

MERCURIO EN TÚNIDOS ENLATADOS



MARIELA CASTELLANO
BAQUERO

Tutor: Dr. Arturo Hardisson de la Torre

Cotutora: Dra. Soraya Paz Montelongo

Área: Toxicología

Curso: 2022-2023

Índice

RESUMEN.....	3
ABSTRACT	3
PALABRAS CLAVE	4
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS.....	6
MATERIAL Y MÉTODOS	6
Muestras.....	6
Preparación de las muestras	7
Determinación del contenido de mercurio.....	8
Análisis estadístico	8
Cálculos de la ingesta dietética de mercurio.....	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
Contenido de mercurio en atún al natural enlatado.....	9
Comparación con otros autores.....	11
Evaluación de la ingesta dietética de mercurio.....	11
Caracterización del riesgo.....	12
CONCLUSIONES	17
REFERENCIAS	18

RESUMEN

El mercurio es un elemento químico que ha causado controversia en cuanto a su presencia en los atunes y su relación con la salud humana. La exposición dietética a este elemento, en su forma orgánica, como metilmercurio, puede causar enfermedades severas en los humanos. Los productos pesqueros y, en especial, el atún, se señalan como fuentes importantes de metilmercurio. Sin embargo, se ha demostrado que no todas las especies acumulan metilmercurio en concentraciones peligrosas para la salud humana y por ello, se ha llevado a cabo este estudio. El objetivo principal es determinar el contenido de mercurio total en muestras de atún enlatado comercializados en Tenerife y evaluar la exposición dietética. Se han adquirido un total de 60 muestras de atún enlatado en su presentación al natural. Se encontró la mayor concentración en la marca Carrefour (0.858 mg/kg). La ingesta de mercurio total da lugar a unos porcentajes de contribución de 4.7% (para ancianos con un peso corporal de 71.2 kg) a 73.68% (para infantes de 4.8 kg de peso corporal). Considerando los resultados obtenidos el único grupo poblacional que presentaría riesgo por consumo de mercurio por atún enlatado sería los infantes, sin embargo, no forma parte de su dieta habitual.

ABSTRACT

Mercury is a chemical element that has caused controversy regarding its presence in tuna and its relation to human health. Dietary exposure to this element, in its organic form, as methylmercury, can cause severe diseases in humans. Fishery products, and especially tuna, are reported as important sources of methylmercury. However, it has been shown that not all species accumulate methylmercury in dangerous concentrations for human health and therefore this study has been carried out. The main objective is to determine the total mercury content in samples of canned tuna marketed in Tenerife and to evaluate dietary exposure. A total of 60 samples of canned tuna have been acquired in their natural appearance. The highest concentration was found in Carrefour brand (0.858 mg/kg). Total mercury intake gives rise to contribution percentages of 4.7% (for the elderly with a body weight of 71.2 kg) to 73.68% (for infants with a body weight of 4.8 kg). According to the results obtained, the only population group that would be at risk for mercury consumption from canned tuna would be infants; however, it is not part of their regular diet.

PALABRAS CLAVE

Atún enlatado, mercurio, toxicidad, evaluación del riesgo.

INTRODUCCIÓN

El atún o Thunnus, como científicamente se conoce a esta familia perteneciente a los escómbridos, es una especie marina pelágica y migratoria que se organiza en grandes bancos en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico [1, 2].

Desde tiempos prehistóricos ha sido una fuente muy importante de alimento, existiendo referencias históricas que demuestran que hace más de 6.000 años se capturaba atún en Europa, Norte de América y en la cultura jaman de Japón [2].

La técnica de enlatar el pescado empezó a desarrollarse durante las guerras napoleónicas, pero no fue hasta 100 años después, en California 1903, cuando se empezó a enlatar el atún blanco. Es posible que los productos atuneros hayan figurado entre los primeros productos alimentarios procesados comercializados [1, 2].

En la actualidad, el atún es uno de los pescados más consumidos en todo el mundo. Debido a su amplia área de distribución, cuenta con una gran estacionalidad que permite su disponibilidad en el mercado durante todo el año [2]. Además, su consumo se ha popularizado debido a sus múltiples beneficios, entre los que destacan su alto contenido en proteínas de calidad, así como por ser una fuente de nutrientes fundamentales para nuestro organismo, como son los ácidos grasos omega-3, el selenio, el magnesio, el potasio y la vitamina B [3].

Sin embargo, en el último siglo, como consecuencia de las actividades humanas y las grandes industrias, se ha producido una degradación ambiental y ecológica en el medio marino. Este proceso ha ocasionado que en estos ecosistemas se produzca un aumento en la concentración de elementos con alta relevancia toxicológica como el Mercurio (Hg) [4].

El mercurio es un metal pesado que presenta diferentes toxicidades según la forma química en la que se encuentre [3]. Cuando la vía de acceso al organismo es a través del sistema digestivo, el metilmercurio (MeHg), agente neurotóxico, es el compuesto con mayor impacto, dada su liposolubilidad, es decir, su capacidad para acumularse en los tejidos [4]. En los ecosistemas marinos, el metilmercurio presente es rápidamente absorbido por las algas y plancton, contaminando a los peces que lo consumen.

Asimismo, la cantidad de mercurio en los peces está relacionada con su posición dentro de la cadena trófica, por tanto, los peces depredadores, de gran tamaño y más longevos, como el atún, tienen concentraciones más altas [5].

El consumo de pescado contaminado ha sido directamente relacionado como la principal fuente de exposición de los seres humanos al metilmercurio. Los efectos nocivos del MeHg se conocen desde finales del siglo XX, debido a la intoxicación masiva que se produjo por el consumo de pescado contaminado en la bahía de Minamata (Japón), así como a la grave intoxicación que se produjo en 1991 en Iraq. Tras estos incidentes, las investigaciones se dirigieron a conocer los riesgos que suponían para la salud pública la exposición crónica pero baja al MeHg por un consumo habitual de pescado. Aunque los efectos perjudiciales del metilmercurio mejor documentados son los que se producen sobre el desarrollo del sistema nervioso en el feto y en el recién nacido, cada vez hay más estudios que indican que también puede afectar a la función cognitiva, reproducción y especialmente al riesgo cardiovascular en la población adulta [6].

Por todos estos motivos, la European Food Safety Authority (EFSA) ha establecido una ingesta semanal tolerable provisional de $1.6 \mu\text{g}/\text{semana} \cdot \text{kg}$ peso corporal para el MeHg y de $4 \mu\text{g}/\text{semana} \cdot \text{kg}$ peso corporal para el Hg [7]. Además, las autoridades sanitarias realizan controles para determinar la cantidad de mercurio presente en los alimentos [5].

Según estudios realizados, el atún enlatado tiene, de forma general, menores cantidades de mercurio que los filetes de atún frescos por dos motivos principales: las especies de atún utilizadas son más pequeñas (a mayor tamaño, mayor mercurio) y el atún es más joven (más edad, más tiempo acumulando mercurio) [8]. Sin embargo, resulta

interesante determinar y evaluar la exposición a mercurio en el atún enlatado con el objetivo de conocer si existe un riesgo para la salud de la población consumidora o no.

OBJETIVOS

Considerando el interés en cuanto al mercurio y su relación con el atún, los objetivos del presente estudio son los que se indican a continuación:

1. Determinar el contenido de mercurio en atún natural enlatado comercializado en las Islas Canarias.
2. Estudiar la existencia de diferencias estadísticas en cuanto al contenido de mercurio entre las diferentes marcas de atún al natural enlatado (Carrefour vs Hacendado).
3. Evaluar la exposición dietética a mercurio procedente del consumo de atún natural enlatado.
4. Caracterizar el riesgo considerando diferentes escenarios de consumo y los grupos poblacionales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestras

Se tomaron un total de 60 muestras de 2 marcas blancas de atún al natural enlatado (Carrefour vs Hacendado). El atún procedía de orígenes diferentes. La siguiente tabla recoge la información de las muestras analizadas (Tabla 1).

Tabla 1. Características de las muestras de atún al natural enlatado analizadas

Marca	Nº. muestras	Tipo	Superficie comercial
Hacendado	20	Indeterminado	Supermercado
Carrefour	20	Classic	Supermercado
Carrefour	20	Original	Supermercado

Preparación de las muestras

En primer lugar, las muestras fueron secadas en papel de filtro para eliminar el exceso de agua contenido en las latas. A continuación, utilizando una báscula de precisión analítica, se pesó 1 g de cada una de las muestras en los diferentes tubos reactores y se adicionaron 6 ml de HNO₃ al 65%, 2 ml de HCl y 1 ml de H₂O₂ al 30% en cada uno de los tubos reactores. Finalmente, las muestras fueron sometidas a un proceso de digestión en medio ácido utilizando para ello un microondas de digestión (Multiwave GO, Anton Paar GO, Austria) [9, 10].

El proceso de digestión en el microondas se basó en un programa dividido en cuatro fases, con un total de una hora y cuarenta minutos de duración (Tabla 2). Las condiciones de cada una de las fases fueron las siguientes [11]:

- i. Fase inicial de cinco minutos de duración hasta alcanzar una temperatura de 100°C, manteniéndola durante cinco minutos más.
- ii. Una segunda fase de cinco minutos de duración hasta alcanzar los 150°C, manteniéndolos durante cinco minutos más.
- iii. Una tercera fase de cinco minutos de duración hasta alcanzar los 200°C, manteniéndolos durante cinco minutos más.
- iv. Una última fase de diez minutos de duración hasta alcanzar los 250°C, manteniendo dicha temperatura durante 60 minutos. La gráfica de las fases del proceso se detalla en la Figura 1.

Tabla 2. Condiciones instrumentales del proceso de digestión por microondas.

Fase	Rampa (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	5	100	5
2	5	150	5
3	5	200	5
4	10	250	60



Figura 1. Rampa de temperatura del proceso de digestión.

Determinación del contenido de mercurio

Una vez finalizado el proceso de digestión, cada una de las muestras fueron filtradas en un matraz aforado que se enrasó con agua miliequivalente hasta alcanzar un volumen de 10 ml. Posteriormente, se trasladaron a tubos volumétricos para llevar a cabo la determinación del contenido de mercurio de cada una de las muestras mediante un espectrofotómetro de absorción atómica de vapor frío (AS-800, Perkin Elmer, USA) (CV-AAS) con un sistema de inyección de flujo (FIMS-400, Perkin Elmer, USA) [11, 12].

La Tabla 3 recoge las longitudes de onda instrumentales y los límites de cuantificación del método.

Tabla 3. Longitud de onda (nm) y límite de cuantificación (LOQ) del método empleado.

Metal tóxico	Longitud de onda (nm)	LOQ (mg/kg)
Hg	253,7	0,10

Análisis estadístico

Se ha empleado el software GraphPad Prism 8.0.1 para examinar posibles discrepancias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en los niveles de mercurio entre las marcas sometidas a análisis. Los datos no exhibían una distribución normal, por lo cual se aplicaron pruebas no paramétricas de variable independiente, como el test de Kruskal Wallis y el test de Mann-Whitney [10, 13].

Cálculos de la ingesta dietética de mercurio

La evaluación del riesgo requiere de calcular la ingesta semanal estimada (ISE) de mercurio procedente del consumo del atún al natural enlatado. La ISE, expresada en mg de mercurio ingerido por día, se obtiene de la siguiente forma (Ecuación 1):

Ecuación 1. Cálculo de la ingesta semanal estimada.

$$ISE = \text{Ración de atún} \left(\frac{kg}{día} \right) \times \text{Concentración de mercurio} \left(\frac{mg}{kg} \right)$$

Una vez obtenidos los valores de la ISE, considerando el consumo de 1 a 3 latas de atún al natural al día, se obtienen los porcentajes de contribución a los valores de referencia a través de la siguiente expresión (Ecuación 2):

Ecuación 2. Cálculo del porcentaje de contribución al valor de referencia.

$$\text{Contribución (\%)} = \frac{ISE}{IST} \times 100$$

Cabe destacar que, el valor de ingesta semanal tolerable (IST) de mercurio ha sido fijado por la EFSA y es de 4 µg/semana·kg peso corporal para el mercurio total [7]. Nos referiremos a este valor puesto que, en la regulación europea sobre los contaminantes en alimentos se hace referencia al contenido de mercurio total y no al contenido de metilmercurio [14].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de mercurio en atún al natural enlatado

La siguiente tabla recoge las concentraciones de mercurio en las muestras analizadas (Tabla 4).

Tabla 4. Concentración media (mg/kg) de mercurio en el atún al natural enlatado analizado.

Estadístico	Marca		Denominación			Total
	Hacendado	Carrefour	Indeterminado	Classic	Original	
Promedio (mg/kg)	0.060	0.177	0.060	0.291	0.063	0.138
Max (mg/kg)	0.152	0.858	0.152	0.858	0.080	0.859
Min (mg/kg)	0.001	0.034	0.001	0.034	0.038	0.001
DS (mg/kg)	0.037	0.259	0.037	0.336	0.015	0.218
N	10	20	10	10	10	30

Como puede observarse en el estudio por marcas, el contenido medio más elevado de mercurio se ha registrado en la marca de Carrefour, con una concentración media de 0,177 mg/kg. Este valor se debe a que en alguna de las muestras analizadas se obtuvo un valor de contenido máximo de 0,858 mg/kg, lo que indica que esa muestra se aproximaría al límite establecido en la reglamentación europea vigente *Commision Regulation (EU) 2023/915 OF April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006*, fijado en un contenido máximo de 1.0 mg/kg de mercurio en el pescado [14].

Además, se ha realizado una representación gráfica de los resultados, donde se puede observar sus respectivas desviaciones estándares con la representación en bigotes (Figura 2).

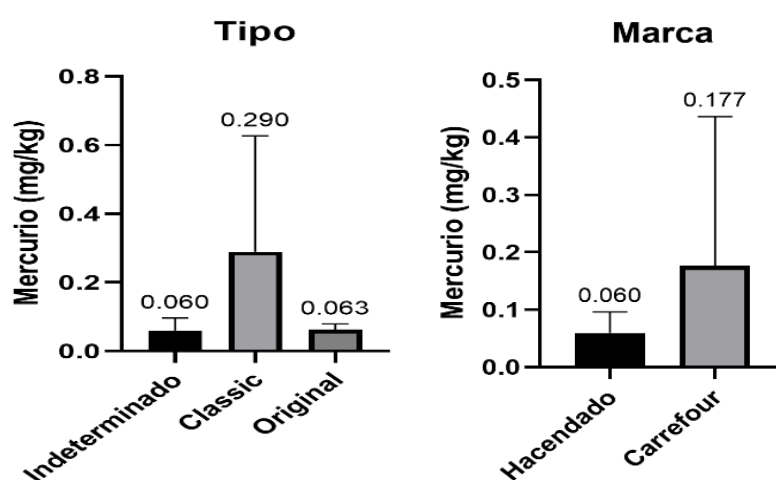


Figura 2. Gráficos de contenido de mercurio por tipo de lata de atún (izq) y contenido de mercurio por marca (der).

En estos gráficos se aprecia como la marca Carrefour presenta un mayor contenido de mercurio (mg/kg) que la marca Hacendado, siendo casi cinco veces más alto en el caso del tipo de lata de atún “Classic”, que en el resto de los tipos.

Se ha demostrado que estas diferencias significativas en los resultados obtenidos del estudio se deben a que la acumulación de metales en los organismos marinos está influenciada por diversos factores bióticos y abióticos como la edad, el tamaño, el sexo, los hábitos alimenticios, la temperatura del agua, la salinidad y otros parámetros fisicoquímicos del medio marino [15].

Comparación con otros autores

Se han encontrado concentraciones de 0.071 a 0.588 $\mu\text{g/g}$ peso húmedo, siendo la media $0.256 \pm 0.215 \mu\text{g/g}$ en un estudio de Brasil sobre el contenido de mercurio en 69 muestras de atún enlatado [16]. Estos resultados son acordes a los encontrados por Storelli et al. 2010 y Gerstenberger et al. 2010 donde se encontraron concentraciones de 0.040 a 0.1790 y $0.807 \pm 0.298 \text{ mg/kg}$, respectivamente [17, 18]. Mientras que un estudio de 2572 muestras del Pacífico realizado en Ecuador muestra un intervalo de 0.021 a 1.490 mg/kg peso húmedo siendo la media $0.23 \pm 0.14 \text{ mg/kg}$ peso húmedo [19]. Estos resultados contrastan con los obtenidos en el presente estudio, cuyas concentraciones son notablemente inferiores, oscilando de los 0.010 a 0.858 mg/kg peso seco, siendo la media $0.138 \pm 0.218 \text{ mg/kg}$ peso seco.

Evaluación de la ingesta dietética de mercurio

En función del estudio realizado anteriormente, se han calculado las ingestas semanales estimadas de mercurio procedente del consumo del atún al natural enlatado por marca y denominación. Para la realización de la tabla, se ha considerado una ración como 80 g de atún enlatado, ya que es el contenido habitual de estos productos.

Tabla 5. Ingestas Semanales Tolerables (ISE) por Marca y tipo para 1,2 y 3 latas de atún enlatado.

Raciones	ISE (mg/semana)					Media
	Marca		Denominación			
	Carrefour	Hacendado	Indeterminado	Classic	Original	
1	0.014	0.005	0.005	0.023	0.005	0.011
2	0.028	0.010	0.010	0.047	0.010	0.022
3	0.042	0.014	0.014	0.070	0.015	0.033

Caracterización del riesgo

La evaluación del riesgo por el consumo de mercurio no se ha realizado en base a la ingesta global de este metal, sino a la aportada exclusivamente por el atún enlatado. Por lo que a partir de porcentajes de contribución a la IST establecida por la EFSA (4µg/semana·kg peso corporal) superiores al 15% se podría estar ante un posible escenario de riesgo si se tuviera en cuenta el resto del aporte dietético.

En la Tabla 6 podemos ver cómo no existe riesgo en poblaciones con edades superiores a los 3 años por el consumo de una ración sin importar la marca, sin embargo, para niños e infantes si existiría riesgo, siendo mayor en las latas de la marca Carrefour. No obstante, cabe mencionar que no suele formar parte de su alimentación diaria. De la misma forma, se observa cómo una ración del tipo Classic presenta un riesgo de consumo mucho más elevado frente al tipo Indeterminado y al tipo Original, llegando a superar el 100% de la contribución en infantes.

En el escenario de consumo de dos raciones (Tabla 7), se encuentran porcentajes de contribución a la IST establecida por la EFSA superiores al 20% en niños de hasta 3 años sin importar la marca, siendo mayor en Carrefour (30.62%), para el resto de los grupos poblacionales no se aprecia un posible riesgo en función de las marcas. Sin embargo, en cuanto al tipo de producto, Classic muestra porcentajes de contribución que podrían ser considerados problemáticos incluso en adolescentes hasta 14 años.

En el escenario de consumo de tres (Tabla 8), según marcas se pueden encontrar porcentajes de contribución superiores al 100% en población de hasta 1 año de edad, sin embargo, como se ha mencionado con anterioridad, estos productos no forman parte de la dieta habitual de estos grupos poblacionales. En cuanto a los tipos se encuentran

porcentajes de contribución superiores al 20% para todos los grupos poblacionales en el tipo Classic, mientras que Indeterminado y Original no superan el 5%.

Tabla 6. Porcentajes de contribución para los diferentes grupos poblacionales por marca y tipo para 1 Ración.

Grupo de edad	Sexo	Edad	Peso medio (kg)	Porcentaje de contribución a la IST de la EFSA				
				Hacendado	Carrefour	Indeterminado	Classic	Original
Infantes	Indiferente	0-3 meses	4.8	24.87	73.68	24.87	121.17	26.19
		3-6 meses	6.7	17.82	52.78	17.82	86.80	18.76
		6-12 meses	8.8	13.57	40.19	13.57	66.09	14.28
Niños		1-3 años	11.9	10.03	29.72	10.03	48.87	10.56
		3-10 años	23.1	5.17	15.31	5.17	25.18	5.44
Adolescentes		10-14 años	43.4	2.75	8.15	2.75	13.40	2.90
	14-18 años	61.3	1.95	5.77	1.95	9.49	2.05	
Adultos	Mujer	18-64 años	67.2	1.78	5.26	1.78	8.65	1.87
	Hombre	18-64 años	82	1.46	4.31	1.46	7.09	1.53
	Hombres y mujeres	18-64 años	73.9	1.62	4.79	1.62	7.87	1.70
Ancianos	Mujer	65-75 años	70.6	1.69	5.01	1.69	8.24	1.78
	Hombre	65-75 años	82.2	1.45	4.30	1.45	7.08	1.53
	Hombres y mujeres	65-75 años	76	1.57	4.65	1.57	7.65	1.65
	Mujer	>75 años	66.4	1.80	5.33	1.80	8.76	1.89
	Hombre	>75 años	77.1	1.55	4.59	1.55	7.54	1.63
	Hombres y mujeres	>75 años	71.2	1.68	4.97	1.68	8.17	1.77

Tabla 7. Porcentajes de contribución para los diferentes grupos poblacionales por marca y tipo para 2 raciones.

Grupo de edad	Sexo	Edad	Peso medio (kg)	Porcentaje de contribución a la IST de la EFSA				
				Hacendado	Carrefour	Indeterminado	Classic	Original
Infantes	Indiferente	0-3 meses	4.8	49.74	147.35	49.74	242.33	52.37
		3-6 meses	6.7	35.63	105.56	35.63	173.61	37.52
		6-12 meses	8.8	27.13	80.37	27.13	132.18	28.57
Niños		1-3 años	11.9	20.06	59.44	20.06	97.75	21.12
		3-10 años	23.1	10.34	30.62	10.34	50.35	10.88
Adolescentes		10-14 años	43.4	5.50	16.30	5.50	26.80	5.79
	14-18 años	61.3	3.89	11.54	3.89	18.98	4.10	
Adultos	Mujer	18-64 años	67.2	3.55	10.53	3.55	17.31	3.74
	Hombre	18-64 años	82	2.91	8.63	2.91	14.19	3.07
	Hombres y mujeres	18-64 años	73.9	3.23	9.57	3.23	15.74	3.40
Ancianos	Mujer	65-75 años	70.6	3.38	10.02	3.38	16.48	3.56
	Hombre	65-75 años	82.2	2.90	8.60	2.90	14.15	3.06
	Hombres y mujeres	65-75 años	76	3.14	9.31	3.14	15.31	3.31
	Mujer	>75 años	66.4	3.60	10.65	3.60	17.52	3.79
	Hombre	>75 años	77.1	3.10	9.17	3.10	15.09	3.26
	Hombres y mujeres	>75 años	71.2	3.35	9.93	3.35	16.34	3.53

Tabla 8. Porcentajes de contribución para los diferentes grupos poblacionales por marca y tipo para 3 raciones.

Grupo de edad	Sexo	Edad	Peso medio (kg)	Porcentaje de contribución a la IST de la EFSA				
				Hacendado	Carrefour	Indeterminado	Classic	Original
Infantes	Indiferente	0-3 meses	4.8	74.61	221.03	74.61	363.50	78.56
		3-6 meses	6.7	53.45	158.35	53.45	260.41	56.28
		6-12 meses	8.8	40.70	120.56	40.70	198.27	42.85
Niños		1-3 años	11.9	30.09	89.15	30.09	146.62	31.69
		3-10 años	23.1	15.50	45.93	15.50	75.53	16.32
Adolescentes		10-14 años	43.4	8.25	24.45	8.25	40.20	8.69
	14-18 años	61.3	5.84	17.31	5.84	28.46	6.15	
Adultos	Mujer	18-64 años	67.2	5.33	15.79	5.33	25.96	5.61
	Hombre	18-64 años	82	4.37	12.94	4.37	21.28	4.60
	Hombres y mujeres	18-64 años	73.9	4.85	14.36	4.85	23.61	5.10
Ancianos	Mujer	65-75 años	70.6	5.07	15.03	5.07	24.71	5.34
	Hombre	65-75 años	82.2	4.36	12.91	4.36	21.23	4.59
	Hombres y mujeres	65-75 años	76	4.71	13.96	4.71	22.96	4.96
	Mujer	>75 años	66.4	5.39	15.98	5.39	26.28	5.68
	Hombre	>75 años	77.1	4.64	13.76	4.64	22.63	4.89
	Hombres y mujeres	>75 años	71.2	5.03	14.90	5.03	24.51	5.30

CONCLUSIONES

1. Se ha determinado el contenido de mercurio en 60 muestras de atún enlatado, encontrándose una concentración promedio de 0.138 ± 0.218 mg/kg peso seco. Siendo el máximo 0.858 y el mínimo 0.010 mg/kg peso seco.
2. Las mayores concentraciones se han encontrado en la marca Carrefour (0.177 ± 0.259 mg/kg peso seco) y en el tipo Classic (0.291 ± 0.336 mg/kg peso seco).
3. Se ha realizado la evaluación dietética para diferentes grupos poblacionales y escenarios de consumo. En un escenario de consumo de una ración (80g) semanales la exposición dietética semanal sería de 0.011 (mg/semana).
4. Según los resultados obtenidos no se aprecia un posible riesgo por ingesta de mercurio por consumo de atún enlatado en el escenario de consumo de una ración semanal, salvo para los infantes y niños hasta 3 años. Por lo que se aconseja limitar o moderar su consumo en estos grupos poblacionales.
5. Además, se aconseja realizar un consumo responsable y moderado de estos productos en todos los grupos poblacionales para evitar superar los valores de contribución observados en el tercer escenario.
6. Los datos presentaron grandes variaciones, esto demuestra la necesidad de proporcionar más información a los consumidores sobre la trazabilidad de los productos, para aumentar la consciencia y el conocimiento sobre los productos que son comercializados y consumidos por la población.

REFERENCIAS

- [1] Hardisson de la Torre, Arturo; Lozano Soldevilla, G. Mercurio en especies marinas. *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos* **1985**, 59-65. Available online: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5248523>.
- [2] MAPA El mercado de los túnidos en España. *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente* **2015**.
- [3] Paloy, N. Atún, uno de los pescados azules con menos grasa. *La Vanguardia* **2016**.
- [4] Carocci, A.; Rovito, N.; Sinicropi, M.S.; Genchi, G. In *Mercury Toxicity and Neurodegenerative Effects*; Whitacre, D.M., Ed.; Reviews of Environmental Contamination and Toxicology; Springer International Publishing: Cham, 2014; pp 1-18.
- [5] AESAN Recomendaciones de consumo en pescado por presencia de mercurio. *Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición* **2019**.
- [6] González-Estecha, M.; Bodas-Pinedo, A.; Rubio-Herrera, M.Á.; Martell-Claros, N.; Trasobares-Iglesias, E.M.; Ordóñez-Iriarte, J.M.Á.; Guillón-Párez, J.J.; Herráiz-Martínez, M.Á.; García-Donaire, J.A.; Farrón-Rovira, R.; Calvo-Manuel, E.; Martínez-Alvarez, J.R.; Llorente-Ballesteros, M.Á.T.; Sáinz-Martín, M.; Martínez-Astorquiza, T.; Martínez-García, M.Á.J.; Bretón Lesmes, I.; Cuadrado-Cenzual, M.Á.Á.; Prieto-Menchero, S.; Gallardo-Pino, C.; Moreno-Rojas, R.; Bermejo-Barrera, P.; Torres-Moreno, M.; Arroyo-Fernández, M.; Calle-Pascual, A. Efectos sobre la salud del metilmercurio en niños y adultos: estudios nacionales e internacionales. *Nutrición Hospitalaria* **2014**, *30*, 989-1007.
- [7] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain, (CONTAM) Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal* **2012**, *10*, 2985, 10.2903/j.efsa.2012.2985. Available online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2985>.
- [8] Australia and New Zealand Gov Mercury in fish. Advice on fish consumption. *Food Standards* **2020**.

- [9] Rodríguez, M.; Gutiérrez, ÁJ.; Rodríguez, N.; Rubio, C.; Paz, S.; Martín, V.; Revert, C.; Hardisson, A. Assessment of mercury content in Panga (*Pangasius hypophthalmus*). *Chemosphere* **2018**, *196*, 53-57, 10.1016/j.chemosphere.2017.12.137. Available online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004565351732115X>.
- [10] Franco-Fuentes, E.; Moity, N.; Ramírez-González, J.; Andrade-Vera, S.; Hardisson, A.; Paz, S.; Rubio, C.; Martín, V.; Gutiérrez, ÁJ. Mercury in fish tissues from the Galapagos marine reserve: Toxic risk and health implications. *Journal of Food Composition and Analysis* **2023**, *115*, 104969, 10.1016/j.jfca.2022.104969. Available online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157522005877>.
- [11] Rubio, C.; Gutiérrez, ÁJ.; Hardisson, A.; Martín, V.; Revert, C.; Pestana Fernandes, P.J.; Horta Lopes, D.J.; Paz-Montelongo, S. Dietary Exposure to Toxic Metals (Cd, Pb and Hg) from Cereals Marketed in Madeira and the Azores. *Biol. Trace Elem. Res.* **2023**, 10.1007/s12011-023-03643-x. Available online: <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03643-x>.
- [12] Hardisson, A.; Padron, G.; De Bonis, A.; Sierra, A. Determination of Mercury in Fish by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry. *Atomic spectroscopy* **1999**, *5*, 191-193.
- [13] McKight, P.E.; Najab, J. Kruskal-Wallis Test. *The Corsini Encyclopedia of Psychology* **2022**, *1*.
- [14] European Union Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006 (Text with EEA relevance). **2023**.
- [15] Storelli, M.M.; Giacomini-Stuffler, R.; Storelli, A.; Marcotrigiano, G.O. Accumulation of mercury, cadmium, lead and arsenic in swordfish and bluefin tuna from the Mediterranean Sea: A comparative study. *Mar. Pollut. Bull.* **2005**, *50*, 1004-1007, 10.1016/j.marpolbul.2005.06.041. Available online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X05002857>.
- [16] Alva, C.V.; Mársico, E.T.; Ribeiro, Roberta de Oliveira Resende; Carneiro, C.d.S.; Simões, J.S.; Ferreira, M.d.S. Concentrations and health risk assessment of total mercury in canned tuna marketed in Southeast Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis* **2020**,

88, 103357, 10.1016/j.jfca.2019.103357. Available online:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157519310786>.

[17] Storelli, M.M.; Barone, G.; Cuttone, G.; Giungato, D.; Garofalo, R. Occurrence of toxic metals (Hg, Cd and Pb) in fresh and canned tuna: Public health implications. *Food and Chemical Toxicology* **2010**, *48*, 3167-3170, 10.1016/j.fct.2010.08.013. Available online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691510005235>.

[18] Gerstenberger, S.L.; Martinson, A.; Kramer, J.L. An evaluation of mercury concentrations in three brands of canned tuna. *Environmental Toxicology and Chemistry* **2010**, *29*, 237-242, 10.1002/etc.32. Available online: <https://doi.org/10.1002/etc.32>.

[19] Ormaza-González, F.I.; Ponce-Villao, G.; Pin-Hidalgo, G. Low mercury, cadmium and lead concentrations in tuna products from the eastern Pacific. *Heliyon* **2020**, *6*, 10.1016/j.heliyon.2020.e04576. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04576>.