(6), 269-274. doi:<https://doi.org/10.3358/shokueishi.59.269>
- Zhang, H., & Reynolds, M. (2019). Cadmium exposure in living organisms: A short review. *Science of The Total Environment*.
doi:<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.04.395>
- Zhao, X., Yao, L., Ma, Q., Zhou, G., Wang, L., & Fang, Q. (2018). Chemosphere Distribution and ecological risk assessment of cadmium in water and sediment in Longjiang River , China : Implication on water quality management after pollution accident. *Chemosphere*, 194, 107-116.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.127>



Zhou, Q., Yang, N., Li, Y., Ren, B., Ding, X., Bian, H., & Yao, X. (2020). Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00925.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00925>

Zodape, G., Dhawan, V., & Wagh, R. (2012). Determination of metals in cow milk collected from Mumbai city, India. *Srilanka: Eco Revolution Colombo*, 9, 270-274.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.