



## REVISIÓN SISTEMÁTICA

# Mercury, lead and cadmium content in tuna and its effect on public health in Peru: Systematic review

## Contenido de mercurio, plomo y cadmio en el atún y su efecto en la salud pública en el Perú: Revisión sistemática

Jorge Patrocinio Herrera-Cruz<sup>1</sup>  , Olegario Marín-Machuca<sup>1</sup>  , Rodolfo Martín Cornejo-Urbina<sup>2</sup>  , Jessica Blanca Vargas-Ayala<sup>1</sup>  , Miriam Corina Castro-Rojas<sup>2</sup>  , Hermenegilda Gloria Fuertes-Vicente<sup>3</sup>  

<sup>1</sup>Universidad Nacional Federico Villarreal. Perú.

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Callao. Perú.

<sup>3</sup>Escuela Militar de Chorrillos “Coronel Francisco Bolognesi”. Perú.

**Citar como:** Herrera-Cruz JP, Marín-Machuca O, Cornejo-Urbina RM, Vargas-Ayala JB, Castro-Rojas MC, Fuertes-Vicente HG. Contenido de mercurio, plomo y cadmio en el atún y su efecto en la salud pública en el Perú: Revisión sistemática. Salud, Ciencia y Tecnología. 2023; 3:502. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023502>

Enviado: 26-06-2023

Revisado: 30-07-2023

Aceptado: 07-09-2023

Publicado: 08-09-2023

Editor: Dra. Nairobi Hernández Bridón 

### ABSTRACT

**Introduction:** in Peru, publications indicate that the content of mercury (Hg), lead (Pb), and cadmium (Cd) in tuna exceeds the allowable maximum limits, leading to progressive health damage. Thus, communicating this threat is necessary.

**Objective:** to ascertain the presence of Hg, Pb, and Cd in tuna intended for direct human consumption and its implications for public health in Peru.

**Methods:** a systematic review was conducted following the PRISMA 2020 Statement. Information was retrieved from databases including Scopus, Latindex, Science Direct, and Google Scholar. Twelve articles were selected for analysis, following inclusion and exclusion processes.

**Results:** there is a prevalence (41,66 %) of studies focusing on Hg concentration, while Pb and Cd were equally represented (16,67 % each). Regarding Peru, the presence of metals was reported in 29 % of the studies, indicating a higher tendency towards Hg consumption compared to Pb and Cd. However, the ingestion of any of these metals poses a significant risk to public health consumers.

**Conclusions:** Tuna, a species that incorporates heavy metals into its edible muscular tissue, is predominantly monitored for mercury (Hg), lead (Pb), and cadmium (Cd) due to their toxicity and bioaccumulation characteristics, making them particularly hazardous to public health, especially in Peru. Thus, continuous monitoring is recommended.

**Keywords:** Mercury; Lead; Cadmium; Tuna; Public Health.

### RESUMEN

**Introducción:** en el Perú las publicaciones indican que el contenido de mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd) en el atún excede los límites máximos permitidos, provocando daños progresivos a la salud; por lo que es necesario comunicar esta amenaza.

**Objetivo:** conocer la presencia de Hg, Pb y Cd en el Atún utilizado para el consumo humano directo y sus implicaciones en la salud pública en el Perú.

**Métodos:** se desarrolló una revisión sistemática, a través de la Declaración PRISMA 2020. La información se adquirió de las bases de datos Scopus, Latindex, Science Direct y Google Académico; se seleccionaron 12 artículos para ser analizados, considerándose para ello criterios de inclusión y exclusión.

**Resultados:** existe predominancia (41,66 %) en estudios orientados a la concentración de Hg, con respecto al Pb y el Cd, se pudo apreciar la misma intensidad (16,67 %) para cada uno. Con respecto al Perú, se reportó

presencia de metales en el 29 % de los estudios, determinando mayor tendencia hacia el consumo de Hg sobre el Pb y el Cd; aunque la ingesta de cualquiera de éstos representa importante riesgo para la salud pública de los consumidores.

**Conclusiones:** el atún es una especie que integra en su tejido muscular comestible metales pesados, siendo los más controlados por su impacto negativo en la salud pública, el mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd), debido a sus características de toxicidad y bioacumulación, convirtiéndose en los más peligrosos para la salud pública, especialmente en el Perú; por lo que se recomienda seguimiento constante.

**Palabras clave:** Mercurio; Plomo; Cadmio; Atún; Salud Pública.

## INTRODUCCIÓN

El atún (Familia Scombridae) es una especie marina de gran importancia comercial, ampliamente distribuida en aguas templadas. La captura total de túnidos y especies afines fue de aproximadamente 7,9 millones de toneladas en el año 2018, mostrando una tendencia alta desde el año 1950, habiendo sido menos de 1 millón de toneladas.<sup>(1)</sup> Sin embargo, los beneficios indiscutibles derivados del consumo del atún<sup>(2)</sup> pueden afectarse con la presencia en su carne de metales tóxicos como cadmio (Cd), plomo (Pb) y especialmente mercurio (Hg), que está presente en muchas especies de peces, a menudo en niveles exceden las normas de seguridad establecidas por la Legislación de los distintos países.<sup>(3)</sup>

La distribución de metales varía entre especies de peces, dependiendo de la edad, el estado de desarrollo y otros factores fisiológicos;<sup>(4)</sup> esta bioacumulación dependería básicamente de la ubicación del cuerpo de agua donde se encuentran los peces. Principalmente, suelen estar en los músculos o filetes, que son la parte más comestible y preferible del pescado. Existen muchas posibles implicaciones de riesgo para la salud al consumir algunas especies de peces con altas concentraciones de estos y otros metales.<sup>(5,6)</sup> El propósito de la presente revisión ha sido sistematizar la información científica existente sobre la contaminación del atún (como materia prima y en conservas) por mercurio, plomo y cadmio, así como los riesgos que implica para la salud pública el consumo de atún contaminado.

## MÉTODO

Para el desarrollo de esta revisión sistemática de literatura científica en torno al contenido de mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd) en el atún y su efecto en la salud pública en el Perú, se empleó la directriz de la Declaración PRISMA 2020. Se hizo una búsqueda exhaustiva documental desde las plataformas Scopus, Latindex, Science Direct y Google Académico,<sup>(7)</sup> accediendo a setenta y un (71) documentos disponibles en inglés y español en el período 2011-2022. Se utilizó la siguiente estrategia de búsqueda utilizaron los siguientes descriptores en inglés: mercury, lead, cadmiun y tuna; consiguiendo, artículos originales, tesis, revisiones sistemáticas y documentos asociados a la búsqueda.

**Criterios de inclusión:** Se incluyeron artículos científicos originales cuantitativos y cualitativos; no se hizo discriminación por idioma (inglés - español) ni por tipo de publicación; preferiblemente estudios latinos con algunas excepciones (relevancia).

**Criterios de exclusión:** Documentos que el título no evidenciara relación a priori con el tema; que el Resumen (abstract) presente objetivos alejados de la intención de esta revisión (figura 1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos producto de la revisión sistemática de documentos científicos (artículos originales, revisiones y tesis); no cabe duda de que la acumulación de metales pesados tóxicos (Hg, Pb, Cd), particularmente, en las especies de atún (Familia Scombridae), siendo ésta de gran significatividad para su comercialización en el Perú. La tabla 1, indica que existe predominancia (41 %) en estudios orientados a la concentración de mercurio (Hg) en peces; con respecto al plomo (Pb) y el cadmio (Cd), se pudo apreciar la misma intensidad (17 %) para cada uno en cuanto al desarrollo de investigaciones para determinar su presencia y lo que ésta provoca en el cuerpo humano; además, un significativo 25 % de los estudios incluidos reflejaron incidencias de otros metales tóxicos, como el Metilmercurio (MeHg), Niquel (Ni), Cromo (Cr), con concentraciones en peces de alto consumo humano. Seguidamente, la tabla 2, presenta la distribución de la concentración de metales en la especie de atún estudiada, con enfoque en el Perú a partir de la revisión científica realizada.

Lo expresado por la tabla 2, se corresponde con la distribución de la presencia de Hg, Pb y Cd, así como de otros metales, con especial atención a los artículos referidos a estudios realizados en el Perú (29 %); de esta lectura se desprende con mayor intensidad la presencia de Hg (17 %) en comparación con el resto de los metales estudiados (Pb - Cd), con porcentajes de 4 %, respectivamente. En este sentido, es significativo reseñar que la Cámara Peruana de Atún,<sup>(18)</sup> indicó que en los últimos doce años el procesamiento de atún pasó de 700 a 40,000

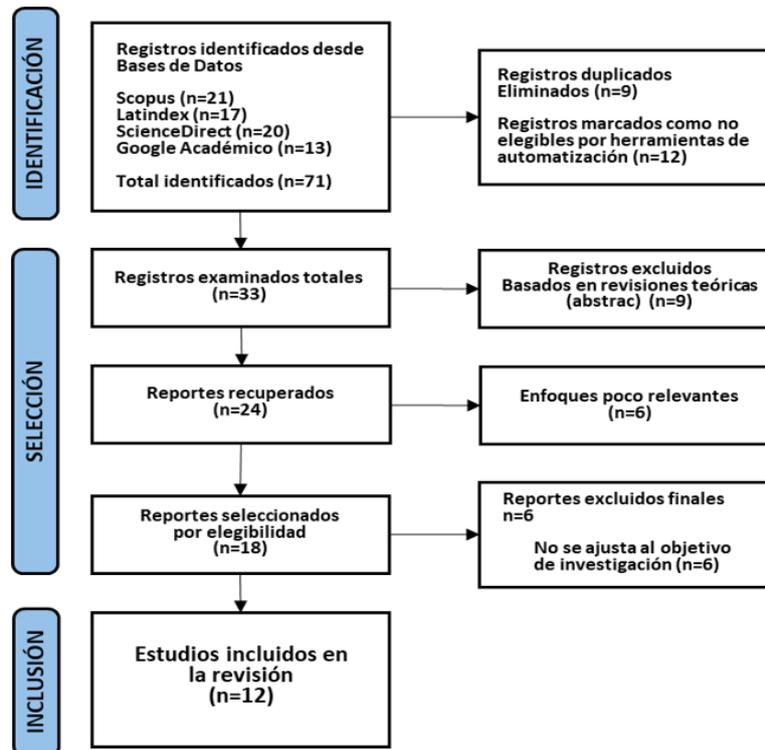


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA

toneladas de materia prima; es decir que tuvo un aumento de 5 600 %. Lo que permite afirmar, que el Perú tiene una posición privilegiada respecto a la pesca de atún, ya que el 70 % de sus capturas se da en el Océano Pacífico.

Por otro lado, el Perú tiene una alta demanda por conservas de atún, la cual en su mayoría proviene de la importación.<sup>(19)</sup> Así mismo, el Banco Central de Reserva muestra “que el consumo nacional de este producto enlatado pasó de 9 mil toneladas en el 2005 a poco más de 22 mil toneladas en el 2019”. Con base en lo expuesto y en correspondencia con la marcada tendencia en la presencia de Hg producto de la revisión (tabla 1), es preciso referir que la contaminación de metales pesados en los seres humanos, puede afectar las vías digestivas, respiratorias y cutáneas, así como causar enfermedades hepáticas, renales y efectos cancerígenos.<sup>(20)</sup>

De allí, que la concentración, principalmente de Hg, reflejada por un 17 % que surge del 29 % de contaminación total de metales, se presenta como un factor de inminente peligro para la salud de los peruanos; escenario que corrobora Gastañaga<sup>(21)</sup>, quien indica que en un estudio científico de concentraciones de mercurio en peces y en seres humanos en Puerto Maldonado del Perú, los niveles de contaminación sobrepasan los parámetros aceptados por las normas internacionales para metales pesados y mercurio; enfatiza además, que éste causa graves daños al sistema endocrino y fisiológico, los infantes, por su parte, pueden ser afectados con bajas medidas de peso al nacer, siendo proclives a riesgos de retardo mental, anomalías del comportamiento, pérdida de la audición, reducción a respuestas inmunológicas.

Lo anterior, permite definir la significatividad científica de la presente revisión, puesto que se afirma la amenaza para la salud pública de los consumidores, especialmente peruanos, de atún contaminado con Hg, Pb y Cd; resolución que certifica Panduro et al.<sup>(11)</sup> cuando sostienen que, la presencia de metales pesados en los cuerpos de agua causa un impacto negativo en el ecosistema acuático y en la salud pública de los residentes locales en la Amazonía Peruana.

A partir de los estudios realizados por investigadores de otros países, se hace necesario seguir investigando para ir disminuyendo la afectación por el consumo de metales tóxicos pesados como Mercurio (Hg), Plomo (Pb) y Cadmio (Cd), contenidos en el atún, a fin de concientizar, alertar y permitir que se tomen decisiones informadas sobre la ingesta de estos alimentos marinos.

Las implicaciones prácticas que tiene este estudio teórico son cruciales debido a que abordan los riesgos para la salud pública derivados del consumo de atún contaminado con mercurio, plomo y cadmio. Estos hallazgos generan la necesidad de plantear estrategias de mitigación que enfrenten estos peligros, como también adoptar medidas proactivas para salvaguardar la salud pública; sentando las bases de políticas e iniciativas educativas, que orienten a la selección de dietas saludables para reducir los peligros relacionados al consumo de mariscos contaminados por metales pesados.

Tabla 1. Registros incluidos para la revisión sistemática en torno al contenido de mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd) en el atún y su efecto en la salud pública

Información General del Registro		Aspectos Metodológicos y Estructurales		Contenido de Metales Tóxicos en el Atún				Conclusiones	
N°	Ref/Año	País de origen	Tipo / Idioma	Enfoque, Técnica o Método	Hg	Pb	Cd	Otros	
1	2016. <sup>(8)</sup>	Pakistán	Artículo Inglés	Cuantitativo Analítico		X	X	X	<p><b>Monitoreo constante de la contaminación para no afectar la salud humana.</b></p> <p>Los resultados de este estudio muestran que el níquel (Ni), plomo (Pb), cadmio (Cd) y las acumulaciones de cromo (Cr) de <i>Rastrelliger kanagurta</i>, capturadas en las costas de Karachi estuvieron generalmente por debajo de los límites internacionales.</p> <p>Por lo tanto, las precauciones son necesarias para evitar la contaminación por metales en el futuro. De lo contrario, estas contaminaciones pueden ser peligrosas para los peces y la salud humana.</p>
2	2018. <sup>(6)</sup>	Pakistán	Revisión Sistemática Inglés	Cuantitativo Analítico	X	X	X	X	<p><b>La mayoría de los consumidores no consumen el hígado del pescado, que es donde más se acumulan metales tóxicos.</b></p> <p>La mayoría de los metales, especialmente los no esenciales almacenados en el hígado y el riñón, depende de la intensidad del tiempo de exposición y del estado de la función excretora renal. Sin embargo, los consumidores principalmente no comen el hígado de pescado.</p>
3	2016. <sup>(9)</sup>	Ecuador	Revisión Sistemática Inglés	Cuantitativo Analítico	X	X	X		<p><b>La ingesta de metales tóxicos (Hg, Pb, Cd) en alimentos contaminados puede causar daños graves a la salud pública.</b></p> <p>El cadmio, el mercurio y el plomo son elementos considerados una amenaza para salud pública debido a sus efectos altamente tóxicos.</p> <p>El riesgo de toxicidad viene determinado por las concentraciones de los metales en los tejidos comestibles y la cantidad de pescado consumido. Por lo que la ingesta de estos metales en alimentos contaminados puede causar daños neurológicos y psicológicos, nefrotoxicidad, daño pulmonar y gastrointestinal; así mismo, mutaciones genéticas, enfermedades cardiovasculares, anomalías del desarrollo, diabetes, pérdida de audición, trastornos hematológicos e inmunológicos, y posiblemente, efectos cancerígenos.</p>
4	2020. <sup>(10)</sup>	Colombia	Tesis Español	Cualitativo Documental	X				<p><b>Los efectos del mercurio en la salud fueron lo menos importante.</b></p> <p>El análisis muestra como los estándares a pesar de ser objetos aparentemente inamovibles, pueden adoptar múltiples configuraciones, no en tanto en términos numéricos, sino en cómo se mide, a quién se mide, con qué se mide o cuándo se mide, según la necesidad y el discurso de quienes se encuentran inmersos en la controversia, quienes incluso pueden cambiar el patrón regulatorio del estándar a conveniencia. Al final los efectos del mercurio en la salud fueron lo menos importante ya que el estándar en su visibilidad, invisible (se encuentra como número, pero en su medición es por lo general incomprensible a los consumidores), era el objeto más mencionado y sobre el cual giraron las múltiples discusiones.</p>

5	2021. <sup>(11)</sup>	Colombia	Artículo Español	Cuantitativo Analítico	X	X	<p><b>El consumo de atún representa riesgo en niños y mujeres en edad fértil.</b></p> <p>La evaluación del riesgo a la salud debido al consumo de atún enlatado, basado en la ingesta semanal estimada, sugiere que el consumo de atún de las diferentes marcas no asocia posibilidad de riesgo en la salud al grupo de adultos de la población, al presentar valores por debajo de la ingesta semanal tolerable (3,2 µg/kg/semana). Mientras que para los grupos de niños y mujeres en edad fértil representa riesgo para la salud el consumo del atún enlatado de la marca B, con la cual se superaría la ingesta semanal tolerable de 1,6 µg/kg/semana. Por lo tanto, se recomienda un monitoreo continuo de mercurio total y metilmercurio en atún enlatado.</p>
6	2020. <sup>(12)</sup>	Perú	Artículo Investigación Español	Cuantitativo Analítico	X	X	<p><b>El riesgo a la salud del poblador por consumo de MeHg es alto.</b></p> <p>Los resultados muestran que las cuatro especies de mayor consumo por la comunidad nativa fueron <i>Pterygoplichthys pardalis</i> «Carachama» (Loricariidae), <i>Prochilodus nigricans</i> Spix y Agassiz, 1829 «Boquichico» (Prochilodontidae), <i>Pseudoplatystoma punctifer</i> «Doncella» (Pimelodidae) y <i>Calophysus macropterus</i> «Mota» (Pimelodidae).</p> <p>El nivel de exposición fue extremadamente alto y la peligrosidad fue media. La dosis máxima de consumo permisible por semana de metilmercurio (MeHg) según la OMS es de 1,6 µg MeHg/kg/semana.</p> <p>Este límite fue superado por <i>C. macropterus</i> para niños de la comunidad nativa. Se concluye que el riesgo a la salud del poblador de la comunidad de la Amazonía peruana por el MeHg es alto.</p>
7	2013. <sup>(13)</sup>	Perú	Tesis Español	Cuantitativo	X		<p><b>Un significativo porcentaje (40 %) sobrepasa los límites máximos de consumo según SANIPES</b></p> <p>Estos resultados nos indican que las conservas Calana, Belini y Tradición no superan los límites permisibles establecidos por SANIPES (0,5 ppm) y Japón JPHA (0,4 ppm). Así mismo la concentración promedio de mercurio de las 5 marcas analizadas no superan los límites según SANIPES Y Japón JPHA.</p> <p>Sin embargo, el 40 % (2 marcas de conserva: Beltrán 0,59ppm y Marina 0,63ppm) sobrepasan los límites máximos permisibles para conservas de pescado según Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) (0,5 ppm) y Japón JPHA (0,4 ppm), mientras que el 60 % se encuentran dentro de estos límites.</p>
8	2020. <sup>(14)</sup>	Perú	Tesis Español	Cuantitativo Observacional Analítico	X		<p><b>Existe contenido tóxico en las conservas de pescado, repercutiendo en la salud del consumidor.</b></p> <p>Para las concentraciones medias encontradas en casi todas las especies analizadas, éstas estaban por encima de los límites, donde el nivel máximo corresponde a la marca comercial 2 (Campomar) con un valor máximo fue de 1,318 mg/kg y solo una muestra presenta un valor mínimo de 0,246 mg/kg correspondiente a la muestra de la marca comercial 4 (A1).</p> <p>Por lo que se concluye que las muestras de conservas de pescado superan los parámetros establecidos de plomo en el Códex Alimentarius y el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES), lo cual permite concluir que existe contenido tóxico en las conservas de pescado, repercutiendo en la salud del consumidor.</p>

9	2017. <sup>(15)</sup>	Perú	Artículo original  Español	Cuantitativo	X	X	<p><b>Los niveles de Mercurio (Hg) y Cadmio (Cd) superan el límite máximo establecido, lo que pone en riesgo la salud del consumidor.</b></p> <p>Las concentraciones de Hg encontradas superan en 12 %, siendo la concentración mayor de 0,65 ppm a comparación de SANIPES 0,5 ppm. Para el caso del Cd supera en 23 %, siendo la concentración mayor de 0,16 ppm a comparación del límite máximo permisible por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) de 0,1ppm. Por lo que se concluye que los niveles de cadmio y mercurio se encuentra por encima de los niveles permitidos por las entidades reguladoras.</p>
10	2020. <sup>(16)</sup>	Perú	Artículo original  Español	Cuantitativo	X		<p><b>Las muestras de pescado excedieron el nivel de consumo de mercurio, generando un verdadero riesgo para la salud.</b></p> <p>La concentración promedio de mercurio fue de <math>0,883 \pm 0,104</math> ppm. La especie bonito obtuvo la concentración promedio de mercurio más alta de <math>1,264 \pm 0,115</math> ppm. No obstante, la especie caballa obtuvo la más baja concentración promedio de <math>0,639 \pm 0,226</math> ppm (IC95% 0,057-1,221). Comparado a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) y el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera del Perú, el 43,30 % excedió dichos límites máximos permisibles de 1,0 ppm. Se concluye entonces, que según los límites máximos permisibles de 0,5 ppm permitidos por la Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, también de 0,5 ppm; el 73,30 % de las muestras de pescado analizadas excedieron este parámetro de mercurio, generando un verdadero riesgo para la salud.</p>
11	2020. <sup>(3)</sup>	Colombia	Revisión Sistemática  Español	Cuantitativo  Analítico	X	X	<p><b>Las mujeres en edad reproductiva y los niños pequeños son considerados poblaciones sensibles a la intoxicación por Hg (mercurio).</b></p> <p>Los beneficios y riesgos de la ingesta de pescado varían de acuerdo a la especie de pescado, tamaño y formas de cultivo, como también a la cantidad consumida y forma de preparación. Las mujeres en edad reproductiva, las gestantes, las nodrizas y los niños pequeños son considerados poblaciones sensibles a la exposición de pescados contaminados, dados los efectos negativos en el neurodesarrollo.</p> <p>Las especies de ícticas de nivel trófico alto tienden a contener mayor concentración de mercurio, así como otros metales pesados en su organismo.</p> <p>Las especies de peces carnívoras tienden a acumular mayor concentración de Hg que las especies no carnívoras. Se consideran que las fuentes de mercurio en los ecosistemas acuáticos están correlacionadas con la minería, agroindustria, industria farmacéutica y la gestión antrópica.</p>
12	2001. <sup>(17)</sup>	México	Artículo original  Español	Cuantitativo  Analítico	X	X	<p>El 36 % de las muestras de atún analizadas rebasaron la concentración máxima de 1,0mg/kg de mercurio en pescado, establecido por la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos de América. El contenido de arsénico en atún enlatado, supera al reportado en Inglaterra de 2,2 mg/kg. De estos resultados se infiere la urgencia de establecer un muestreo en mayor escala, que permita detectar la magnitud del problema, así como también cuantificar los contenidos orgánico e inorgánico de arsénico y mercurio en productos pesqueros en México.</p>

Frecuencia	10	4	4	6
Totales (%)	41	17	17	25

**Tabla 2.** Distribución de la presencia de metales en el Perú y su relación con otros países incluidos en la revisión sistemática

N°	Metales Tóxicos en peces	Perú		Otros Países		Total	
		No.	%	No.	%	No.	%
1	Mercurio (Hg)	4	17	6	25	10	41
2	Plomo (Pb)	1	4	3	13	4	17
3	Cadmio (Cd)	1	4	3	13	4	17
4	Otros metales	1	4	5	20	6	25
	<b>Total</b>	7	29	17	71	24	100

### Limitaciones del estudio

Existieron limitaciones en este estudio, principalmente la variedad de diseños metodológicos de los estudios incluidos y revisados, estas diferencias afectaron la comparabilidad de los resultados obtenidos; y, las escasas fuentes de datos disponibles afectaron la comprensión total del panorama.

### CONCLUSIONES

El atún es una especie que integra en su tejido muscular comestible metales pesados, siendo los más controlados por su impacto negativo en la salud pública, el mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd), debido a sus características de toxicidad y bioacumulación, convirtiéndose en los más peligrosos para la salud pública, especialmente en el Perú. La intoxicación por Hg y metilmercurio (MeHg), reflejada ésta como la de mayor incidencia (41 %), afecta el sistema nervioso, especialmente en el desarrollo y formación de éste en niños recién nacidos y lactantes. En los adultos, los síntomas se manifiestan en el sistema nervioso, causando dificultades de coordinación y constricción concéntrica del campo visual, accidente cerebrovascular isquémico, demencia y depresión. El plomo (Pb), presentó menores niveles de concentración (17 %) a partir de la revisión. Es preciso señalar que éste se acumula en la parte comestible del atún, en algunos casos, se observan concentraciones más altas en la carne que en el hígado de esta especie. En el ser humano se acumula particularmente en el parénquima hepático y renal, provocando daños. El cadmio (Cd) exhibió un comportamiento similar al Pb con un porcentaje de 17 %; refiriendo a propósito, que éste se bioacumula en el músculo del pescado en menor grado que el Hg y Pb; causando problemas pulmonares, hepáticos, esqueléticos, reproductivos, renales e incluso cáncer.

### RECOMENDACIONES

Debido a que es un tema en evolución, se debe establecer investigaciones continuas, en las que se incluyan estudios que analicen nuevas fuentes de contaminación, formas de mitigación y los efectos en la salud humana.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. FAO; 2020. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.
2. Andrade Yanez AS. El consumo de omega 3 y su relación con el rendimiento académico de los estudiantes. *Mentor* 2023; 2:389-411. <https://doi.org/10.56200/mried.v2i5.5648>.
3. Barragán JES, Pesquero I. Consumo De Pescado Con Contenido De Mercurio Y Su Relación Con La Salud Humana. Universidad Militar Nueva Granada, 2020.
4. Londoño Franco LF, Londoño Muñoz PT, Muñoz Garcia FG. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *BSAA* 2016;14:145. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153).
5. Bosch AC, O'Neill B, Sigge GO, Kerwath SE, Hoffman LC. Mercury accumulation in Yellowfin tuna ( *Thunnus albacares* ) with regards to muscle type, muscle position and fish size. *Food Chemistry* 2016;190:351-6. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.109>.
6. Ahmed Q, Bat L, Öztekin A, Mohammad Ali Q. A Review on Studies of Heavy Metal Determination in Mackerel and Tuna (Family-Scombridae) Fishes. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences* 2018;3:107-23. <https://doi.org/10.35229/jaes.425382>.
7. Posso Pacheco RJ, Cóndor Chicaiza MG, Cóndor Chicaiza JDR, Núñez Sotomayor LFX. Desarrollo Ambiental Sostenible: un nuevo enfoque de educación física pospandemia en Ecuador. *RVG* 2022;27:464-78. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.98.6>.
8. Ahmed Q, Benzer S, Yousuf F. Distribution of heavy metals in different tissues of Indian mackerel from Karachi fish harbour, Karachi, Pakistan. *IJAR* 2016;50:759-63. <https://doi.org/10.18805/ijar.11423>.
9. Araújo CVM, Cedeño-Macias LA. Heavy metals in yellowfin tuna ( *Thunnus albacares* ) and common dolphinfish ( *Coryphaena hippurus* ) landed on the Ecuadorian coast. *Science of The Total Environment* 2016;541:149-54. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.090>.
10. Bernal SJE. Historias sobre el mercurio en el atún: Universidad Nacional de Colombia, 2020.
11. Lombana Gómez MM, Lans Ceballos EE, Pinedo Hernández JJ. Concentraciones de mercurio en atún

comercializado en Montería, Colombia: evaluación del riesgo en la salud. Rev salud pública 2021;23:1-6. <https://doi.org/10.15446/rsap.v23n2.85827>.

12. Panduro G, Rengifo GC, Barreto JL, Arbaiza-Peña K, Iannacone J, Alvarino L, et al. Bioacumulación por mercurio en peces y riesgo por ingesta en una comunidad nativa en la amazonia peruana. Rev investig vet Perú 2020;31:e18177. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i3.18177>.

13. Quispe López K. Determinación cuantitativa de mercurio en conservas de pescado expandidas en el “centro comercial fiori - san martín de porres” de mayo- julio 2013. Universidad Alas Peruanas, 2013.

14. Pasache Ramos KC, Pillhuaman Cabana ÁD. Determinación de los niveles de plomo en conservas de pescado en mercados locales del distrito de San Juan de Lurigancho-Lima 2019. Universidad María Auxiliadora, 2020.

15. Salcedo JG, Canales CA, Solano MA, Rivas W, Tapia Manrique ER. Determinación de niveles de cadmio y mercurio en conservas de pescado enlatadas expandidas en Lima Metropolitana. Ágora 2017;4:15-20. <https://doi.org/10.21679/arc.v4i1.80>.

16. Ninaja Sarmiento PN, Ortiz Faucheux R. Niveles de mercurio en los pescados de mayor consumo en los mercados de Tacna exceden límites permitidos por entidades regulatorias. RMB 2020;14:27-32. <https://doi.org/10.33326/26176068.2020.1.922>.

17. Velasco-González OH, Echavarría-Almeida S, Pérez-López ME, Villanueva-Fierro I. CONTENIDO DE MERCURIO Y ARSÉNICO EN ATÚN Y SARDINAS ENLATADAS MEXICANAS. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 2001;17:31-5.

18. Cámara Peruana del Atún. Producción de atún en Perú creció 5.600 % en los últimos 12 años, afirma la CPA. El Comercio Perú 2020:1.

19. Aljovín C. Atún para más peruanos. Sociedad Nacional de Pesquería 2019. <https://www.snp.org.pe/atun-para-mas-peruanos/> .

20. Riaz A, Khan S, Muhammad S, Liu C, Shah MT, Tariq M. Mercury contamination in selected foodstuffs and potential health risk assessment along the artisanal gold mining, Gilgit-Baltistan, Pakistan. Environ Geochem Health 2018;40:625-35. <https://doi.org/10.1007/s10653-017-0007-6>.

21. Gastañaga Ruiz M del C. MINERÍA ARTESANAL, IMPACTO DEL MERCURIO EN LA SALUD DEL TRABAJADOR Y SU FAMILIA. I SIMPOSIO INTERAMERICANO SOBRE EL MERCURIO LIBRO RESUMEN VI FORO DE INVESTIGACIÓN MERCURIO, QUÍMICOS PELIGROSOS Y SALUD PÚBLICA EN MADRE DE DIOS., Ministerio del Ambiente Perú; 2021, p. 51-3.

#### **FINANCIACIÓN**

Ninguna

#### **CONFLICTO DE INTERESES**

Ninguno

#### **CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA**

*Conceptualización:* Herrera, Jorge; Marín, Olegario; Cornejo, Rodolfo; Vargas, Jessica; Castro, Miriam; Fuertes, Hermenegilda.

*Adquisición de fondos:* Jorge Patrocinio Herrera-Cruz, Olegario Marín-Machuca, Rodolfo Martín Cornejo-Urbina, Jessica Blanca Vargas-Ayala, Miriam Corina Castro-Rojas, Hermenegilda Gloria Fuertes-Vicente.

*Investigación:* Jorge Patrocinio Herrera-Cruz, Olegario Marín-Machuca, Rodolfo Martín Cornejo-Urbina, Jessica Blanca Vargas-Ayala, Miriam Corina Castro-Rojas, Hermenegilda Gloria Fuertes-Vicente.

*Metodología:* Jorge Patrocinio Herrera-Cruz, Olegario Marín-Machuca, Rodolfo Martín Cornejo-Urbina, Jessica Blanca Vargas-Ayala, Miriam Corina Castro-Rojas, Hermenegilda Gloria Fuertes-Vicente.

*Administración del proyecto:* Jorge Patrocinio Herrera-Cruz, Olegario Marín-Machuca, Rodolfo Martín Cornejo-Urbina, Jessica Blanca Vargas-Ayala, Miriam Corina Castro-Rojas, Hermenegilda Gloria Fuertes-Vicente.

*Supervisión:* Jorge Patrocinio Herrera-Cruz, Olegario Marín-Machuca, Rodolfo Martín Cornejo-Urbina, Jessica Blanca Vargas-Ayala, Miriam Corina Castro-Rojas, Hermenegilda Gloria Fuertes-Vicente.

*Redacción - borrador original:* Jorge Patrocinio Herrera-Cruz, Olegario Marín-Machuca, Rodolfo Martín Cornejo-Urbina, Jessica Blanca Vargas-Ayala, Miriam Corina Castro-Rojas, Hermenegilda Gloria Fuertes-Vicente.

*Redacción -revisión y edición:* Jorge Patrocinio Herrera-Cruz, Olegario Marín-Machuca, Rodolfo Martín Cornejo-Urbina, Jessica Blanca Vargas-Ayala, Miriam Corina Castro-Rojas, Hermenegilda Gloria Fuertes-Vicente.