

# Contenido de metales pesados en peces y mariscos consumidos en el Ecuador: Una Revisión sistemática

## Heavy Metal Content in Fish and Shellfish Consumed in Ecuador: A Systematic Review

Enríquez, Miguel<sup>1\*</sup>; Quinchiguango, Roger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

Recibido: 16/01/2025 | Aceptado: 30/05/2025 | Publicado: 27/06/2025

Correspondencia\*: [menriquez@uea.edu.ec](mailto:menriquez@uea.edu.ec)

### RESUMEN

La contaminación por metales pesados en peces y mariscos constituye un problema crítico que compromete la seguridad alimentaria y la salud humana en Ecuador. Metales como el mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As) se acumulan en los ecosistemas acuáticos mediante procesos de bioacumulación y biomagnificación, lo que incrementa su concentración a lo largo de la cadena alimentaria. El estudio evidencia una preocupante bioacumulación de metales pesados en especies acuáticas, especialmente en *Thunnus albacares* y *Anadara similis*, con niveles de Hg (9,60 mg/kg) y As (16,99 mg/kg) que superan los límites normativos. La revisión PRISMA garantizó la calidad de los estudios analizados, destacando el impacto de la contaminación en zonas petroleras. La biomagnificación del mercurio y la capacidad de los moluscos bivalvos como bioindicadores subrayan la necesidad de monitoreo ambiental. Estos hallazgos refuerzan la importancia de regulaciones estrictas para mitigar riesgos en la salud humana y la seguridad alimentaria.

**Palabras clave:** Acuicultura; bioacumulación; contaminación marina; metales pesados; salud pública

### ABSTRACT

Heavy metal contamination in fish and shellfish is a critical issue that compromises food safety and human health in Ecuador. Metals such as mercury (Hg), lead (Pb), cadmium (Cd), and arsenic (As) accumulate in aquatic ecosystems through bioaccumulation and biomagnification processes, increasing their concentration along the food chain. The study reveals a concerning bioaccumulation of heavy metals in aquatic species, particularly in *Thunnus albacares* and *Anadara similis*, with Hg (9.60 mg/kg) and As (16.99 mg/kg) levels exceeding regulatory limits. The PRISMA review ensured the quality of the analyzed studies, highlighting the impact of contamination in oil-producing areas. The biomagnification of mercury and the capacity of bivalve mollusks as bioindicators underscore the need for environmental monitoring. These findings reinforce the importance of strict regulations to mitigate risks to human health and food safety.

**Keywords:** Aquaculture; bioaccumulation; marine contamination; heavy metals; public health

**Cómo citar este artículo:** Enríquez, M. & Quinchiguango, R. (2025). Contenido de metales pesados en peces y mariscos consumidos en el Ecuador. Una Revisión sistemática. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 6(1), 67-79. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v6i1.293>

## 1. INTRODUCCIÓN

El consumo de peces y mariscos en Ecuador es fundamental para la dieta y la cultura alimentaria del país, especialmente en las zonas costeras, donde su ingesta es mayor (Berrezueta Arce et al., 2024). Ecuador es un actor clave en la producción y exportación de camarón, con una industria pesquera y acuícola esencial para la economía nacional (Consuegra Moran & Peña Bohórquez, 2024). Entre los productos más consumidos se encuentran el camarón, la langosta, el cangrejo, la corvina, el atún y la tilapia. Estos alimentos ofrecen importantes beneficios nutricionales, siendo ricos en proteínas, ácidos grasos omega-3, vitaminas y minerales que contribuyen a la salud cardiovascular y el desarrollo cognitivo (Piñeiro Corrales, 2009). No obstante, la sostenibilidad de la pesca y la acuicultura enfrenta desafíos como la sobrepesca, el cambio climático y la contaminación, en especial la causada por metales pesados (Hernández Barrero et al., 2024).

La contaminación por metales pesados en ecosistemas acuáticos es una preocupación creciente, ya que afecta tanto la biodiversidad marina como la salud pública (Horna & Gutierrez, 2024). Elementos como el mercurio (Hg), cadmio (Cd), plomo (Pb) y arsénico (As) pueden encontrarse en bajas concentraciones en el agua, pero al acumularse en los organismos acuáticos, representan un riesgo significativo (Hernández Barrero et al., 2024). Estos metales ingresan a los cuerpos de agua a través de desechos industriales, actividades mineras y agrícolas, lo que provoca su acumulación en sedimentos y su posterior absorción por peces y mariscos (Rodríguez Bravo, 2021). La persistencia de estos contaminantes en el ambiente dificulta su degradación y amplifica su impacto ecológico (Castro López & Castillo Rodríguez, 2024).

Los procesos de bioacumulación y biomagnificación explican cómo los metales pesados incrementan su concentración en la cadena trófica (Monteiro da Silva et al., 2021). La bioacumulación ocurre cuando un organismo absorbe contaminantes a un ritmo mayor del que puede eliminarlos, mientras que la biomagnificación hace referencia al aumento progresivo de estos contaminantes a medida que se trasladan a niveles tróficos superiores (Piñeiro Corrales, 2009). Esto significa que los peces depredadores y los seres humanos, ubicados en la cúspide de la cadena alimentaria, pueden estar expuestos a concentraciones peligrosas de metales pesados debido al consumo de especies contaminadas (Senior, 2015).

El consumo de peces y mariscos contaminados con metales pesados está asociado con diversos efectos adversos para la salud humana, como daños neurológicos, renales y cardiovasculares (Robles Urgilez, 2024). El mercurio puede afectar el sistema nervioso, especialmente en fetos y niños pequeños, mientras que el cadmio y el plomo se acumulan en los órganos, interfiriendo en funciones metabólicas esenciales (López Medina, 2013). El arsénico, por su parte, ha sido vinculado con enfermedades crónicas, incluyendo ciertos tipos de cáncer (Salas & Peiró, 2013). Debido a estos riesgos, organismos internacionales como la OMS han establecido límites máximos permisibles de metales pesados en productos marinos, aunque estudios han demostrado que en diversas regiones del mundo estos niveles son superados (CODEX, 1999).

Dada la gravedad de la contaminación por metales pesados y sus implicaciones para la salud y el ambiente, el presente estudio busca identificar la presencia y concentración de estos contaminantes en mariscos y peces en Ecuador (Enriquez Estrella, 2022). Con esta información, se pretende generar estrategias de mitigación que contribuyan a la protección de la salud pública y la sostenibilidad de los ecosistemas marinos. Además, los hallazgos servirán como base científica para el desarrollo de políticas ambientales y sanitarias, beneficiando a comunidades costeras, gobiernos y organizaciones dedicadas a la conservación de los recursos marinos.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Esta revisión sistemática se realizó siguiendo las directrices de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page et al., 2021), misma que se describe a continuación:

### **2.1. Criterios de inclusión**

Se consideraron artículos originales de investigación, revisiones sistemáticas, metaanálisis, tesis y normas, que se desarrollaron en los últimos 10 años (2014 - 2024). Asimismo, se tomó en cuenta estudios centrados en metales pesados en mariscos y peces, realizados en Ecuador, con la temática de metales pesados, bioacumulación, contaminación marina, salud pública, acuicultura.

### **2.2. Criterios de exclusión**

Se excluyó estudios que no sean artículos originales de investigación, revisiones sistemáticas, metaanálisis, tesis o normas, y los estudios que no estén comprendidos entre los años 2014 y 2024, y los artículos científicos que no hayan desarrollado en Ecuador.

### **2.3. Aplicación de los criterios**

La búsqueda de literatura se realizó en las bases de datos electrónicas: PubMed, Scopus, Web of Science, Scielo, Redalyc y Google Scholar, se utilizó términos clave y sus combinaciones con operadores booleanos (and, or, not). Asimismo, la búsqueda se realizó en inglés y español, utilizando el Thesaurus FSTA (Food Science and Technology Abstracts).

### **2.4. Selección de estudios**

Fase 1. Cribado según los títulos y resúmenes: Se revisaron los títulos y resúmenes de los estudios encontrados para determinar si cumplían con los criterios de inclusión.

Fase 2. Evaluación de textos completos: Los estudios preseleccionados en la fase 1 fueron evaluados en su totalidad para confirmar su elegibilidad.

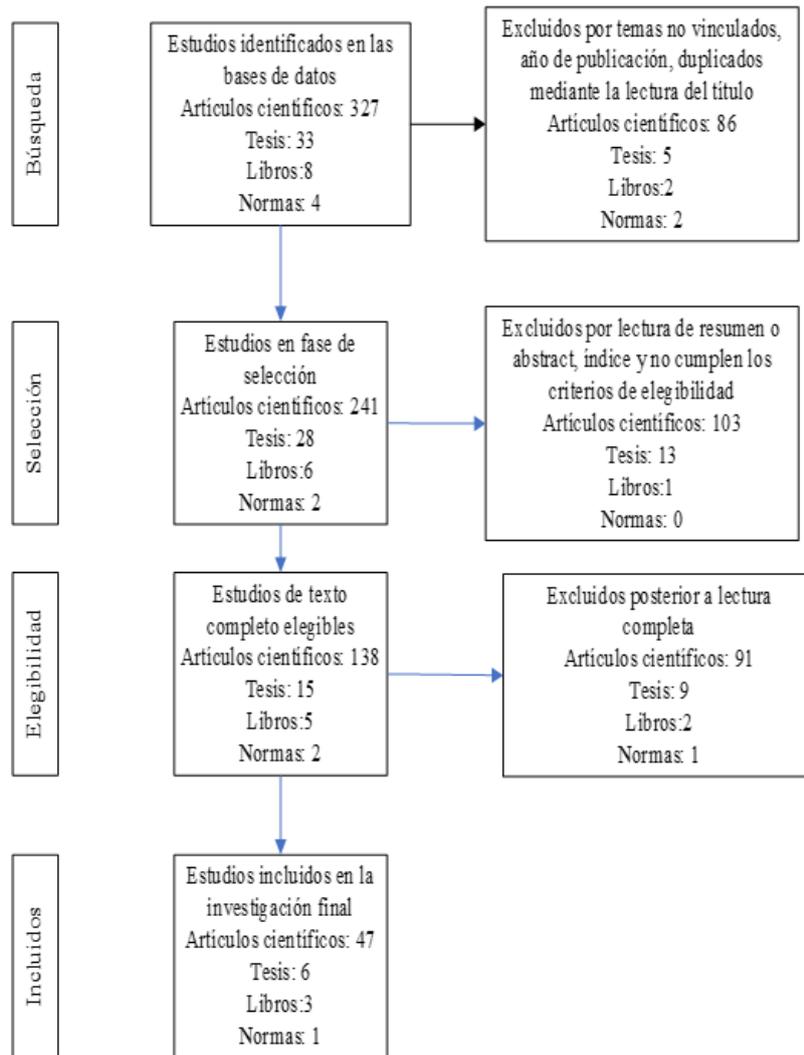
### **2.5. Síntesis del artículo**

Parte 1: Identificación de estudios de metales en peces. Se identificaron los estudios relevantes que investigan la presencia de metales pesados en peces y mariscos.

Parte 2: Análisis de las concentraciones de los metales. Se analizaron las concentraciones de los metales pesados en los peces y mariscos de los estudios seleccionados.

### **2.6. Diagrama de flujo PRISMA**

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo PRISMA, que representa el proceso de selección de estudios en esta revisión sistemática. Este diagrama sigue las etapas clave de la metodología PRISMA: búsqueda, selección, elegibilidad e inclusión.



**Figura 1.** Diagrama de flujo de la declaración PRISMA para la selección de investigaciones

### 3. RESULTADOS

El proceso de selección de los documentos incluidos en este estudio fue riguroso y sistemático, siguiendo una metodología precisa para garantizar la calidad de las fuentes. En el caso de las tesis, se identificaron inicialmente 37 documentos, de los cuales 32 superaron la fase de selección, lo que representó una reducción del 13,51 %. Sin embargo, en la fase de elegibilidad, el número se redujo significativamente en un 40,63 %, quedando únicamente 19 tesis elegibles. Finalmente, solo 8 tesis fueron incluidas en el análisis, reflejando una disminución acumulada del 57,89 % en esta etapa.

En cuanto a los libros, de 9 identificados inicialmente, 7 avanzaron a la fase de selección, con una reducción del 22,22 %. Durante la fase de elegibilidad, se consideraron aptos 6 libros, lo que implicó una reducción moderada del 14,29 %. Al final, solo 4 libros fueron incorporados al estudio, lo que representó una disminución total del 33,33 % en esta categoría.

Por otro lado, se revisaron las normas relacionadas con los requisitos para peces y mariscos, siendo este el grupo con menor cantidad de documentos analizados. De las 4 normas identificadas inicialmente, 2 avanzaron tras la fase de selección, evidenciando una reducción del 50%. Este número se mantuvo constante en la fase de elegibilidad, pero en la etapa final solo una norma fue incluida, lo que implicó una reducción adicional del 50 %.

El cálculo de los documentos legibles y no legibles, incluyendo artículos científicos, tesis, libros y normas, se realizó mediante Microsoft Excel. Sin embargo, la decisión de inclusión o exclusión de los documentos se llevó a cabo manualmente, tras una evaluación detallada que incluyó la revisión del tema, el resumen o, en algunos casos, la lectura completa del material.

La tabla 1 presenta un resumen detallado de los estudios sobre la presencia de metales pesados en diversas especies de mariscos y peces. Estos estudios se han llevado a cabo en diferentes hábitats acuáticos, tanto de agua salada como de agua dulce, y abarcan una variedad de metales como mercurio (Hg), cobre (Cu), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), entre otros. Las especies con mayor acumulación de metales pesados fueron *Thunnus albacares* (atún aleta amarilla), con concentraciones de mercurio (9,60 mg/kg) y cadmio.

El uso de la declaración PRISMA en esta investigación permitió realizar una selección rigurosa y minuciosa de los estudios, lo que aseguró la inclusión exclusiva de trabajos relevantes y de alta calidad. Este enfoque fortaleció la confiabilidad de los resultados obtenidos. Las mayores exclusiones ocurrieron durante las fases de elegibilidad y lectura completa, lo que refleja el rigor aplicado para garantizar que solo estudios fundamentados y pertinentes fueran considerados en el análisis final.

En esta revisión sistemática, se identificaron y analizaron las especies de peces y mariscos del Ecuador en relación con sus concentraciones de metales pesados, un problema preocupante vinculado a la contaminación en zonas petroleras.

**Tabla 1.** Contenido de metales pesados en peces y mariscos

Especie	Nombre científico	Metal	Concentración (mg/kg)	Hábitat	Referencia	Límite Permisible (mg/kg)	Organismo Regulador
Almeja molusco bivalvo	<i>Anadara grandis</i>	Hg	4,65	Agua salada	(Tamayo León, 2021)	0,5	CE N° 1881/2006
Almeja molusca	<i>Prothothaca aspérrima</i>	Cu	14,05			10	ISP Chile
		Cr	0,92			0,5	CE N° 1881/2006
Almejas	<i>Mytella guyanensis</i>	As	11,17	Agua salada	(Senior, 2015)	1	CE N° 1881/2006
		Ni	3,69	a		0,5	CE N° 1881/2006
Atún	<i>Katsuwonus pelamis</i>	Pb	0,228	Agua salada	(Nieto Campozano, 2021)	0,3	CE N° 1881/2006
		Cd	0,0904	a		0,1	CE N° 1881/2006
Atún	<i>Thunnus albacares</i>	Cd	0,042	Agua salada	(Chávez Santana, 2021)	0,1	CE N° 1881/2006
		Pb	0,037	a		0,3	CE N° 1881/2006
Atún aleta amarilla	<i>Thunnus albacares</i>	Hg	9,6	Agua salada	(Araújo & Cedeño-Macias, 2016)	0,5	CE N° 1881/2006
		Cd	1,21	a		0,1	CE N° 1881/2006
Atún aleta dorado	<i>Coryphaena hippurus</i>	Pb	0,093	Agua salada	(Araújo & Cedeño-Macias, 2016)	0,3	CE N° 1881/2006
Atún	<i>Thunnus obesus</i>	As	5,7	Agua salada	(Senior, 2015)	1	CE N° 1881/2006
		Pb	0,19	a		0,3	CE N° 1881/2006

Baboso	<i>Awaous banano</i>	Al	< 100	Agua dulce	(Correa Cruz et al., 2015)	10	ISP Chile
		Cu	3,1			10	ISP Chile
Bagre	<i>Pimellodela sp</i>	Al	100	Agua dulce	(Correa Cruz et al., 2015)	10	ISP Chile
		Zn	3,2			50	ISP Chile
Bocachico	<i>Ichthyoceph as humeralis</i>	As	0,19	Agua dulce	(Alcívar Choes, 2015)	1	CE N° 1881/2006
		Pb	0,07			0,3	CE N° 1881/2006
		Hg	0,33	NR	(Guapi Alava et al., 2022)	0,5	CE N° 1881/2006
		Pb	0,27			0,3	CE N° 1881/2006
Cagua	<i>Gobiomorus maculatus</i>	Al	100	Agua dulce	(Correa Cruz et al., 2015)	10	ISP Chile
		Cu	4,3			10	ISP Chile
Calamar	<i>Dosidicus Gigas</i>	Cd	0,11	Agua salada	(Calero Almeida, 2023)	0,1	CE N° 1881/2006
		Pb	0,42			0,3	CE N° 1881/2006
Camarón blanco	<i>Litopenaeus Vannamei</i>	Cd	0,0231	Agua salada	(Avila Franco, 2021)	0,1	CE N° 1881/2006
		Pb	0,2142			0,3	CE N° 1881/2006
Campeche	<i>Pterygoplich thys pardalis</i>	As	0,12	Agua dulce	(Alcívar Choes, 2015)	1	CE N° 1881/2006
		Pb	0,07			0,3	CE N° 1881/2006
Carachama	<i>Squamata emarginatus</i>	Cu	1	Agua dulce	(López Medina, 2013)	10	ISP Chile
Concha molusco	<i>Anadara similis</i>	Cu	5,86	Agua salada	(Tamayo León, 2021)	10	ISP Chile
		Zn	73,15			50	ISP Chile
Concha molusco	<i>Anadara tuberculosa</i>	Cd	0,76	Agua salada	(Sánchez Aldás et al., 2024)	0,1	CE N° 1881/2006
		Pb	0,06			0,3	CE N° 1881/2006
Concha Negra	<i>Anadara similis</i>	As	16,99	Agua salada	(Senior, 2015)	1	CE N° 1881/2006
		Cd	0,716			0,1	CE N° 1881/2006
Corvina	<i>Cynoscion phoxocephal us</i>	As	12,92	Agua salada	(Senior, 2015)	1	CE N° 1881/2006
		Hg	3,39			0,5	CE N° 1881/2006
Dama	<i>Brycon alburnus</i>	As	0,12	Agua dulce	(Alcívar Choes, 2015)	1	CE N° 1881/2006
		Pb	0,08			0,3	CE N° 1881/2006
		Hg	0,42		(Guapi Alava et al., 2022)	0,5	CE N° 1881/2006
		As	0,4			1	CE N° 1881/2006
Dorado	<i>Coryphaena hippurus</i>	As	4,54	Agua salada	(Senior, 2015)	1	CE N° 1881/2006
		Hg	2,57			0,5	CE N° 1881/2006
Guaña	<i>Chaestostom a marginatum</i>	Al	< 100	Agua dulce	(Correa Cruz et al., 2015)	10	ISP Chile
		Zn	6,8			50	ISP Chile
Guanchich e	<i>Hoplias malabaricus</i>	Zn	35	Agua dulce	(López Medina, 2013)	50	ISP Chile

La presencia de metales pesados en organismos acuáticos es un indicador clave de la contaminación ambiental en ecosistemas marinos y de agua dulce. Estos metales, como el mercurio (Hg), el plomo (Pb), el cadmio (Cd), el arsénico (As), entre otros, pueden acumularse en los tejidos de los organismos y representar un riesgo para la salud humana cuando se consumen productos pesqueros contaminados. La regulación de estos metales mediante normativas internacionales, como la Comisión Europea (CE N° 1881/2006) y el Instituto de Salud Pública de Chile (ISP Chile), busca garantizar la seguridad alimentaria y la protección del medio ambiente. En este contexto, en la figura 2 se realiza una comparación entre las concentraciones de metales pesados detectadas en diferentes especies de peces y moluscos con los límites permisibles establecidos por organismos reguladores. La representación gráfica de estos datos permite identificar aquellas especies que superan los valores de referencia y que, por lo tanto, pueden representar un peligro potencial tanto para la fauna acuática como para los consumidores humanos.

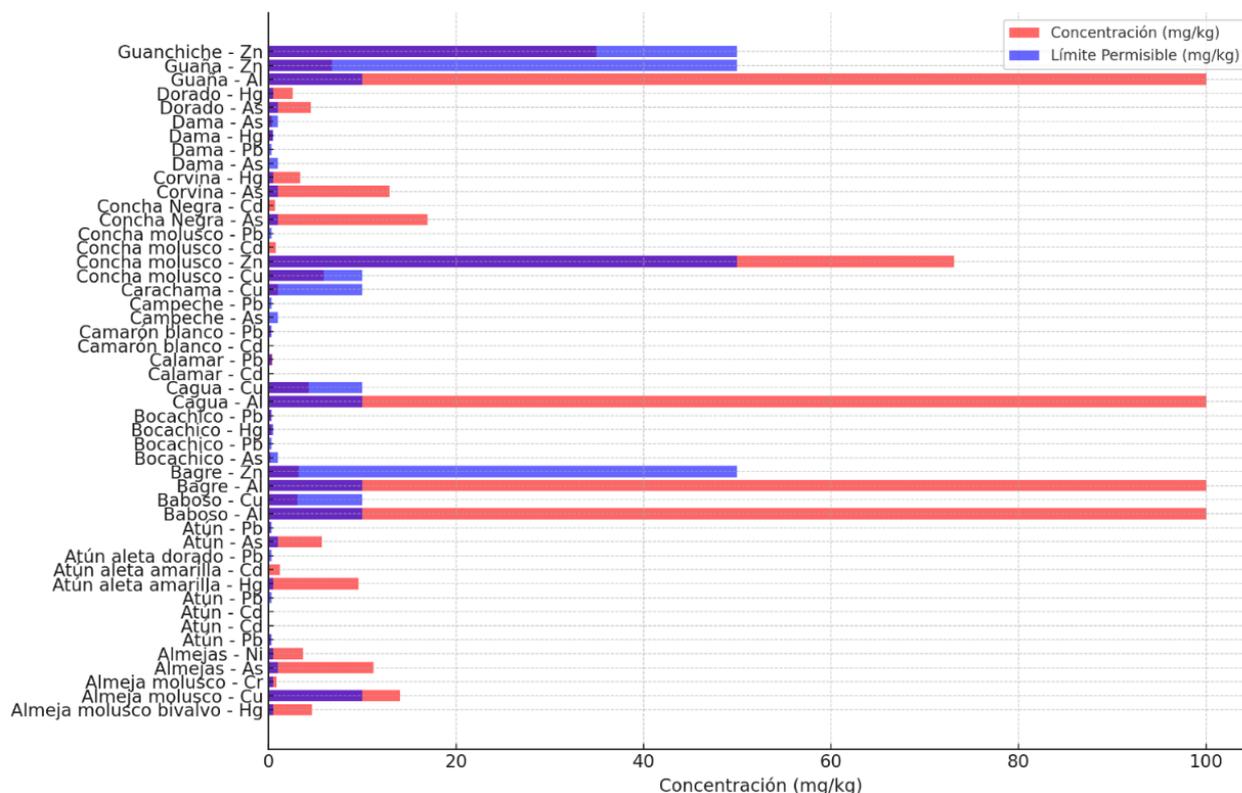


Figura 2. Comparación de concentraciones de metales con límites permisibles

#### 4. DISCUSIÓN

Este estudio se centró en la identificación y análisis de metales pesados en peces y mariscos, con especial atención a especies marinas como *Thunnus albacares* (atún aleta amarilla) y *Anadara similis* (almejas). Los resultados revelaron una alta acumulación de mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As) en estas especies, destacando concentraciones de Hg de 9,60 mg/kg y Cd de 1,21 mg/kg en *Thunnus albacares*, y As de 16,99 mg/kg en *Anadara similis*. Estos hallazgos sugieren un significativo nivel de bioacumulación de metales pesados en especies marinas en comparación con las de agua dulce (Enríquez, 2018).

Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con la literatura científica que reporta la alta capacidad de bioacumulación de metales pesados en organismos acuáticos, especialmente en aquellos que se encuentran en ambientes contaminados (Zavala Hernández, 2007). Específicamente, la acumulación de mercurio (Hg) y cadmio (Cd) en especies marinas, como

*Thunnus albacares*, destaca la relevancia de estos metales como indicadores críticos de contaminación ambiental. Este fenómeno es particularmente alarmante debido a la capacidad del mercurio de biomagnificarse a lo largo de la cadena trófica, incrementando su concentración en especies de niveles tróficos superiores (Pérez Yañez, 2020).

En consonancia con estos hallazgos, la investigación también pone de relieve la capacidad de los moluscos bivalvos, como *Anadara similis* y *Prothothaca aspérrima*, para acumular altos niveles de arsénico (As) y cobre (Cu), lo que respalda su uso como bioindicadores de la calidad del agua. No obstante, la variabilidad en las concentraciones de metales observadas puede estar influenciada por diversos factores como la edad, el tamaño, la dieta de los organismos, y la ubicación geográfica (Vargas Licona & Marrugo Negrete, 2019).

La exposición a metales pesados como Hg, Pb, Cd y As puede tener graves consecuencias para la salud humana. El mercurio, especialmente en su forma metilada (metilmercurio), es altamente tóxico y puede causar daños neurológicos severos, afectando el desarrollo cognitivo, especialmente en fetos y niños pequeños (Castillo, 2010). El plomo puede causar daños al sistema nervioso central, riñones y sistema cardiovascular, y es particularmente peligroso para los niños, ya que puede afectar su desarrollo mental y físico. El cadmio puede inducir disfunciones renales, problemas óseos y cáncer, mientras que el arsénico está asociado con cáncer de piel, pulmones y vejiga (Accostupa Quispe & Mamani Mamani, 2012).

Los grupos más vulnerables a la exposición a metales pesados incluyen mujeres embarazadas, niños pequeños, y comunidades que dependen del pescado como fuente principal de proteína (Cadavid-Muñoz & Arango-Ruiz, 2021). Las mujeres embarazadas y los niños son especialmente sensibles a los efectos neurotóxicos del mercurio, y se recomienda que eviten consumir especies de pescado con altas concentraciones de este metal (Escobar Sánchez, 2011).

Al comparar los valores detectados con los límites permisibles establecidos por la OMS, FAO y el CODEX Alimentarius, se observa que varias concentraciones superan los niveles recomendados para el consumo humano: Mercurio (Hg): La concentración de Hg en *Thunnus albacares* (9,60 mg/kg) excede significativamente el límite permisible de 0,5 mg/kg establecido por el CODEX Alimentarius. Cadmio (Cd): La concentración de Cd en *Thunnus albacares* (1,21 mg/kg) también supera el límite permisible de 0,1 mg/kg. Arsénico (As): La concentración de As en *Anadara similis* (16,99 mg/kg) excede el límite permisible de 1 mg/kg.

Estos hallazgos son alarmantes y sugieren que las especies marinas en ciertas áreas pueden estar expuestas a niveles peligrosos de contaminación por metales pesados, representando un riesgo significativo para la salud pública (CODEX, 1999).

Estudios previos han reportado hallazgos similares. Por ejemplo, Zhou et al., (2018) han destacado la biomagnificación del mercurio en la cadena trófica. Además, Rosenzweig & Solecki (2019) han señalado la capacidad de los moluscos para acumular metales pesados como una herramienta valiosa para el monitoreo ambiental. Monteiro da Silva et al. (2021) han indicado que, aunque los organismos de agua dulce suelen presentar menores niveles de contaminación en comparación con los marinos, aún están expuestos a riesgos significativos.

## CONCLUSIONES

Este estudio identificó y analizó la presencia de metales pesados en peces y mariscos, revelando una alta acumulación de mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As) en estas especies. Se destacaron concentraciones de Hg de 9,60 mg/kg y Cd de 1,21 mg/kg en *Thunnus albacares* (atún aleta amarilla), y As de 16,99 mg/kg en *Anadara similis* (almejas). Estos hallazgos indican un

significativo nivel de bioacumulación de metales pesados en especies marinas en comparación con las de agua dulce.

La exposición a metales pesados como Hg, Pb, Cd y As puede tener graves consecuencias para la salud humana. El mercurio, especialmente en su forma metilada (metilmercurio), es altamente tóxico y puede causar daños neurológicos severos, afectando el desarrollo cognitivo, especialmente en fetos y niños pequeños. El plomo puede causar daños al sistema nervioso central, riñones y sistema cardiovascular, y es particularmente peligroso para los niños, ya que puede afectar su desarrollo mental y físico. El cadmio puede inducir disfunciones renales, problemas óseos y cáncer, mientras que el arsénico está asociado con cáncer de piel, pulmones y vejiga.

Al comparar los valores detectados con los límites permisibles establecidos por la OMS, FAO y el CODEX Alimentarius, se observa que varias concentraciones superan los niveles recomendados para el consumo humano. La concentración de Hg en *Thunnus albacares* (9,60 mg/kg) excede significativamente el límite permisible de 0,5 mg/kg establecido por el CODEX Alimentarius. La concentración de Cd en *Thunnus albacares* (1,21 mg/kg) también supera el límite permisible de 0,1 mg/kg. La concentración de As en *Anadara similis* (16,99 mg/kg) excede el límite permisible de 1 mg/kg. Estos hallazgos son alarmantes y sugieren que las especies marinas en ciertas áreas pueden estar expuestas a niveles peligrosos de contaminación por metales pesados, representando un riesgo significativo para la salud pública

## FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio.

## CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Software, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición: Enríquez, M. & Quinchiguango, R.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accostupa Quispe, G., & Mamani Mamani, R. (2012). *Análisis Físico-Químico del agua subterránea para consumo humano, cuantificación de elementos químicos altamente tóxicos, arsénico, Cromo, Cadmio. Plomo por el método espectrofotométrico de absorción atómica en Distrito de Anta.*
- Alcívar Choes, G. M. (2015). *Evaluación del contenido de metales pesados en peces de agua dulce (Bocachico, campeche y dama) en la zona de influencia de la U.T.E.Q.*
- Araújo, C. V. M., & Cedeño-Macias, L. A. (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.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.090>
- Avila Franco, G. T. (2021). *Evaluación de metales pesados plomo y cadmio en camarón (Litopenaeus Vannamei) expendido en la ciudad de Manta, Ecuador.*
- Berrezueta Arce, L. M., Jordán Barrezueta, C. E., Palma Castillo, J. S., & Briones Morales, V. E. (2024). Análisis de sugerencia de pirámide nutricional para mejorar el sistema alimentario en región costera ecuatoriana. *FACSALUD-UNEMI*, 8(15), 127–134.

<https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol8iss15.2024pp127-134p>

- Cadavid-Muñoz, N., & Arango-Ruiz, Á. (2021). El mercurio como contaminante y factor de riesgo para la salud humana. *Revista Lasallista de Investigación*, 17(2), 280–296.  
<https://doi.org/10.22507/rli.v17n2a21>
- Calero Almeida, V. A. (2023). *Paper review: Contaminación de metales pesados en el Ecuador, un análisis químico, ambiental, toxicológico, normativo y analítico*.  
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26409>
- Castillo, E. (2010). *Determinación de Zn, Pb, Cd, Cu, Cr, Se y Hg en cabello y horina de niños con síndrome de espectro autista mediante técnicas de espectroscopía atómica*.
- Castro López, C. R., & Castillo Rodríguez, L. M. (2024). Contaminantes orgánicos persistentes: Impactos y medidas de control. *Manglar*, 21(1), 135–148.  
<https://doi.org/10.57188/manglar.2024.014>
- Chávez Santana, C. A. (2021). *Determinación de la concentración de cadmio y plomo en la especie yellowfin tuna (Thunnus albacares), en la ciudad de Manta*.
- CODEX. (1999). *Norma General del Codex Stan 193-1995, para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos*.
- Consuegra Moran, H. S., & Peña Bohórquez, M. J. (2024). *Análisis de las exportaciones de productos del mar de Ecuador: periodo 2021-2023*.
- Correa Cruz, M., Bolaños Ortega, M., Rebolledo Mosalve, E., Rubio Mihi, D., & Salinas Rodríguez, E. (2015). Análisis del contenido de metales en aguas, sedimentos y peces en la cuenca del Río Santiago, provincia de Esmeraldas, Ecuador. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*, 4(2), 32–42.  
[http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion\\_y\\_saberes/article/view/85](http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion_y_saberes/article/view/85)
- Enriquez Estrella, M. A. (2022). Cambios post mortem en la calidad de carne de peces amazónicos de las especies *Piaractus brachypomus*, *Arapaima gigas*, *Brycon amazonicus*, *Pseudoplatystoma punctifer*, *Colossoma macropomum*. Revisión bibliográfica. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 9(1), 89–108.  
<https://doi.org/10.23850/24220582.4635>
- Enríquez, M. Á. (2018). Atmósfera modificada en la conservación de carne de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista Digital de Ciencia, Ingeniería y Tecnología*, 1(1), 67–71.  
<https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.01.08>
- Escobar Sánchez, O. (2011). *Bioacumulación y biomagnificación de mercurio y selenio en peces pelágicos mayores de la costa occidental de Baja California*.  
<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/16358/1/escobars2.pdf>
- Guapi Alava, G., Guerron Troya, V., & Moreno Rojas, V. (2022). Valoración del riesgo para la salud por consumir bocachico y dama con petales pesados. *Pentaciencias*, 4(3), 272–288.
- Hernández Barrero, S., Cusva Verdugo, A., Escobar Cardona, J. L., Mojica Moncada, D. F., & Valderrama Barco, M. (2024). *Peces y bosques para la seguridad alimentaria a escala de cuencas hidrográficas*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd3637es>
- Horna, E., & Gutierrez, J. (2024). Bioacumulación de metales tóxicos en aletas de tiburón: Un peligro invisible para los consumidores. *Manglar*, 21(3), 383–390.  
<https://doi.org/10.57188/manglar.2024.042>
- López Medina, F. C. (2013). *Determinación de metales pesados en el medio biótico y abiótico en tres cuerpos de agua receptores de los efluentes del Complejo Industrial Shushufindi (CIS)*.  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5811>
- Monteiro da Silva, W. C., De Oliveira Santos, K., & Nalfran Modesto, B. (2021). Educação,

políticas educacionais e formação humana. In *Educação, políticas educacionais e formação humana* (Issue March). <https://doi.org/10.48016/9786586680683eduneal>

- Nieto Campozano, P. J. (2021). *Determinación de metales pesados cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el atún en skip jack (Katsuwonus pelamis)*.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.recresp.2021.06.016>
- Pérez Yañez, D. (2020). *Bioacumulación del cadmio y plomo en cuatro grupos de zooplancton del noreste de Quintana Roo, México*.
- Piñeiro Corrales, G. (2009). *Contenido en ácidos grasos w-3 en dos especies de merluza "Merluccius capensis y Merluccius paradoxus" y su importancia en la prevención de enfermedades cardiovasculares = Content on w-3 fatty acids in two species of hake Merluccius capensis and Merlucciu*. <https://doi.org/10.18002/10612/865>
- Robles Urgilez, M. (2024). Seguridad alimentaria : Riesgo asociados Metales Pesados sobre la salud humana. *Journal of American Health*, 7(2). <https://doi.org/https://orcid.org/0000-0001-5457-71024>
- Rodríguez Bravo, D. (2021). Acumulación por Pb y Cd en los componentes ecológicos durante el arranque de un humedal artificial para el manejo de residuos. In *Repositorio UNAM*. <https://ru.dgb.unam.mx/jspui/handle/20.500.14330/TES01000810532>
- Rosenzweig, C., & Solecki, W. (2019). New York City Panel on Climate Change 2019 Report Chapter 1: Introduction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1439(1), 22–29. <https://doi.org/10.1111/nyas.14004>
- Salas, D., & Peiró, R. (2013). Evidencias sobre la prevención del cáncer. *Rev Esp Sanid Penit*, 15, 66–75.
- Sánchez Aldás, A., Rodríguez -Grimón, R., Moreno, J., & Chollet-Villalpando, J. G. (2024). Análisis de la forma de la concha de Anadara tuberculosa como indicador de contaminación en manglares. *CICIMAR Oceanides*, 38(2), 7–18. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v38i2.286>
- Senior, W. (2015). *Contenido de metales pesados en organismos acuícolas expendidos en los mercados de la ciudad de Machala, provincia de el Oro*. 1–80.
- Tamayo León, J. D. (2021). *Análisis de concentración de metales pesados en moluscos estuarinos en las provincias de Esmeraldas, Guayas, El Oro, Ecuador, 2009-2018*. [https://www.upse.edu.ec/secretariageneral/images/archivospdfsecretaria/4.REGLAMENTOS/1.NORMATIVAS/ACADÉMICAS/REGLAMENTO\\_2021/Reglamento\\_Practicas\\_Preprofesionales\\_de\\_las\\_Carre\\_UPSE\\_RCS-SE-19-01-1-2021-signed-signed.pdf](https://www.upse.edu.ec/secretariageneral/images/archivospdfsecretaria/4.REGLAMENTOS/1.NORMATIVAS/ACADÉMICAS/REGLAMENTO_2021/Reglamento_Practicas_Preprofesionales_de_las_Carre_UPSE_RCS-SE-19-01-1-2021-signed-signed.pdf)
- Vargas Licon, S. P., & Marrugo Negrete, J. L. (2019). Mercurio, metilmercurio y otros metales pesados en peces de Colombia: riesgo por ingesta. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 232–242. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.74128>
- Zavala Hernández, M. (2007). *Aislamiento e identificación de microorganismos autóctonos resistentes a metales pesados*. [http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484\\_SISTEM\\_PEMBETUNGAN\\_TER\\_PUSAT\\_STRATEGI\\_MELESTARI](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TER_PUSAT_STRATEGI_MELESTARI)

Enríquez, M. & Quinchiguango, R.

Zhou, N., Katz, M., Knecht, W., Compagno, C., & Piškur, J. (2018). Genome dynamics and evolution in yeasts: A long-term yeast-bacteria competition experiment. *PLOS ONE*, 13(4), e0194911. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194911>