

Concentraciones de iones de mercurio y plomo en pescado thunnus thynnus y su impacto en consumidores

Concentrations of mercury and lead ions in thunnus thynnus fish and its impact on consumers

Liliana Alexandra Cortez Suárez¹, Margarita Cajas Palacios², Ana Alarcón Mite³

RESUMEN

La presente investigación bibliográfica consiste en el estudio de los metales pesados como el mercurio (Hg) y el plomo (Pb) presentes en el atún (*Thunnus thynnus*) y su impacto en la salud de los consumidores. Esta especie es originaria del mar Mediterráneo. Se realizó una búsqueda exhaustiva sobre investigaciones realizadas a nivel mundial de la presencia de metales pesados en las diferentes especies de atunes y los efectos provocados en la salud. Adicionalmente, se realizó una encuesta virtual utilizando la plataforma Microsoft Forms para identificar el nivel de conocimiento de la población, en sectores urbanas rurales y pesqueros. Los datos obtenidos de la literatura indican que la especie *Thunnus thynnus* bioacumula y biomagnifica presentan mayores cantidades de metales pesados que *Thunnus obesus* y *Thunnus albacares*, superando en algunos casos directrices de seguridad alimentaria, siendo las fuentes antrópicas y naturales, seguido del tamaño de la especie, principales factores de bioacumulación. Con los resultados obtenidos, se evidencia que la contaminación de metales pesados es un grave problema de efectos toxicológicos tanto en la biodiversidad marina como en el ser humano que lo consume. Es importante la pronta educación de la población para evitar condiciones médicas a largo plazo.

Palabras clave: Metales pesados, límites permisibles, bioacumulación, efectos toxicológicos y biomonitorización.

ABSTRACT

The present bibliographic research consists of the study of heavy metals such as mercury (Hg) and lead (Pb) present in tuna (*Thunnus thynnus*) and their impact on the health of consumers. This species is native to the Mediterranean Sea. An exhaustive search was carried out on research conducted worldwide on the presence of heavy metals in different tuna species and the effects caused on health. In addition, a virtual survey was conducted using the Microsoft Forms platform to identify the level of knowledge of the population in rural urban and fishing sectors. The data obtained from the literature indicate that the species *Thunnus thynnus* bioaccumulates and biomagnifies a greater amount of heavy metals than *Thunnus obesus* and *Thunnus albacares*, exceeding in some cases food safety guidelines, being anthropic and natural sources, followed by the size of the species the main bioaccumulation factors. The results obtained indicate that heavy metal contamination is a serious problem with toxicological effects both on marine biodiversity and on the human being that consumes it. Early education of the population is important to avoid long-term medical conditions.

Keywords: Heavy metals, permissible limits, bioaccumulation, toxicological effects and biomonitoring.

Received: Noviembre 20/11/2023

Accepted: Noviembre 20/11/2023

Introducción

Magister en Salud Pública; Diploma Superior en Docencia Universitaria; Doctora en Educación; Bioquímico Farmacéutico; Doctor en Bioquímica y Farmacia; , Docente de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador . Correo electrónico: liliana.cortezs@ug.edu.ec @ug.edu.ec, Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4030-7184>.

Magister en Salud Pública; Licenciada en Nutrición y Dietética, Docente de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: margarita.cajasp@ug.edu.ec Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0339-686X>.

Magister en Farmacia Clínica y Hospitalaria; Química y Farmacéutica; , Docente de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: ana.alarconm@ug.edu.ec , Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1326-8407>.



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Durante las últimas décadas, los ecosistemas marítimos se han visto alterados debido a la cantidad de contaminantes que surgen en las industrias y plantas agrícolas, las cuales son derramadas o desechadas en brazos o riachuelos de agua. Esta forma de contaminación se da a través de desechos orgánicos, tensoactivos, nutrientes o metales pesados que se encuentran en la naturaleza o sufren transformaciones en sus compuestos.

Entre los contaminantes más nocivos se encuentran los metales pesados como el mercurio y plomo, los cuales son elementos muy tóxicos (1,2,3). En la actualidad, las industrias que usan mercurio y plomo en el proceso de manufactura crecen aceleradamente. Si bien es cierto que en el medio ambiente estos tóxicos se encuentran de manera natural en concentraciones bajas, los niveles de mercurio y plomo han aumentado considerablemente desde el inicio de la era industrial. Los desechos de minería y los emplazamientos, suelos y sedimentos industriales contaminados han generado uno de los casos con mayor exposición de metales pesados en el medio ambiente y vertederos hidráulico.

La contaminación en los sistemas hídricos como ríos, océanos, mares y estuarios producida por el uso indiscriminado de productos químicos en actividades agrícolas, industriales y extractivas es un problema latente, pero poco divulgado. Sin embargo, las consecuencias son asumidas principalmente por los consumidores de alimentos de origen pesquero (3,4). Aunque estos xenobióticos se encuentran disponibles en el ambiente de manera natural, las concentraciones en la que se hallan actualmente tienen como resultado un aumento en su disponibilidad, lo que significa que puede ser asimilado frecuentemente por los organismos. Este incremento de desechos tóxicos es huella clara del desarrollo irreflexivo promovido gracias a un ambiente de control descuidado por parte de la irresponsabilidad de los empresarios frente a temas ambientales y de salud pública (5).

La exposición a mercurio y/o plomo a dosis bajas por periodo de tiempos prolongados tiene efectos en la salud humana manifestándose en el sistema nervioso central y periférico. El mercurio se relaciona con temblor y demencia en adultos, sin embargo, su efecto tóxico y de mayor importancia es en niños menores de 5 años, mujeres lactantes y gestantes, relacionándose con alteraciones del desarrollo neurológico, del lenguaje y trastornos neuroconductuales. Por otro lado, el plomo se ha relacionado con coeficiente intelectual bajo, alteraciones del desarrollo, y trastornos neurológicos y conductuales en niños, mientras que en adulto se manifiesta con elevaciones de la presión arterial neuropatía distal, temblores entre otros (6).

Thunnus thynnus es una especie muy consumida a nivel mundial destinada a los sushis y tartares, distribuida en aguas mediterráneas, generalmente con un tamaño máxima de 300 cm, un peso máximo de 600 kg. Se llega a considerar como un pez migratorio por lo que su dieta depende de peces pelágicos (boquerón (*Engraulis encrasicolus*), clupeidos y especies afines), aunque los invertebrados (cefalópodos y crustáceos) contribuyen significativamente en su dieta (7). Debido a la bioacumulación de estos compuestos en los organismos marinos como el atún (*Thunnus thynnus*), originan problemas de salud en los consumidores ya que se trasladan esas fracciones de trazas a las personas (7).

Estos metales pesados son tóxicos para todo el sistema periférico y central, tras su inhalación o ingesta en grandes cantidades (8). Una de las principales vías de ingreso de estos metales tóxicos en los humanos es la ingesta de pescado, así mismo ellos se encuentran expuestos a la bioacumulación de compuestos como el metilmercurio o trazas de plomo (9). La ingesta de grandes cantidades

de atún contaminados con iones de plomo y mercurio trae consecuencias a largo plazo en la salud de las personas, originando trastornos neurológicos, amnesia, insomnio, enfermedades neuromusculares, cognitivas o motoras y dolores de cabeza (9).

En el Ecuador, la industria atunera tiene más inclinación en la captura de las siguientes especies: atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), atún ojo grande (*Thunnus obesus*) y listados o bonitos (*Katsuwonus pelamis*). La captura de estos ejemplares se la realizan cuando están pequeños. Por esa razón, la cantidad de mercurio y plomo es menor que en especies de mayor edad. Estos túnidos son originarios del Océano Pacífico, utilizados en su mayoría para el proceso de transformación del atún en conserva y lomos (10).

La especie atún rojo (*Thunnus thynnus*) es originaria del Océano Atlántico, especialmente del mar Mediterráneo, y no es capturada en tierras ecuatorianas. Según estudios realizados internacionalmente, esta especie acumula mayor contenido de metales pesados porque son de gran tamaño. Es por ello que este proyecto se centró en identificar el impacto de las concentraciones de iones de mercurio y plomo que contiene el pez *Thunnus thynnus*, ya que es un alimento de alto consumo mundial, que tiene muy buen sabor y excelentes nutrientes, pero que contiene trazas de metales pesados, causando enfermedades a largo plazo (7).

En este contexto, este documento se enfoca en realizar una revisión bibliográfica sobre la presencia de iones de mercurio y plomo en diferentes especies de atún, fundamentalmente el *Thunnus thynnus*, y su impacto en la salud de los consumidores. Para ello se analizó la información publicada sobre la detección de mercurio y plomo en diferentes especies de atún, fundamentalmente *Thunnus thynnus*; se procesó a explicar los efectos toxicológicos que provoca en la salud el consumo de pescado contaminado; así como, detallar las causas y consecuencias de la contaminación y la bioacumulación de iones de mercurio y plomo en *Thunnus thynnus*. Adicionalmente, se diseñó y realizó una encuesta online sobre los metales pesados y su relación con la salud. Los resultados de esta encuesta sirvieron para conocer el nivel de información que tiene la población objeto de estudio sobre la presencia de metales pesados en pescados y las consecuencias de su ingesta en la salud de los consumidores.

Materiales y métodos

Tipo de investigación

Se realizó una investigación descriptiva y documental mediante búsqueda y análisis de artículos científicos, libros y publicaciones.

Instrumentos para la recolección de datos

Encuesta online, realizada empleando la herramienta Microsoft Forms.

Población y muestra

Comprende a individuos de diferentes sectores urbanos (Guayaquil), rurales y pesqueros (Posorja).

La muestra es de 166 personas de ambos sexos.

La edad de los encuestados fue de 16 años en adelante. La muestra es no probabilística, aplicando criterios de inclusión y exclusión.

Criterio de inclusión

- Individuos que vivan en sectores urbanos (Guayaquil), rurales y pesqueros principalmente (Posorja).
- Individuos con educación básica, bachillerato, superior y sin nivel académicos.
- Que tengan el hábito de consumir pescado.
- Mujeres en estado de gestación.

Criterio de exclusión

- Se descartaron aquellos individuos de cuyas edades eran menores de 16 años.
- Se excluyeron a individuos con discapacidad mental.

Resultados

Tabla 1. Concentraciones de iones de mercurio y plomo en diferentes especies de thunnus

Art	Especie	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Método	País de estudio	Norma según estudio	Autores(año)
Art 1		-	0,32	ICP-OES	España	Unión Europea	(García, 2018)
Art 2	Thunnus Thynnus	1,7	-	DT-CVAAS	Italia	FAO/OMS	(Annibaldi et al., 2019)
Art 3		0,84	-	AAS	Italia	Unión Europea	(Cammilleri et al., 2018)
Art 4		1,4	0,07	ICP-MS	Ecuador	FAO/OMS	(Araújo & Cedeño-Macias, 2016)
Art 5	Thunnus Albacares	0,50	-	DT-CVAAS	Ecuador	FAO/OMS	(Muñoz et al., 2016)
Art 6		-	0,07	ICP-OES	Ecuador	FAO/OMS	(Franco-Fuentes et al., 2021)
Art 7		1,4	-	DT-CVAAS	Francia	Unión Europea	(Houssard et al., 2019)
Art 8	Thunnus obesus	0,54	-	CV-AAS	Brasil	FAO/OMS	(De Alencar Goyanna, 2016)
Art 9		-	0,10	ICP-MS	Portugal	FAO/OMS	(Raimundo et al., 2017)

ICP-OES: Espectrofotómetro de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo DT-CVAAS: espectrofotómetro de absorción atómica con Analizador de mercurio con descomposición térmica y amalgamación AAS: Espectrometría de absorción atómica ICP-MS: Espectrómetro de masas con plasma de acoplamiento inductivo CVAAS: espectrometría de absorción atómica con vapor frío.

Los datos proporcionados en la tabla I hacen referencia a los valores de Hg y Pb detectados en diferentes especies de Thunnus sp: Thunnus thynnus, Thunnus albacares y Thunnus obesus, capturadas en varias zonas del mar Mediterráneo, Océano Pacífico, y

Océano Atlántico. De esta forma, es posible observar cual es la especie que más bioacumula iones de mercurio y plomo entre las publicaciones analizadas.

Análisis de los estudios relacionados con la especie Thunnus thynnus: En un estudio realizado en las islas Canarias-España del (art 1), Fueron detectadas trazas de plomo (Pb), que sobrepasan el límite máximo permisible regulado por la legislación europea. Los ejemplares de thunnus thynnus presentan concentraciones muy elevadas de metales pesados (7). La investigación de las Islas Cerdeñas en Carloforte Tonnare- Italia, área del mar Mediterráneo (Art 2), se capturó y analizaron muestras de la especie thunnus thynnus, donde se detectó presencia de mercurio (Hg) en el músculo, la cual sobrepasa el límite legal establecido por la legislación europea (11). En el artículo 3 se desarrolló un estudio para detectar metales pesados en la especie thunnus thynnus procedente del mar Mediterráneo, donde se halló que el mercurio (Hg) se encuentra dentro de los límites máximos permitidos establecido por la legislación europea; solo 20 muestras de 205 alcanzaron niveles de mercurio por encima del límite legal (12).

Análisis de los estudios relacionados con la especie Thunnus albacares: El análisis de metales pesados en el Pacífico Ecuatorial Oriental sobre ejemplares de Thunnus albacares (art 4) se halló que los niveles de mercurio (Hg) exceden los límites permitidos y los niveles de plomo no superan el límite legal por la FAO/OMS (13). El estudio en la reserva marina de las Galápagos y en las costas de Ecuador (art 5) se capturaron ejemplares de thunnus albacares se detectaron iones de mercurio que están dentro de los límites permisibles establecido por la FAO/OMS, asimismo, se concluyó que los individuos capturados en la zona continental presentaron valores menores de mercurio que las de reserva marina de las Galápagos (14). Respecto a la investigación en la biorregión Centro-Sureste de la reserva marina de las Galápagos (Art 6) se detectó presencia de plomo (Pb) en thunnus albacares, no obstante, están dentro de los límites establecidos por la legislación europea; aunque los niveles de mercurio detectados fueron bajos, se encontró niveles altos de Cd, pasando el límite permisible establecido por la FAO-Codex Alimentarius (15).

Análisis de los estudios relacionados con la especie Thunnus obesus: En el océano Pacífico occidental y central (art 7) se capturaron especies de Thunnus obesus, donde se halló que el mercurio (Hg) excede los límites máximos permisibles dispuesto por la FAO/OMS (16). En el municipio de Areia Branca, ubicado en el estado de Rio Grande del Norte en Brasil (art 8) se analizaron ejemplares de thunnus obesus capturados en el océano Atlántico Ecuatorial Occidental, dando a conocer que los niveles de mercurio no exceden los límites máximos permitidos por la FAO/OMS; solamente el 6,7 % del total de las muestras obtenidas superan el límite (17). En el océano Atlántico Sur se capturaron especies de thunnus obesus en tres zonas: áreas costeras de América del Sur (AM), cerca de Sudáfrica (AF) y en el mar abierto en el océano Atlántico Sur (OO) donde se evaluó los niveles de plomo, se dio a conocer que este contaminante está dentro de los límites establecido por la legislación europea (18).

A partir de los diferentes estudios analizados en los diferentes sistemas acuáticos (mar Mediterráneo, Océano Pacífico y Océano Atlántico), se evidencia mayoritariamente que existe contaminación por iones de mercurio y plomo. Una de las razones puede ser por la diferencia en la magnitud de emisiones antropogénicas y naturales para los distintos sectores estudiados. En zonas del mar mediterráneo la contaminación es de tipo antrópica. Por otro lado, en zonas del océano Pacífico, los niveles de mercurio en algunos casos superan los límites legales para el consumo humano,

mientras que el plomo no excede de especificación. Es necesario mencionar que el archipiélago de las Galápagos es de origen volcánico y representa uno de los grupos de islas con mayor actividad volcánica, es decir que la contaminación por mercurio y plomo es de origen geológica. Adicionalmente, las concentraciones de iones de mercurio y plomo también dependen de la especie, tamaño y contenido de grasa y de la alimentación de los peces en aguas profundas.

Resultados de la encuesta acerca de los metales pesados en pescado y su relación con la salud.

A continuación, se presentan las respuestas de cada una de las preguntas planteadas en la encuesta online. La información recopilada en cada caso fue analizada, a fin de conocer el nivel de información que tiene la población objeto de estudio en estos temas. Los resultados son mostrados en porcentajes (%).

I. Aspectos demográficos de los encuestados

Gráfico 1. Género

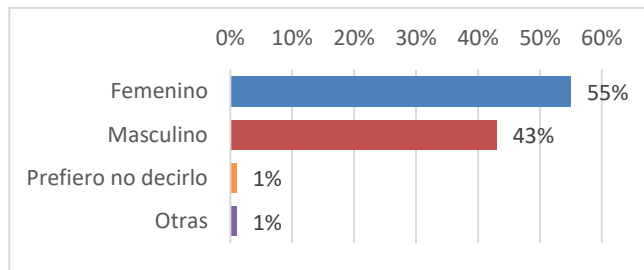


Gráfico 2. Rango de edad (años)

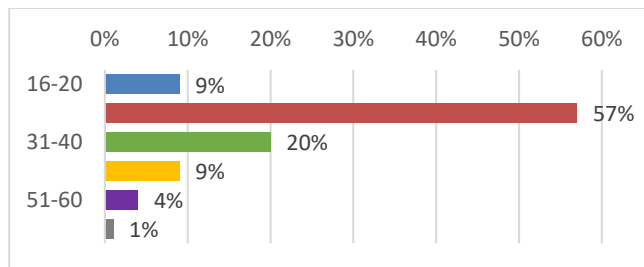
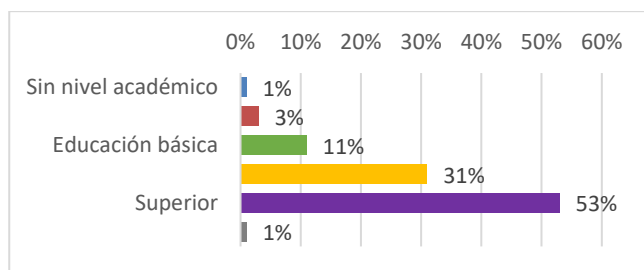


Gráfico 3. Nivel de estudio



El 55% de los encuestados fueron de género femenino. La mayoría de la población entrevistada (57%) está en un rango de edad entre los 21 y 30 años. el 53% tiene nivel de estudio superior, el 31% bachillerato, el 11% educación general básica.

2. Grado de conocimiento sobre los metales pesados como mercurio (Hg) y plomo (Pb)

Gráfico 4. Grado de conocimiento sobre metales pesados: mercurio y plomo

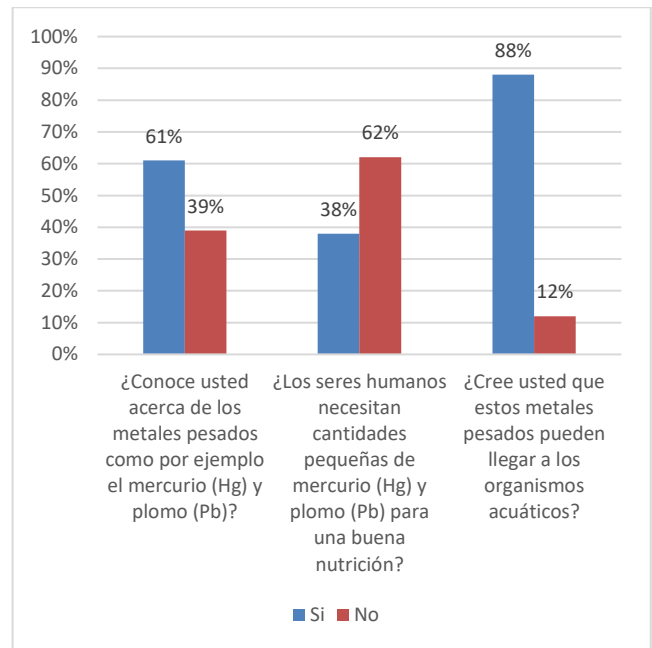
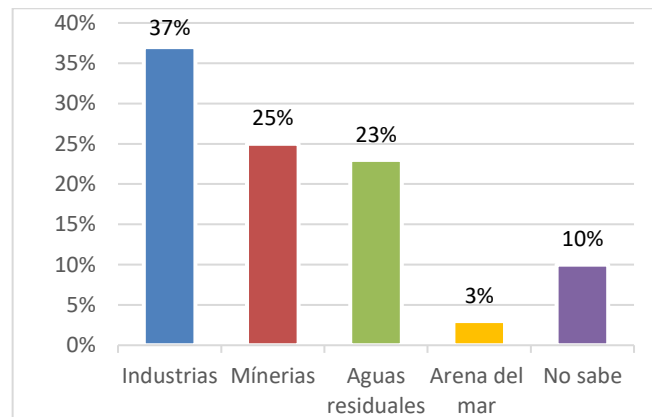


Gráfico 5. ¿Sabe cómo llegan estos metales a contaminar al medio marino?



Según los resultados presentados en el gráfico 4, el 61% de los encuestados tiene conocimiento sobre el mercurio (Hg) y plomo (Pb) y el 39% desconoce sobre estos metales pesados. El 62% de los encuestados están conscientes que los seres humanos no necesitan cantidades pequeñas de mercurio (Hg) y plomo (Pb) para una buena nutrición, sino todo lo contrario, pues son elementos tóxicos.

Asimismo, El 12% de los encuestados no creen que los metales pesados puedan llegar a los organismos acuáticos. Estas personas están en un grave peligro por desconocimiento, podrían estarse alimentando de peces que habitan en lugares contaminados. Los metales pesados llegan a los organismos acuáticos por las descargas de aguas residuales producto de diversas actividades antropogénicas principalmente de tipo industrial, lo que aumenta la concentración de los mismos en el agua (20).

En el gráfico 5. El 37% de los encuestados consideran que la contaminación del medio marino llega a través de la industria, el 25% la minería, el 23% de las aguas residuales, el 10% manifiesto no saber; estudios al respecto del origen de la contaminación de las aguas superficiales han comprobado que estas sustancias tóxicas llegan a los mares a través de minas, granjas y fábricas que arrojan

residuos químicos a los drenajes, y también a través del tratamiento inadecuado de residuos en vertederos privados (19).

3. Grado de conocimiento sobre efectos adversos de los metales pesados en la salud

Gráfico 6. ¿Conoce usted los efectos adversos que ocasionan el mercurio (Hg) y plomo (Pb) en la salud?

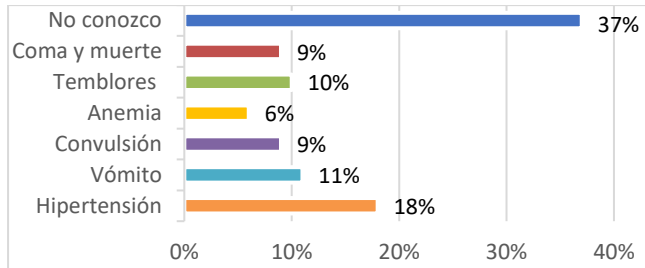


Gráfico 7. ¿Sabe cuál es la manera más común de contaminarse con mercurio (Hg) y plomo (Pb)?

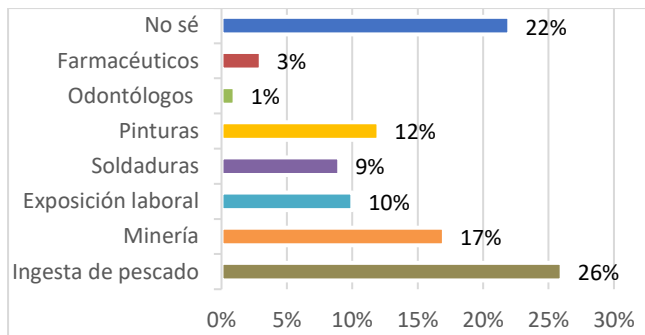
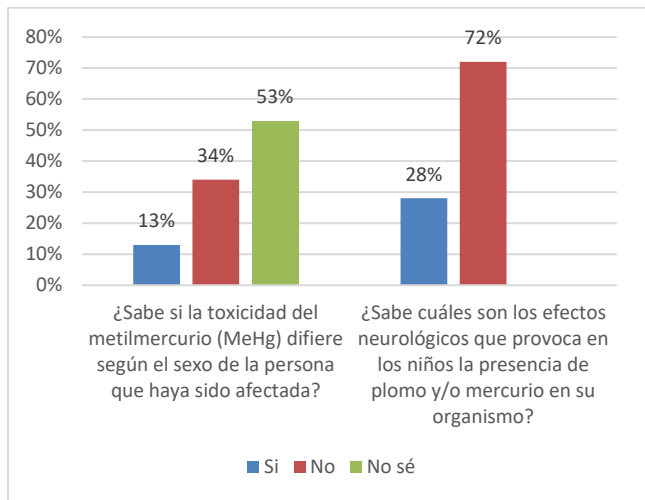


Gráfico 8. Relación entre toxicidad del metilmercurio (MeHg) según el sexo y conocimiento de los efectos neurológicos del plomo y mercurio en niños



Como se indica en el gráfico 6, el 37% de los encuestados afirman no conocer los efectos adversos que ocasionan estos metales pesados; investigaciones sobre el tema revelan que la intoxicación por estos metales provoca el aumento de presión, vómito, convulsiones, ataxia, trastornos del habla, temblores de manos y pies y en casos más graves se producía una encefalopatía grave que conducía al coma y muerte (21).

En lo señalado en el gráfico 7, el 26% de la población conoce que consumir pescado es una fuente de exposición para contaminarse

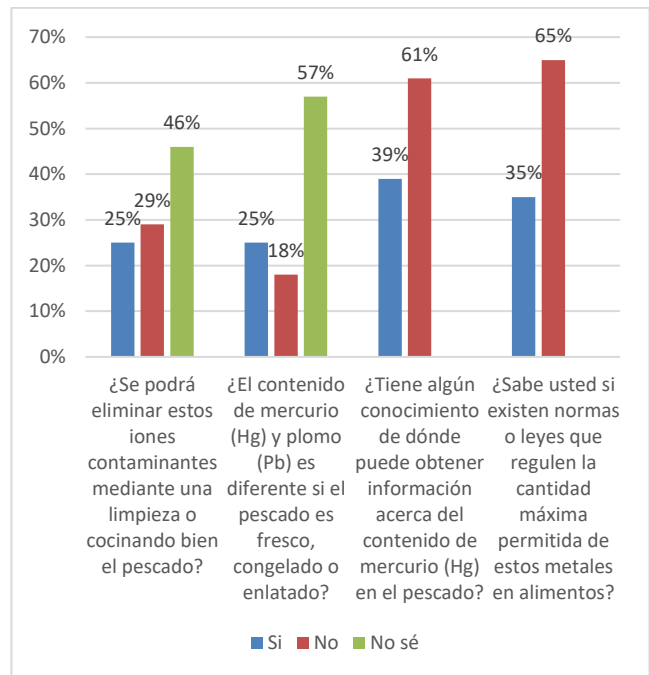
con metales como mercurio y plomo; sin embargo, otro 22% ignora completamente que se pueden contaminar. Al respecto, la manera más común de contaminarse con mercurio y plomo a gran escala son las fuentes antropogénicas, a nivel de industria de plástico, la minería y la fundición con el uso de combustibles fósiles, carbón, gas y petróleo (22).

Con relación a si la toxicidad del metilmercurio difiere del sexo o no (gráfico 8), el 34% se basan en que no importa el sexo, la toxicidad se presenta de manera igual tantos hombres para mujeres. Un 53% desconoce totalmente del tema. No obstante, se conoce que las mujeres pueden más afectadas que los hombres en la edad adulta (23).

Respecto al conocimiento de los efectos neurológicos del plomo y mercurio en niños (gráfico 8), la mayor parte de los encuestados, un 72%, afirman no conocer los efectos neurológicos que provoca los iones contaminantes como el mercurio y plomo. Un 28% sí está informado de los daños que ocasionan estos agentes tóxicos. En el caso de la intoxicación por exposición a concentraciones altas de Hg y Pb en mujeres embarazadas, los neonatos sufrían un cuadro análogo a una parálisis cerebral grave, seguido de un retraso en su desarrollo, presentando ceguera, sordera (24).

4. Grado de conocimiento sobre la contaminación y presencia de metales pesados en el atún que se consume

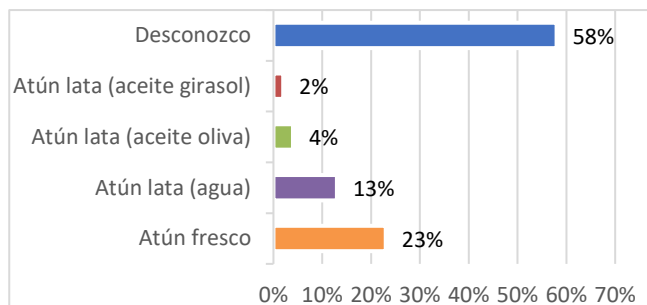
Gráfico 9. Grado de conocimiento sobre la contaminación y presencia de metales pesados en el atún que se consume



En el gráfico 9, se muestra que el 29% de los encuestados alegan que no se puede eliminar estos metales pesados y un 46% de la población no conoce del tema. Por otra parte, se expone que un 57% de la población no tiene conocimiento con relación al contenido de Hg y Pb en las tres formas de presentación del pescado. En relación a dónde obtener información acerca del contenido de mercurio (Hg) en el pescado, la población encuestada respondió mayoritariamente, con el 61%, que no tienen claro de las diferentes herramientas para obtener información acerca de los

contaminantes como Hg y Pb. Finalmente, se puede conocer que hay un 65% de la población que no sabe que hay leyes que regulen la concentración permitida de estos contaminantes.

Gráfico 10. ¿Cuál de estas presentaciones de atún pueden contener mayor contenido de mercurio (Hg) y plomo (Pb)?



De igual forma, el 58% no tiene conocimiento con respecto a qué tipo de presentación de atún puede contener un mayor nivel de mercurio (Hg) y plomo (Pb) (gráfico 10).

Discusión

Por medio de los resultados de esta encuesta se logró evidenciar el desconocimiento que tiene la población respecto a metales pesados y a los riesgos de problemas en la salud. Posorja es un sector pesquero donde se comercializa y se consume a diario productos del mar, fue uno de los sectores encuestados, donde la mayoría de la población presentó desconocimiento con respecto a estos temas por ende es de vital importancia capacitar a la población en estos temas trascendentales con el fin de preservar su salud. Además, es un sector donde está expuesta a contaminación antropogénica por empresas industriales dedicadas a la elaboración de productos enlatados, donde todos sus desechos son arrojados al mar y al medio ambiente, contaminando así a los organismos acuáticos y a la población, por ende, se deberían establecer sistemas de monitorización que controlen estos iones tóxicos en las personas, mares y peces.

Los sistemas de biomonitorización son importantes para conocer la evolución de la exposición al metilmercurio en zonas donde se ha detectado la presencia de estos metales en medios marinos o en pescados. El estudio en niños, adultos, y en la población en general, es de vital importancia para conocer los posibles efectos sobre la salud que pueden provocar las diferentes concentraciones detectadas. Sin embargo, los sistemas de biomonitorización solo se emplean en países desarrollados como Estados Unidos, España, Portugal y Alemania para recolectar, analizar y utilizar información y hacer seguimiento a los trabajadores en el campo agrícola. Dicho procedimiento se realiza empleando muestras de sangre y sus fracciones, así como de orina, pero también pueden utilizarse tejidos y fluidos, como pelo, uñas o leche materna, entre otros (25).

En conclusión, la investigación de estudios previos, evidencia que los problemas que generan las altas concentraciones de mercurio y plomo en el medio acuáticos son las manifestaciones antropogénicas y naturales. Por otra parte, se pudo conocer que el consumo de pescado contaminado con metilmercurio desencadena problema principalmente en el desarrollo del sistema nervioso central en el feto y en el recién nacido, provocando alteraciones en el lenguaje, la atención y la memoria así también como bajo peso al nacer y prematuridad.

Los resultados analizados de las tres especies de atún presentan bioacumulación y biomagnificación de iones de mercurio y plomo. A diferencia de las especies *thunnus albacares* y *thunnus obesus* el *thunnus thynnus* tuvo un nivel mayor de concentración de contaminantes considerando la especie que más bioacumula y biomagnifica metales iones de mercurio y plomo.

Los encuestados, en las diferentes zonas urbanas, rurales y pesqueras demostraron poco conocimiento en temas de metales pesados en pescado y su relación con la salud. Es fundamental instruir a la población de manera rápida para que esté preparada y conozca de los riesgos del consumo de atún contaminado, y así evitar patologías a largo plazo.

Referencias

1. Londoño Franco LF, Londoño Muñoz PT, Muñoz García FG. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biocombustibles* en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2016; 14(2): p. 145-153.
2. Núñez SC. Bioacumulación, toxicidad e interacción de metilmercurio y especies de selenio. 2017. Universidad Complutense de Madrid.
3. Gallegos S. Evaluación de metales pesados (mercurio, plomo y cadmio) en material de descarte de jurel (*Carranx Hippus*) en el Golfo de Urabá, caribe colombiano, como posible materia prima en la elaboración de subproductos. 2016. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias.
4. Chalén F. Mercurio en sedimentos del litoral ecuatoriano, crucero de prospección pesquera T03/10/02D. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*. 2010; 4(2): p. 45-66.
5. Quispe Yana RF, Belizario Quispe G, Chui Betancur HN, Huaquisto Cáceres S, Calatayud Mendoza AP, Yábar Miranda PS. Concentración de metales pesados: Cromo, cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú. *Revista Boliviana de Química*. 2019; 2(36).
6. Osorio García SD, Hernández Flores LJ, Sarmiento R, González Álvarez Y, Pérez Castiblanco DM, Barbosa Devia MZ, et al. Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá 2012/2013. *Revista de Salud Pública*. 2014; 16(4): p. 621-628.
7. García González ÁM. Contenido de metales pesados tóxicos, elementos trazas y esenciales, y macronutrientes en *Thunnus thynnus* y *Scomber colias* en Tenerife, Islas Canarias, España. 2018. Universidad de La Laguna.
8. Organización Mundial de la Salud. Intoxicación por plomo y salud. [Online].; 2018. Available from: <https://aire.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Biblioteca10C.Intoxicaci%C3%B3n-por-plomo-y-salud.pdf>.
9. Organización Mundial de la Salud. Intoxicación por plomo. [Online].; 2021. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
10. Ministerio de Comercio Exterior. Informe sobre el sector atunero ecuatoriano. [Online].; 2017. Available from: <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Reporte-del-sector-atunero.pdf>.
11. Annibaldi A, Truzzi C, Carnevali O, Pignatola P, Api M, Scarponi G, et al. Determination of Hg in Farmed and

-
- Wild Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus* L.) Muscle. *Molecules*. 2019; 24(7).
12. Cammilleri G, Vazzana M, Arizza V, Giunta F, Vella A, Lo Dico G, et al. Mercury in fish products: What's the best for consumers between bluefin tuna and yellowfin tuna? *Natural Product Research*. 2018; 32(4): p. 457-462.
 13. 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: p. 149-154.
 14. Muñoz L, Torres MdL, & Valle C. Ecología trófica, diversidad genética y contaminación por mercurio del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en la Reserva Marina de Galápagos y el continente ecuatoriano. 2016. Universidad San Francisco de Quito USFQ.
 15. Franco-Fuentes E, Moity N, Ramírez-González J, Andrade-Vera S, Hardisson A, González-Weller D, et al. Metals in commercial fish in the Galapagos Marine Reserve: Contribution to food security and toxic risk assessment. *Journal of Environmental Management*. 2021; 286: p. 1-12.
 16. Houssard P, Point D, Tremblay-Boyer L, Allain V, Pethybridge H, Masbou J, et al. A Model of Mercury Distribution in Tuna from the Western and Central Pacific Ocean: Influence of Physiology, Ecology and Environmental Factors. *Environmental Science & Technology*. 2019; 53(3): p. 1422-1431.
 17. De Alencar Goyanna FA. Distribuição de mercúrio em atuns (*Thunnus obesus* e *Thunnus albacares*) capturados no oceano atlântico oeste equatorial. 2016. Universidade Federal do Ceará.
 18. Raimundo J, Caetano M, Vale C, Coelho R, Homens MM, Dos Santos MN. Searching Relationships between Tissue Elemental Concentrations and Geographical Distribution of Bigeye Tuna (*Thunnus Obesus*) from the South Atlantic Ocean. *Journal of FisheriesSciences.com*. 2017; 11(2): p. 64-70.
 19. Pabón E, Benitez R, Sarria-Villa R, Gallo J. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. *Entre Ciencia e Ingeniería*. 2020; 14(27): p. 9-18.
 20. Salas-Mercado D, Hermoza-Gutiérrez M, Salas-Ávila D. Distribución de metales pesados y metaloides en aguas superficiales y sedimentos del Río Crucero, PERÚ. *Revista Boliviana de Química*. 2020; 37(4): p. 185-193.
 21. Calva L, Torres MdR. Metales pesados y sus efectos en el organismo. 2004. Universidad Autónoma Metropolitana.
 22. Barraza MHE, Recavarren M, Sanzano P. Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea. 2018. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
 23. Gaioli M, Amoedo D, Gonzales D. Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. *Archivos Argentinos de Pediatría*. 2012; 110(3): p. 259-264.
 24. González-Estecha M. Documento de consenso sobre la prevención de la exposición al metilmercurio en España. *Nutrición Hospitalaria*. 2015; 31(1): p. 16-31.
 25. Ibarluzea J, Aurrekoetxea J, Porta M, Sunyer J, Ballester F. La biomonitorización de sustancias tóxicas en muestras biológicas de población general. *Elsevier Enhanced Reader*. 2016; 30(51): p. 45-54.