

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

**DETERMINACIÓN DE MERCURIO TOTAL EN CONSERVAS
DE ATÚN COMERCIALIZADAS EN LA CIUDAD
DE TACNA, 2023**

TESIS

Presentada por:

Bach. Edith Yovana Mamani Aquise

Para optar el Título Profesional de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

TACNA – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

**DETERMINACIÓN DE MERCURIO TOTAL EN CONSERVAS
DE ATÚN COMERCIALIZADAS EN LA CIUDAD
DE TACNA, 2023**

TESIS

Presentada por:

Bach. EDITH YOVANA MAMANI AQUISE

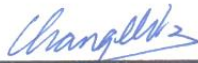
Para optar el Título Profesional de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

Aprobada por UNANIMIDAD, ante el siguiente jurado



Mgr. Juan Carlos Efrain Cervantes Zegarra
Presidente



Dr. Juan José Evaristo Changllo Roas
Miembro



Mgr. Orlando Agustín Rivera Benavente
Miembro



Mgr. Royer Luis Castro Huarachi
Asesor


CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Mgr. ROYER LUIS CASTRO HUARACHI** en mi condición de asesor acreditado por la RESOLUCIÓN DE FACULTAD N° 12174-2023-FACS-UNJBG, de la tesis de Investigación titulada: “**DETERMINACIÓN DE MERCURIO TOTAL EN CONSERVAS DE ATÚN COMERCIALIZADAS EN LA CIUDAD DE TACNA, 2023.**”, presentado por la **BACH. EDITH YOVANA MAMANI AQUISE** para optar el título profesional de **QUÍMICO FARMACÉUTICO**.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel permitido con un porcentaje de 6%.

Por lo que **CERTIFICO LA SIMILITUD** de SIMILITUD BAJA de la tesis estando de acuerdo al **NIVEL PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.


Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención del Título Profesional de Químico Farmacéutico.



ASESOR
DNI: 45081233



Nombre y apellidos del asesor: ROYER LUIS CASTRO HUARACHI



TESISTA
DNI: 76197108



Nombre y apellidos del tesista: EDITH YOVANA MAMANI AQUISE



DEDICATORIA

A mi padre Justino por ser mi consejero y ejemplo de perseverancia y a mi madre Constantina por ser mi ejemplo de superación, a mis hermanas Carmen y Nancy que me apoyaron constantemente. A mi amiga Rossmery que me brindó todo su apoyo en el desarrollo de la tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a Dios por darme fortaleza día a día para seguir avanzando de los obstáculos presentes en cada paso de mi vida.

A mi asesor y docente Dr. Royer Castro Huarachi, por brindarme sus consejos y conocimientos que aportaron para la realización de este estudio.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.2.1. Problema principal.....	9
1.2.2. Problemas secundarios	9
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	10
1.4. OBJETIVOS	12
1.4.1. Objetivo general	12
1.4.2. Objetivos específicos.....	12

1.5.	HIPÓTESIS	13
1.6.	DETERMINACION DE VARIABLE	14
1.6.2.	Variable de interés.....	14
1.7.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	15
	CAPÍTULO II.....	16
	MARCO TEÓRICO	16
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.1.1	Antecedentes internacionales	16
2.1.2	Antecedentes nacionales	20
2.2.	BASES TEÓRICAS	23
2.2.1	Generalidades.....	23
2.2.2	Mercurio en alimentos.....	27
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	28
	CAPÍTULO III.....	30
	MARCO METODOLÓGICO	30
3.1.	TIPO, DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.1.1.	Tipo de investigación	30
3.1.2.	Diseño de investigación	30
3.1.3.	Nivel de la investigación.....	31
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	31
3.2.1.	Población	31

3.2.2. Muestra	31
3.2.2.1. Criterios de inclusión	32
3.2.2.1. Criterios de exclusión	32
3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	33
3.3.1. Técnicas para la recolección de datos	33
3.4. ANÁLISIS DE DATOS.....	38
CAPITULO IV	41
RESULTADOS.....	41
DISCUSIÓN	56
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Concentración de mercurio de las conservas de atún comercializados en la ciudad de Tacna, 2023.....	41
Tabla 2.	Concentración de mercurio según el límite máximo permisible estipulado por la OMS.....	42
Tabla 3.	Prueba estadística de Shapiro-Wilk para la distribución de datos	45
Tabla 4.	Concentración de mercurio total de aceite vegetal vs agua y sal.....	46
Tabla 5.	Prueba de T-Student para comparar la media de la concentración de mercurio en medio de aceite vegetal vs agua y sal.....	48
Tabla 6.	Concentración de mercurio de las conservas de atún según, marcas comercializadas.....	50
Tabla 7.	Anova H de una factor , para la concentración de las concentraciones de mercurio de las conservas de atun, según marcas comercializadas.....	52

Tabla 8. Prueba de T-Student para comparar la media de la concentración de mercurio en conservas de atún comercializadas frente al LMP por la OMS, FDA y SANIPES.....	56
--	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Ciclo del mercurio.....	26
Gráfico 2.	Porcentaje de la concentración de mercurio según el límite máximo permisible estipulado por la OMS.....	43
Gráfico 3.	Evaluación de la normalidad de las concentraciones de mercurio de las conservas de atún.....	44
Gráfico 4.	IC 95 % para la media de la concentración de mercurio en medio de aceite vegetal vs agua y sal.....	49
Gráfico 5.	IC 95% para la media de las concentraciones de mercurio en conservas de atún según, marcas comercializadas	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Recolección de muestra en los diferentes mercados de la ciudad de Tacna.....	77
Anexo 2. Rotulado de muestras e ingreso de muestras a Cicotox.....	78
Anexo 3. Preparación de muestra: Digestion Humeda.....	79
Anexo 4. Análisis de mercurio.....	80
Anexo 5. Curva de calibración.....	81
Anexo 6. Reporte de los resultados de mercurio en conservas de atun .	82
Anexo 7. Flujograma del proceso de análisis de mercurio... ..	85
Anexo 8. Matriz de consistencia	86

RESUMEN

El presente estudio determinó la concentración de mercurio total en conservas de atún comercializadas en los principales mercados de la ciudad de Tacna; debido a que es una necesidad identificar y verificar si en dichos alimentos la concentración de mercurio supera los límites máximo permisibles (LMP) para el consumo humano. Se analizaron 50 muestras mediante espectrofotometría de absorción atómica. El promedio de la concentración de mercurio fue de $0,324 \pm 0,15$ ppm. Se determinó que las concentraciones de mercurio en las conservas de atún que tiene como líquido de cobertura acuosa son iguales a las que tiene como líquido de cobertura en aceite vegetal. Comparado a los límites máximos permitidos establecidos por la OMS, el 16 % excede dichos LMP de 0,5 ppm. Por otro lado; según los valores permitidos por la FDA y SANIPES (1 ppm), las concentraciones de mercurio en conservas de atún no exceden dichos valores encontrándose dentro de lo permitido. La marca G tuvo el valor máximo de concentración de mercurio de 0,642 ppm. Asimismo, el valor máximo encontrado de mercurio en las 50 muestras analizadas es de 0,642 ppm, superando la concentración de mercurio establecido por la OMS, generando riesgo para la salud.

Palabras clave: mercurio, conserva de atún, límites máximo permisibles

ABSTRACT

The present study determined the concentration of total mercury in canned tuna sold in the main markets of the city of Tacna; because it is a need to identify and verify if in said foods the concentration of mercury exceeds the maximum permissible limits (MPL) for human consumption. 50 samples were analyzed by atomic absorption spectrophotometry. The average mercury concentration was $0,324 \pm 0,15$ ppm. It was determined that the concentrations of mercury in canned tuna that have aqueous covering liquid are equal to those that have vegetable oil as covering liquid. Compared to the maximum permitted limits established by the WHO, 16 % exceed these MPLs of 0,5 ppm. On the other hand; According to the values allowed by the FDA and SANIPES (1 ppm), mercury concentrations in canned tuna do not exceed these values and are within what is allowed. Brand G had the maximum mercury concentration value of 0,642 ppm. Likewise, the maximum value of mercury found in the 50 samples analyzed is 0,642 ppm, exceeding the mercury concentration established by the WHO, generating a health risk.

Keywords: mercury, canned tuna, maximum permissible limits

INTRODUCCIÓN

El mercurio (Hg) es un metal que se encuentra naturalmente en todos los lugares de la tierra, como la atmósfera, el suelo, las rocas y el agua. En los ecosistemas, su contenido ha aumentado debido a los cambios en los ciclos geoquímicos provocados por las actividades humanas, haciéndolo más abundante en el medio ambiente y altamente móvil, lo que le hace tener una amplia distribución por toda la tierra (1).

En el agua, el mercurio (Hg) se convierte en la molécula orgánica altamente tóxica, el metilmercurio (MeHg), que es rápidamente absorbida por la fauna marina, especialmente los peces depredadores o grandes (2). En consecuencia, el metilmercurio se ha convertido en la forma más común de mercurio orgánico en la cadena alimenticia y la forma más tóxica para los organismos, representando más del 90% del mercurio total (3).

En consideración a lo anterior, los productos marinos se consideran ahora una fuente importante de exposición humana al mercurio. Por lo tanto, el contenido de mercurio de dichos productos depende de factores

como la especie, el tamaño, la posición en la cadena alimentaria y la ubicación en su hábitat (4).

La ingestión involuntaria de metilmercurio a través de mariscos y derivados puede tener efectos nocivos en grupos particularmente vulnerables, como las mujeres embarazadas y los niños. En este sentido, el metilmercurio durante el embarazo atraviesa la barrera hematoencefálica así como la placenta, afectando a los riñones y al sistema nervioso central (SNC) (5). También puede causar problemas leves de conducta, trastornos del habla, pérdida de memoria, pérdida de visión y audición y dificultades de aprendizaje en la infancia (5).

En los adultos, el metilmercurio (MeHg) también se asocia con enfermedades crónicas como las cardiovasculares y el riesgo de infarto agudo de miocardio (2).

Considerando las consecuencias de la ingesta involuntaria de mercurio en los alimentos, los organismos internacionales declararon que el mercurio debe ser considerado un factor de riesgo para la salud humana debido a sus propiedades altamente tóxicas, y por ello establecieron límites específicos para asegurar que las concentraciones de mercurio en peces

sean menores. La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que debe ser de 0,5 ppm de Hg y La Agencia de Alimentos y Medicamento (FDA) indica 1 ppm. (2). Por otro lado, la normativa peruana a través de la Organización de Sanidad Pesquera (SANIPES) considera como límite máximo permisible 1 ppm de mercurio en derivados marinos destinados al consumo humano(6).

De acuerdo a esta coyuntura, el siguiente estudio tuvo como objetivo determinar las concentraciones de mercurio total en conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna; debido a que es una necesidad identificar, si en dichos alimentos de origen marino, los niveles de mercurio superan los LMP.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Como el mercurio permanece en la naturaleza y se bioacumula en organismos como plantas y peces, representa un riesgo importante para el medio ambiente. También son un problema global en los sistemas marinos, ya que la exposición continua de organismos marinos a bajas concentraciones puede provocar su bioacumulación y transferencia a los humanos a través de las redes alimentarias. (9)

Debido a su alta toxicidad, el elemento más representativo es el mercurio (especialmente el metilmercurio). El mercurio es uno de los elementos más comunes que se encuentran en casi todos los alimentos enlatados. Los riesgos para la salud dependen del tipo y calidad de los alimentos, su origen, contenido de metales y dosis individual. Las fuentes más importantes de mercurio en la conserva de pescado son los peces y

los productos pesqueros, que también son recursos muy importantes en algunos países. (10)

El origen de los metales tóxicos en las conservas de pescado depende de diferentes fuentes; sean naturales, intencionales, accidentales y generadas en el proceso de fabricación de la conserva.(7)

Entre la contaminación marina de origen orgánico, inorgánico e industrial, las sustancias tóxicas que suponen mayor riesgo para la biota marina tanto a corto como a largo plazo son los metales pesados debido a su capacidad de acumularse en las cadenas alimentarias marinas. Cabe destacar que el atún es un pez de gran tamaño y con características depredadoras que se alimenta de la mencionada fauna marina. (9)

En un estudio sobre el mercurio, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) señalaron que, en la mayoría de las especies marinas adultas, entre el 90 y el 100 % del contenido de mercurio en sus tejidos se expresa como metilmercurio (MeHg). Por lo tanto, la FDA recomienda el uso de análisis químicos del mercurio total (Hg) para estimar su

concentración en los alimentos al evaluar los riesgos del consumo de pescado y productos pesqueros (11).

En el año 2019, La Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), recomendó a niños y embarazadas no comer atún y pez espada porque estos pescados contienen, y un comunicado publicado en el diario “El Comercio” llamó la atención sobre el estudio y alertó a la población. El Perú no es ajeno a este problema, ya que se ha documentado que varias especies, principalmente amazónicas, están contaminadas con este metal pesado, que afecta el sistemas nervioso e inmunitario, el sistema digestivo, la piel, los pulmones riñones y ojos. (8)

La ingesta dietética de mercurio puede dañar la salud humana y causar efectos adversos como daños al sistema nervioso central, ataxia, disartria, parestesia, pérdida de audición, trastornos de la visión y de la conciencia (13). Además, como se mencionó anteriormente, el metilmercurio (MeHg) puede atravesar las barreras hematoencefálica y placentaria y causar daños neurológicos a fetos y niños, incluidas afecciones como microcefalia, retrasos en el desarrollo, deterioro cognitivo y trastornos neurológicos (14).

Entre los estudios que evidencian que las conservas de pescado tienen niveles de mercurio elevados, está el estudio realizado en Corea (9), el cual evidenció que el atún tenía concentraciones elevadas de mercurio total y metilmercurio en sus derivados enlatados. De igual manera, en el estudio de Bashiri et al. (10), también encontró niveles de mercurio elevados en 40 muestras de atún enlatado en el Golfo Pérsico.

En el Perú se tiene evidencia de algunos estudios realizados sobre conservas de pescados y pescados expendidos naturalmente en mercados de abastos. Es así que, en el estudio de Barzola (11), se evidenció que el valor máximo de concentraciones de mercurio en conservas de pescado fue de 0,39 ppm. Asimismo, Vega et al. (12) encontró niveles de mercurio de hasta 0,26 ppm en muestras de pejerrey. Por otro lado, en Tacna, Ninaja (13) , encontró que el pescado bonito, tiene niveles de mercurio de hasta 1,26 ppm, el cual supera lo establecido como LMP.

Si bien existen estudios, que reportan concentraciones de mercurio en conservas de atún y pescados dentro de lo admisible, se debe considerar que toxicológicamente el mercurio es un metal que se

bioacumula en los tejidos y que puede producir enfermedades crónicas a largo plazo.

En este sentido, y considerando la falta de investigaciones sobre el contenido de mercurio en las conservas de atún en la ciudad de Tacna, este estudio determinó la concentración total de mercurio en las conservas de atún para entender si estos alimentos son seguros y si presentan un bajo riesgo para el ser humano.

Si bien es cierto, no se han registrado casos por intoxicación de metales pesados en la ciudad de Tacna, debido a que no es una de las causas más comunes de enfermedades neurológicas.(13)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema principal

¿Cuál es la concentración de mercurio total en las conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna, en el año 2023?

1.2.2. Problemas secundarios

- a) ¿Cuál es la concentración de mercurio total en las conservas de atún, según el líquido de cobertura, comercializadas en la ciudad de Tacna?

- b) ¿Cuál es la concentración de mercurio total en las conservas de atún, según las marcas comercializadas en la ciudad de Tacna?

- c) ¿La concentración promedio de mercurio total en las conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna son superiores a los límites máximos permisibles establecidos por la OMS, FDA y SANIPES?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se realizó porque no existen muchos estudios de investigación sobre la presencia de mercurio total en las conservas de atún que son expandidas en la ciudad de Tacna.

Por otro lado, los resultados de los estudios realizados servirán como fuente de referencia para determinar el contenido de mercurio en conservas de atún, que es fuente de alimento en la región Tacna, por lo que es necesario conocer estos resultados para poder tomar medidas relativas en cuanto al consumo de conservas de atún, para evitar su toxicidad.

Además, este estudio es de mayor importancia porque es necesario conocer si los habitantes de Tacna están expuestos inadvertidamente al mercurio a través de una dieta regular de atún enlatado, ya que si encontramos que niveles altos de mercurio pueden tener consecuencias graves. Dicha exposición puede aumentar el riesgo de efectos adversos para la salud, como enfermedades crónicas, incluidas enfermedades cardiovasculares (riesgo de infarto agudo de miocardio) y enfermedades del sistema nervioso central (10).

Adicionalmente, de acuerdo las características toxicológicas del mercurio, este tiende a bioacumularse o biomagnificarse naturalmente en la estructura orgánica de los animales depredadores marinos, como es el caso del atún(1). Es por ello que, esta investigación tuvo la iniciativa de evaluar si los niveles de mercurio en las conservas de atún están dentro de los límites permisibles estipulados por la OMS, FDA, SANIPES, cuyas

muestras se realizaron mediante espectrofotómetro de absorción atómica con generador de hidruros en el Laboratorio CICOTOX de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, cuyo método es el adecuado por su precisión, sensibilidad y su aplicabilidad a moléculas de distinta naturaleza.

Se espera que la población tenga conocimiento si las conservas de atún que consumen son saludables y están exentos de contaminación por mercurio. Asimismo, se recomienda que la autoridad sanitaria; como SANIPES, considere esta investigación para ajustar las normativas correspondientes, como la de control de calidad y ampliar los LMP para las conservas de atún y/o otras especies.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar la concentración de mercurio total en las conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna, en el año 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar las concentraciones de mercurio total en las conservas de atún, según el líquido de cobertura comercializadas en la ciudad de Tacna, 2023.

- b) Determinar las concentraciones de mercurio total en las conservas de atún, según las marcas comercializadas en la ciudad de Tacna, 2023.

- c) Determinar la concentración promedio de mercurio total en las conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna con los límites máximos permisibles establecidos por la OMS, FDA y SANIPES.

1.5. HIPÓTESIS

HIPOTESIS GENERAL:

No lleva hipótesis, porque el enunciado no refiere una proposición para el alcance del estudio. Lo que se pretende es describir, estimar la variable de interés.

HIPOTESIS ESPECIFICAS:

No aplica

1.6. DETERMINACIÓN DE VARIABLE

1.6.1 Variable de interés

Concentración de mercurio total en conservas de atún.

1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA
Concentración de mercurio total en conservas de atún	La cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos de mercurio en las conservas de atún.(3)	El resultado de mercurio total en conservas de atún por Espectrofotometría de Absorción Atómica por Vapor Frio.	La cantidad de mercurio en líquido de cobertura	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Aceite vegetal 	Cuantitativa	Continua
			La cantidad de mercurio en marca	<ul style="list-style-type: none"> • Marca A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K y L 		

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes internacionales

En España, Núñez et al.(14) , a través de su estudio: **Contenido de metales y metaloides en presentaciones de atún comercializadas en Galicia (2022)**, se determinó el contenido de metales/metaloides (mercurio, cadmio, plomo, arsénico y selenio) en las presentaciones de atún expandidas en Galicia, para ello se recolectaron 110 muestras; 10 de atún fresco, 90 conservas de atún y 10 conservas de atún en tarros de cristal. Se analizó con el método de espectrofotómetro ICP-MS, Modelo Varian 820. Los resultados estadísticamente significativa, mostraron mayor presencia de mercurio, cadmio y arsénico en atún fresco. El mercurio destacó como principal contaminante.

En el Golfo Pérsico, Bashiri et al. (10), en el estudio: **Evaluación del contenido total de mercurio y metilmercurio en atún enlatado del Golfo Pérsico (2018)**, se recolectó 40 conservas de atún del Golfo Pérsico y se realizó la determinación de mercurio utilizando el método de espectroscopía de absorción atómica con llama (FAAS) y una espectrofotometría de masas por cromatografía termogas para medir el mercurio total y el metilmercurio, respectivamente. Los resultados indicaron que los contenidos promedio de mercurio total y metilmercurio de las conservas de atún, con una disminución de concentración de mercurio de 34,2 ppb (0,03 ppm) y 29,5 ppb (0,03 ppm) respecto a la medición de 2009, fueron de 177,4 ppb (0,18 ppm) y 143,7 ppb (0,14 ppm) respectivamente. La mayor concentración de mercurio total fue de 315,2 ppb (0,32 ppm), mientras que para el metilmercurio fue de 267,9 ppb (0,27 ppm).

En Colombia, Alcalá et al. (15) a través de su estudio: **Mercurio en conservas de atún comercializadas en Cartagena, Colombia, y estimación de la exposición humana (2017)**, se determinó los niveles de mercurio total en las marcas de conservas de atún expandidas en Cartagena. Para ello se muestrearon 252 conservas de atún, representadas en 6 marcas (A-F), en 2 medios (agua y aceite). Los valores promedios de mercurio total fueron $0,66 \pm 0,05$ (agua y sal) y $0,61 \pm 0,05$

ppm (aceite). Se concluyó que el consumo de conservas de atún puede representar un alto riesgo para la población colombiana, especialmente para los grupos vulnerables.

En Ecuador, Bello-Moreira et al. (2) en el estudio: **Determinación de mercurio en enlatados de atún comercial de la ciudad de Manta, provincia de Manabí (2016)**, se determinó el contenido de mercurio de 100 muestras de conservas de atún de 5 marcas utilizando como medios (agua y aceite), se analizó con 2 métodos : Las primeras 50 muestras se analizaron con el método de espectrofotometría de absorción atómica “Vapor Frío” y las otras 50 restantes, con el método de espectrofotometría de absorción atómica “ICP”. Las concentraciones de mercurio encontradas en el medio (agua y sal), siendo su valor mínimo de “0,09 ± 0,02 ppm” y su valor máximo de “0,33 ± 0,02 ppm”, con un valor promedio de 0,16 ppm, mientras que en el medio (aceite) el valor mínimo fue de “0,09 ± 0,02 ppm” y el valor máximo de “0,35 ± 0,02 ppm”, con un valor promedio de 0,15 ppm. Se concluyó que, en el primer muestreo de ambas emulsiones, la concentración de mercurio estuvo por debajo de los límites permitidos y en el segundo muestreo por encima de los LMP y de la OMS.

Otro estudio en Ecuador de Pico-Lozano E. et al. (16) a través de su investigación: **Presencia de mercurio en conservas de atún (2016)**, se determinó mercurio total en 250 muestras de atún sólido, fueron analizadas con un espectrofotómetro de absorción atómica en la Universidad de Manabí. Se obtuvo un valor promedio de 0,34 ppm. Por lo tanto, se concluyó que las concentraciones de mercurio encontrados en las conservas de atún no representan una amenaza para la población.

En Brasil, De Paiva et al. (17) a través de su investigación :**Cadmio, plomo, estaño, mercurio total y metilmercurio en conservas de atún comercializadas (2015)**, se determinó los niveles de contaminantes inorgánicos en 30 muestras, representadas en 5 marcas de conservas de atún, adquiridas en el mercado local de Campinas, Sao Paulo, Brasil. El mercurio total y el metilmercurio fueron determinadas por absorción atómica. Los valores máximos encontrados para Hg total y MeHg²⁺ fueron 261 µg/kg (0,261 ppm) y 258 µg/kg (0,258 ppm), respectivamente.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Se ha realizado una búsqueda exhaustiva en cuanto a investigación nacional, pero los estudios referentes al análisis de mercurio en conservas

de atún son pocos. No obstante, se describen los siguientes estudios que están relacionados al tema de la investigación.

Estudio en Lima, Sánchez et al.(18), cuya investigación titulada: **Relación entre el contenido de mercurio, características fisicoquímicas y el precio en conservas de pescado expandidas en un mercado mayorista (2020)**, se determinó la concentración de mercurio en la ciudad de Lima. Se analizó 32 conservas de diferentes especies como el atún, caballa, sardina y jurel. Se usó la técnica de Cromatografía de Absorción Atómica. El valor promedio máximo fue de la especie caballa con una media de “0,32 ± 0,03 ppm” y el valor promedio mínimo fue del atún y jurel, con una media de “0,28 ± 0,03 ppm”. Se concluye que la especie más contaminada fue el atún con un valor de 0,42 ppm.

Estudio realizado en Lima, Salcedo et al. (19), con su investigación titulada: **Determinación de niveles de cadmio y mercurio en conservas de pescado enlatadas expandidas en Lima Metropolitana (2017)**, se determinó la presencia de cadmio y mercurio en conservas de pescado enlatadas y se comparó con los valores máximos permitidos por SANIPES. Se realizó los análisis utilizando espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío. Como resultado, respecto al mercurio, se encontró que las

concentraciones superan en 12 %, siendo el valor máximo de mercurio en conservas de pescado de 0,61 ppm a comparación de SANIPES 0,5 ppm. El valor promedio fue de 0,28 ppm. Se concluye que las concentraciones de mercurio se encuentran por encima de los LMP.

En Lima, Barzola et al. (11) a través de su investigación: **Comparación de la concentración de cadmio y mercurio en conservas de pescado enlatadas y conservas de pescado envasadas en vidrio expendidas (2017)**, se evaluó la comparación de la concentración de cadmio y mercurio en conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio comercializadas en Lima. Las muestras fueron analizadas por el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica de Horno de Grafito y Generador de Hidruros. Las concentraciones de mercurio, obtuvieron un valor promedio de “0,2306 ppm”, el valor mínimo fue de “0,13 ppm” y el valor máximo fue de “0,39 ppm”. Los resultados indican que las muestras de conservas de pescado no superan los LMP por SANIPES.

En Arequipa, Ramos et al.(20) a través de su investigación: **Determinación de la Presencia de Cd, Pb, Hg, Al y As en Conservas de Thunnus (Atún), Arequipa- 2016**, para la realización de este trabajo se utilizó la técnica de Espectrometría de Emisión de Plasma Acoplada

Inductivamente, se recolectaron 96 muestras de conservas de atún, representadas en 8 marcas expandidas en la ciudad de Arequipa, entre nacionales e importadas provenientes de Ecuador y Tailandia con líquidos de cobertura: agua y aceite. Los resultados fueron comparados con SANIPES y la Comisión de las Comunidades europeas, donde estipulan 1 ppm de mercurio como límite máximo permitido, se obtuvieron valores de 0,25 ppm -1 ppm. Se concluye que el 9,4 % de las muestras superaron el LMP establecido por los entes reguladores.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 Generalidades

El mercurio se encuentra naturalmente en el medio ambiente y se presenta en diversas formas. Al igual que el plomo y el cadmio, el mercurio es un elemento terrestre y un metal pesado. Su forma pura se conoce como mercurio "elemental" o "metálico" (también representado como Hg) y rara vez se encuentra como metal líquido; es más común en compuestos y sales inorgánicos. El mercurio puede combinarse con otros compuestos como mercurio monovalente Hg(I) o divalente Hg (II),

respectivamente. El Hg(II) puede formar muchos compuestos de mercurio orgánicos e inorgánicos.(19)

El Hg^{2+} es fuertemente ácido y soluble en agua, se encuentra en el agua potable. Después de la absorción, por sus propiedades ligeramente ácidas, forma complejos con ligandos biológicos, preferiblemente con átomos donantes de azufre. El aminoácido preferido es la cisteína, con la que forma complejos estables para el metabolismo. El catión mercurioso Hg_2^{2+} se oxida fácilmente a mercúrico, Hg^{2+} , y no ingresa a las cadenas alimentaria, y se encuentra en algunos procesos industriales. Por otro lado, tanto el mercurio metal, como el mercurio, en partículas están presentes en la atmósfera, y son fuentes permanentes de contaminación.(21)

Entre las especies orgánicas, la mayor preocupación es el metilmercurio $(\text{CH}_3\text{Hg})^+$, que es acumulado por los animales marinos, y por lo tanto entra fácilmente en la cadena alimenticia. El descubrimiento de esta especie en los peces permitió esclarecer el ciclo biológico del mercurio. También son de interés las sales del metilmercurio $(\text{CH}_3\text{Hg})^+\text{X}(\text{Cl}, \text{Fosfatos})$, el fenilmercurio y sus sales $\text{C}_6\text{H}_5\text{Hg X}(\text{Cl}, \text{acetato})$, utilizadas en el tratamiento de semillas. Estas sustancias orgánicas son liposolubles y

de rápida absorción, se acumulan en glóbulos rojos y producen importantes cambios en el sistema nervioso central.(21)

El ciclo del mercurio es un ciclo bioquímico en el que interviene el mercurio, el único metal líquido a temperatura ambiente. El mercurio es un metal volátil que se evapora fácilmente en la atmósfera. (22)

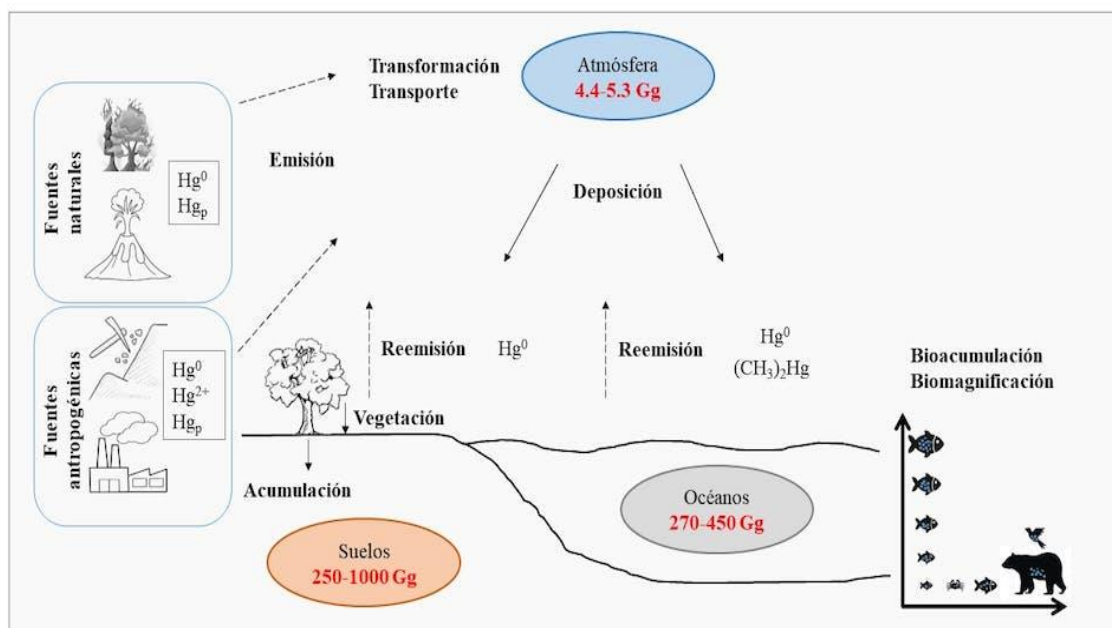
El ciclo del mercurio comienza cuando es emitido, principalmente a la atmósfera. Una vez allí, puede transportarse a largas distancias y convertirse en otras formas de mercurio o asentarse en las superficies de los ecosistemas terrestres y acuáticos mediante un proceso llamado deposición. (22)

Este metal puede permanecer en la atmósfera hasta dos años antes de su deposición sobre los suelos, los ríos y lagos y la vegetación. El papel de las plantas en este ciclo elemental es muy importante. Las hojas pueden capturar mercurio a medida que crecen y transferirlo al suelo cuando mueren y caen.(23)

La acumulación de metales en estos reservorios debe entenderse como un beneficio ambiental, ya que reduce la cantidad de mercurio que se mueve a través de los ciclos globales. Como resultado, hay menos mercurio disponible, que puede ser tóxico para los organismos vivos. (22)

Sin embargo, las perturbaciones antropogénicas en el ciclo del mercurio, como los incendios forestales a gran escala, la erosión del suelo, los cambios en el uso de la tierra o el cambio climático, pueden afectar la cantidad de mercurio acumulada en el suelo, las aguas superficiales y los sedimentos. Dado que el mercurio se une fácilmente a la materia orgánica, cualquier desequilibrio o cambio en el ciclo del carbono también afectará al comportamiento del mercurio en el medio ambiente (23)

Gráfico 1. Ciclo del mercurio



Fuente: Armesto y López ,2022

2.2.2 Mercurio en alimentos

Según estimaciones del Comité Mixto FAO/OMS, la ingesta dietética promedio de mercurio es inferior a los 20 microgramos por día, principalmente en forma de metilmercurio. El propio Comité considera que dicha admisión no supone ningún riesgo para la salud humana. Los niveles de mercurio en los productos alimenticios, (excepto el pescado) oscilan

entre 3 y 20 microgramos/Kg. Una excepción a esta norma son los peces depredadores (pez espada, atún, hipogloso), con niveles entre 500 y 1,500 microgramos/Kg. El mercurio en los peces, se encuentra principalmente en forma de metilmercurio y los niveles varían según la especie de pez, la ubicación geográfica, la edad, peso, contenido graso y sexo. (24)

Los casos reportados hasta la fecha siempre han estado asociados con el uso y manipulación inadecuados del mercurio y han resultado en exposición a dosis extremadamente altas de mercurio (metilmercurio) que normalmente no ocurren en la naturaleza. En su última publicación sobre el mercurio, el Grupo de Expertos en Mercurio designado por la Organización Mundial de la Salud afirma: "El mayor riesgo para la salud humana por la presencia de mercurio en el medio ambiente natural es la exposición ocupacional al metal".

2.2.3 Mercurio en conservas de pescado

Aunque los niveles de mercurio varían de una especie de pescado a otra, se sabe que su concentración más alta se encuentra es en los grandes depredadores como el atún, el pez espada o tiburón. Muchos de nosotros

podemos pensar que los niveles de mercurio en las conservas de pescado varían mucho, pero un estudio realizado en el año 2013 en España encontró que el atún blanco enlatado tiene altas concentraciones de mercurio .(25)

Incluso, algunas de las conservas de atún analizadas en su momento tenían niveles de mercurio superiores al límite de 0,500 mg/kg de mercurio. Investigaciones más recientes han descubierto que el pescado enlatado tiene distintos niveles de mercurio.(25)

2.2.4 Control de calidad en conservas de atún

Esto incluye comprobar la correcta preparación del producto final observando la presencia de los siguientes defectos (26):

- “Olores y sabores anormales.”
- “Decoloraciones producto del uso de materia prima de mala calidad.”
- “Preparación y llenado incorrecto.”
- “Deterioro interior y exterior de envases.”
- “Presencia excesiva de piel, sangre, espinas, musculo oscuro.”

- “Uso de aditivos e ingredientes prohibidos.”
- “Presencia de restos de pescado en el líquido de gobierno.”
- “Cantidad, color y consistencia inadecuados del líquido de cobertura.”
- “Ablandamiento incompleto de las espinas.”
- “Falta de vacío y espacio libre.”
- “Adherencia de la piel al envase.”
- “Pesos incorrectos de los envases.”
- “Defectos de sellado.”

Análisis físico-organoléptico de conservas de pescado

- “Examen sensorial y físico que consiste en evaluar el envase externa e internamente.”
- “Presentación del contenido.”
- “Determinación del peso bruto, neto y escurrido.”
- “Determinar volumen y característica del líquido de cobertura.”
- “Adición de sal u otros.” (26)

2.2.5 Riesgos para la salud

El mercurio es tóxico para la salud humana, planteando una amenaza particular para el desarrollo del feto y en la niñez. Este metal existe en diversas formas: elemental, inorgánico, y orgánico, cada uno con diferentes efectos tóxicos, incluidos en los sistemas nervioso, digestivo e inmunitarios, y en los pulmones, los riñones, la piel y ojos.(27)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Conservas de pescado:** Es el resultado de un proceso de manipulación de los alimentos para que puedan almacenarse durante mucho tiempo en condiciones favorables. (28)
- **Líquido de cobertura:** Es el líquido que viene acompañado en las conservas y semiconservas.
- **Atún:** Pez depredador de cuerpo robusto, cuya carne muy apreciada, se consume fresca o en conserva.(29)

- **Intoxicación:** Lesión o la muerte que se produce por tragar, inhalar, tocar o inyectarse distintos medicamentos, sustancias químicas, venenos o gases. (30)
- **Límite máximo permisible:** Es la medida de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, y en caso de excederse, causan o pueden provocar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.(31)
- **FDA:** La Administración de Alimentos y Medicamentos asegura que los alimentos, medicamentos, cosméticos, instrumentos médicos y productos para los consumidores sean seguros.(32)
- **OMS:** La Organización Mundial de la Salud es un organismo de Naciones Unidas dedicado a mejorar la salud y el bienestar de la población global. Para ello busca lograr una cobertura sanitaria universal, luchar contra enfermedades infecciosas y no transmisibles, y que las personas lleven vidas más saludables.(33)

EPA: La Agencia de Protección Ambiental protege la salud de los seres humanos, el medio ambiente y los recursos naturales. Previene y controla la contaminación del aire y el agua mediante el desarrollo de estándares para la calidad del aire y las emisiones de automóviles, programas para asegurar la limpieza del agua e información sobre la salud ambiental.(34)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO, DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

Cuantitativa: Porque se aplicó métodos estadísticos para describir la información recolectada sobre la variable de interés.(35)

Observacional: Porque se valoró el reflejo natural de los eventos observados sin manipulación de la variable de interés .(35)

Prospectivo: Porque la obtención de los datos se realizó por el propio investigador (datos primarios). (35)

3.1.2. Diseño de investigación

Transversal: Porque se realizó una sola medición para la recolección de datos.(35)

3.1.3. Nivel de la investigación

Es descriptiva, porque se cuenta con una variable de interés (concentración de mercurio total en conservas de atún).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población está formada por conservas o enlatados de atún comercializadas en la ciudad de Tacna.

3.2.2. Muestra

La muestra está constituida por el total de la población de estudio que son 50 unidades de variedades de marcas de conservas de atún de los centros de expendio en los mercados principales de la ciudad de Tacna.

La muestra se recolectó siguiendo un diseño no probabilístico de conveniencia bajo criterio único del investigador.

3.2.2.1. Criterios de inclusión

- “Latas de conservas de atún cuyas fechas estén vigentes”.
- “Latas de conservas de atún en medio de aceite vegetal o en agua y sal”.

3.2.2.1. Criterios de exclusión

- “Latas de conservas de atún dañadas”.
- “Latas de conservas de atún cuyas etiquetas estén ilegibles”.
- “Latas de conservas de atún que no cumplan las Buenas Prácticas de Almacenamiento”.

3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.3.1. Técnicas para la recolección de datos

Recolección y transporte de las muestras:

Para realizar el muestreo, se aseguró que no haya riesgo para la contaminación cruzada proveniente de agentes externos.

Seguidamente se procedió a la obtención de las conservas de atún directamente de los centros de expendio de la ciudad de Tacna.

Las muestras se conservaron a temperatura ambiente. Previamente al transporte, se aseguraron que todas las muestras de conservas estén debidamente identificadas. Finalmente se aislaron y movilizaron las muestras en una caja para su análisis en el laboratorio CICOTOX de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

Se utilizó como ficha de recolección una base de datos de todas las marcas y cantidades en un Excel.

Análisis de las muestras:

a. Determinación de mercurio en conserva de atún por espectrofotometría de absorción atómica.

-Fundamento: Es uno de los métodos experimentales más utilizados para la detección molecular específica. Se caracteriza por su precisión, sensibilidad y su aplicabilidad a moléculas con diferentes propiedades y estado de agregación (sólido, líquido, gas).(36)

- Reactivos y Estándares

- “Agua ultrapura”
- “Ácido nítrico concentrado al 65 % purificado”
- “Ácido clorhídrico concentrado 37 % purificado”
- “Ácido sulfúrico concentrado grado análisis”
- “Solución de patrón de mercurio 1000 mg/L”
- “Permanganato de potasio (p.a.)”
- “Hidroxilamina para análisis (p.a.)”
- “Persulfato de potasio para análisis (p.a.)”
- “Borohidruro de sodio para análisis (p.a.)”
- “Hidróxido de sodio para análisis (p.a.)”
- “Gas argón UHP”

- Equipos y materiales:

- “Equipo Absorción atómica Thermo Scientific Marca y modelo THERMO SCIENTIFIC iCE 3000 equipado con Vapor frío - VP100”
- “Balanza analítica .Marca A&D Company”
- “Plancha de calentamiento”
- “Micropipetas de 100,1000 μ L y 5mL”
- “Tubos de vidrio con tapa rosca”

- Condiciones Espectrofotométricas

- “Longitud de onda: 253,7 nm”
- “Ranura: 0,5 nm”
- “Corrección de fondo: Lámpara de Deuterio “
- “Corriente de lámpara: 6mA”
- “Tiempo de lectura: 4 seg “
- “Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de Mercurio “
- “Medida de señal: Absorbancia”
- “Flujo de gas argón: 25mL/min”

- Procedimiento Operatorio

Preparación de curva de calibración:

Los estándares para la curva de calibración se prepararon como sigue:
A partir de una solución stock de 1000 ppm de mercurio se toma 1ml en una fiola de 100 ml y se lleva a volumen con agua ultrapura, la solución estándar obtenida tiene una concentración de 10 ppm. Luego se procede a preparar una solución estándar de 500 ppb en una fiola de 100ml tomando una alícuota de 5ml de la solución estándar preparada anteriormente (10 ppm) y se enrasa con agua ultrapura. A partir de la solución de 500 ppb se toman alícuotas de 0,5 ml, 1 ml, 1,5 ml y 2,5 ml y se llevan a fiolas de 25mL, a continuación se agregan a los tubos 4 ml de ácido sulfúrico concentrado y 1ml de ácido nítrico concentrado, se lleva a baño maría por 60 minutos y en baño de hielo a 4°C se adiciona 5 ml de permanganato de potasio al 5 % y 8 ml de persulfato de potasio al 10 %, se deja en reposo toda la noche y finalmente se agrega 5 ml de hidroxilamina al 12 %, todas las soluciones son homogeneizadas y llevadas a volumen con agua ultrapura. Las soluciones estándares obtenidas tienen concentraciones de 10, 20, 30 y 50 ppb.

Preparación de la muestra:

- “Pesar 0,5 gramos de muestra previamente homogenizada en un tubo de vidrio con tapa rosca.”
- “Adicionar a todas las muestras 4 ml de ácido sulfúrico concentrado y 1 ml de ácido nítrico concentrado.”
- “Luego llevar a baño maría a 58°C por 60 minutos para iniciar la digestión.”
- “Posteriormente se lleva a un baño de hielo a 4°C y se adiciona 5ml de permanganato de potasio al 5 % y 8 mL de persulfato de potasio 10 %.”
- “Se deja en reposo toda la noche.”
- “Finalmente agregar 5mL de hidroxilamina 12 %, llevar a 25mL con agua ultrapura y homogenizar, debe quedar una solución translúcida sin impurezas.”

- Análisis en el equipo de absorción atómica

Procesamiento de los estándares y muestra:

Aspirar directamente las soluciones estándares y muestras por el generador de hidruros. Usar como carrier una solución de ácido

clorhídrico al 10% V/V. Usar como agente reductor una solución que contenga de borohidruro de sodio al 1,5 % y 0,5 % de hidróxido de sodio. Proceder a leer bajo las condiciones descritas

- Lectura en el equipo de absorción atómica

Se colocó las muestras en pocillos de 1,5 ml en el carrusel del auto muestreador, la secuencia fue: blanco, los 4 estándares y las muestras por medio del automuestreador. Se utiliza el gas argón como arrastre y HNO₃ 0,2 % como solución de lavado. Proceder a leer bajo las condiciones descritas.

3.4. ANÁLISIS DE DATOS

Estadística descriptiva: Se utilizó para describir las características de los datos conocidos de la variable de estudio:

- Las variables cualitativas ordinales fueron consideradas también como numéricas, por lo que se determinó medidas de resumen como la media y medidas de dispersión como la desviación estándar (DS).

Estadística inferencial:

Se aplicó estadística paramétrica:

- **Prueba de Normalidad de Shapiro - Wilk:** Se realizó la presente prueba estadística para verificar la distribución de los datos, si es normal o no normal.
- **Prueba T – Student de una muestra:** Se compara las medias o promedios según liquido de cobertura y concentración de mercurio en conservas de atún, con los límites máximos permisibles (LMP).
- **ANOVA H de un factor:** Según la distribución de los datos, el estadístico empleado contribuye en la comparación de las medias o promedios de las diferentes marcas y la concentración de mercurio en las conservas de atún.
- Todos los análisis estadísticos se realizaron en el Software Stata v16.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Tabla 1. Concentraciones de mercurio de las conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna 2023.

Descriptivos	Concentración de Mercurio (mg/Kg)	Desviación estándar
N	50	0.149
Media	0,324	
Percentil 50%	0,311	
Valor mínimo	0.056	
Valor máximo	0.642	
Simetría	0.243	
Curtosis	2.428	

Fuente: Resultados de análisis realizado por CITOTOX-UNMSM

Interpretación:

De las muestras analizadas de conservas de atún (n=50), el promedio de la concentración de mercurio fue de 0,324. Este número, representa las concentraciones de mercurio de todas las muestras analizadas. Asimismo, el valor máximo encontrado de mercurio en las muestras analizadas fue de

0,642 ppm, valor que supera el límite máximo permisible establecido por la OMS y asimismo está dentro de los límites máximos permisibles por la FDA y SANIPES.

Tabla 2. Concentración de mercurio según el límite máximo permisible estipulado por la OMS.

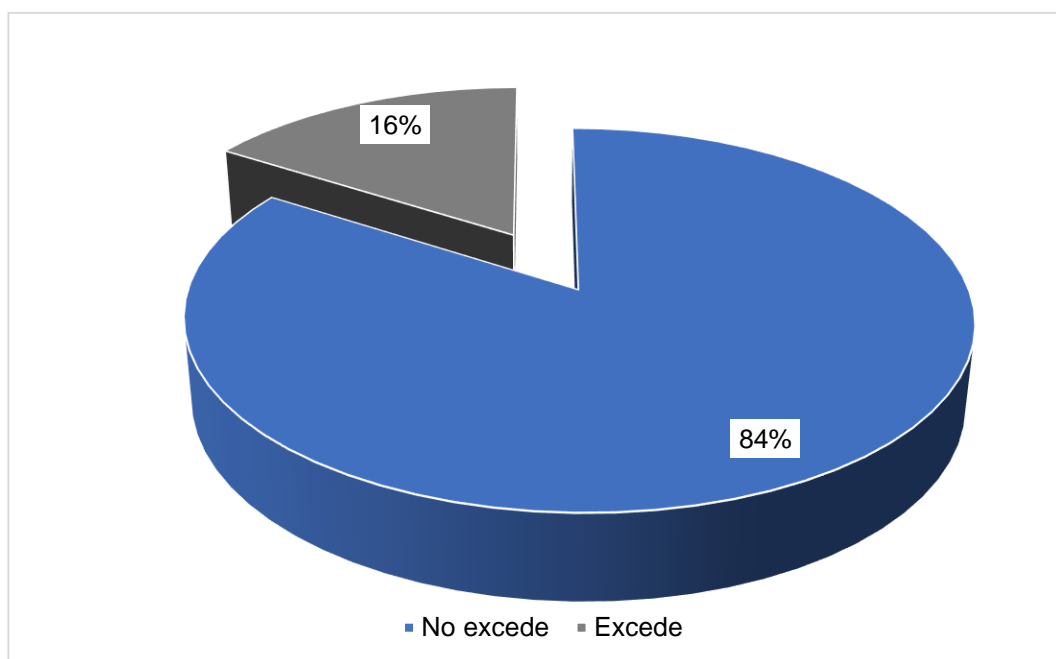
Concentración de Mercurio (mg/Kg)	n	%
No excede	42	84
Excede	8	16
Total	50	100

Fuente: Resultados de análisis realizado por CITOTOX-UNMSM

Interpretación:

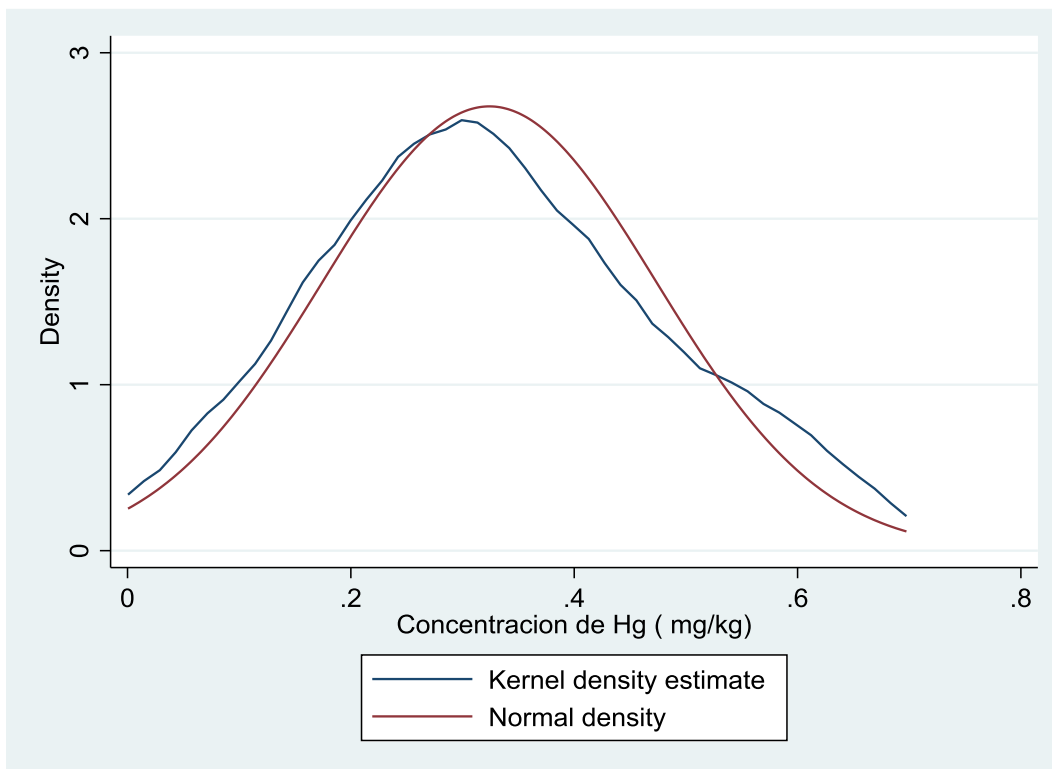
De las muestras analizadas de conservas de atún (n=50), se encontró que ocho (16 %) conservas tienen concentraciones de mercurio que exceden los límites permisibles estipulados por la OMS, sin embargo, esta dentro de los límites máximos permisibles por la FDA y SANIPES.

Gráfico 2. Porcentaje de la concentración de mercurio según el límite máximo permisible estipulado por la OMS.



Fuente: Tabla 2

Gráfico 3. Evaluación de la normalidad de las concentraciones de mercurio de las conservas de atún



1. Prueba de normalidad: Test de Shapiro-Wilk

H1: Los niveles de mercurio en las conservas de atún tienen una distribución diferente a la normal.

H0: Los niveles de mercurio en las conservas de atún tienen una distribución igual a la normal.

2. Nivel de significancia: 0,05 o 5%

- $p \text{ valor} > 0,05 \text{ ó } 5 \%$: se rechaza hipótesis H1
- $p \text{ valor} < 0,05 \text{ ó } 5 \%$: se acepta hipótesis H1

3. Cálculo del valor p

Tabla 3. Prueba estadística de Shapiro -Wilk para la distribución de datos

Variable	Observaciones	W	z	Valor p
Niveles de mercurio	50	0.978	-0.005	0.502

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

A través de la prueba estadística de Shapiro-Wilk, se obtuvo un valor p de 0,502, este valor es superior al límite de significancia establecido de 0,05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, la cual indica que las concentraciones de mercurio tienen una distribución normal.

Dicho lo anterior, para los contrastes de prueba de normalidad, se utilizará estadística paramétrica.

a) Determinación de concentración de mercurio total de aceite vegetal vs agua y sal

Tabla 4. Concentración de mercurio total de aceite vegetal vs agua y sal.

Descriptivos	Aceite vegetal	Agua y sal
N	41	9
Media	0.309	0.388
Desviación estándar	0.149	0.134
Valor mínimo	0.056	0.206
Valor máximo	0.642	0.571

Fuente: Elaboración propia

1. Prueba de hipótesis: Prueba t-Student de muestras independientes

Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis alterna**

H1: Los niveles de mercurio en las conservas que tienen como medio aceite vegetal son diferentes a las que tienen como medio agua y sal.

- **Hipótesis nula**

H0: Los niveles de mercurio en las conservas que tienen como medio aceite vegetal son iguales a las que tienen como medio agua y sal.

2. Nivel de significancia: 0,05 o 5%

- p valor > 0,05 ó 5 %: se rechaza hipótesis H1
- p valor < 0,05 ó 5 %: se acepta hipótesis H1

3. Cálculo del valor p

Tabla 5. Prueba de T- Student para comparar la media de la concentración de mercurio en medio de aceite vegetal vs agua y sal

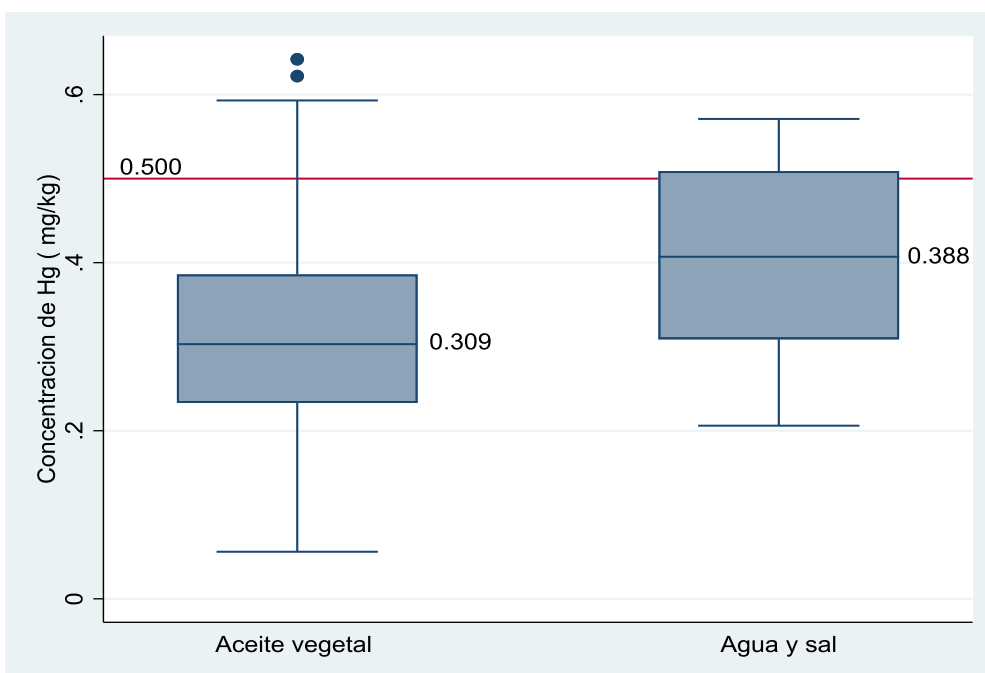
Medio de conserva	n	Media	Error estándar	Desviación estándar	IC95%	Valor p
Aceite vegetal	41	0.309	0.023	0.149	0.262 - 0.357	0.154
Agua y sal	9	0.388	0.044	0.134	0.284 - 0.492	

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Mediante la prueba de t-Student de muestras independientes, se obtuvo un valor p de 0,154, el cual es superior al límite de significancia estadística establecido de 0,05. Por lo tanto, rechazamos la hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula, la cual indica que las concentraciones de mercurio en las conservas de atún que tienen como medio aceite vegetal es iguales a las que tienen como medio de agua y sal.

Gráfico 4. IC 95% para la media de la concentración de mercurio en medio de aceite vegetal vs agua y sal



b) Determinar la concentración de mercurio según, marcas comercializadas

Tabla 6. Concentración de mercurio de las conservas de atún según, marcas comercializadas.

Marca codificada	Descriptivos				
	n	Media	Desviación estándar	Valor máximo	Valor mínimo
A	3	0.292	0.087	0.386	0.214
B	3	0.414	0.109	0.528	0.309
C	6	0.395	0.099	0.505	0.247
D	3	0.405	0.139	0.564	0.305
E	6	0.365	0.147	0.622	0.233
F	2	0.311	0.105	0.386	0.237
G	10	0.358	0.179	0.642	0.07
H	3	0.288	0.144	0.448	0.166
I	3	0.401	0.171	0.593	0.266
J	3	0.102	0.053	0.16	0.056
K	6	0.254	0.09	0.391	0.156
L	2	0.094	0.024	0.111	0.077

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De las muestras analizadas de conservas de atún (n=50), se encontró que el valor mayor de promedio fue de la marca B con 0,414 ppm. Asimismo, se encontró que el valor máximo de concentración de mercurio fue de la marca G con 0,642 ppm, excediendo los límites permisibles estipulados por

la OMS, pero dentro de los LMP por FDA y SANIPES, el valor mínimo de concentración de mercurio fue de la marca J con $0,056 \pm 015$ ppm

1. Prueba de hipótesis: Prueba ANOVA H de un factor

Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis alterna**

H1: Los niveles de mercurio en las conservas de atún son diferentes entre las marcas de las conservas de atún.

- **Hipótesis nula**

H0: Los niveles de mercurio en las conservas de atún son iguales entre las marcas de las conservas de atún.

2. Nivel de significancia: 0,05 o 5%

- p valor $> 0,05$ ó 5 %: se rechaza hipótesis H1
- p valor $< 0,05$ ó 5 %: se acepta hipótesis H1

3. Cálculo del valor p

Tabla 7. ANOVA H de un factor, para la comparación de las concentraciones de mercurio de las conservas de atún según marca comercializada

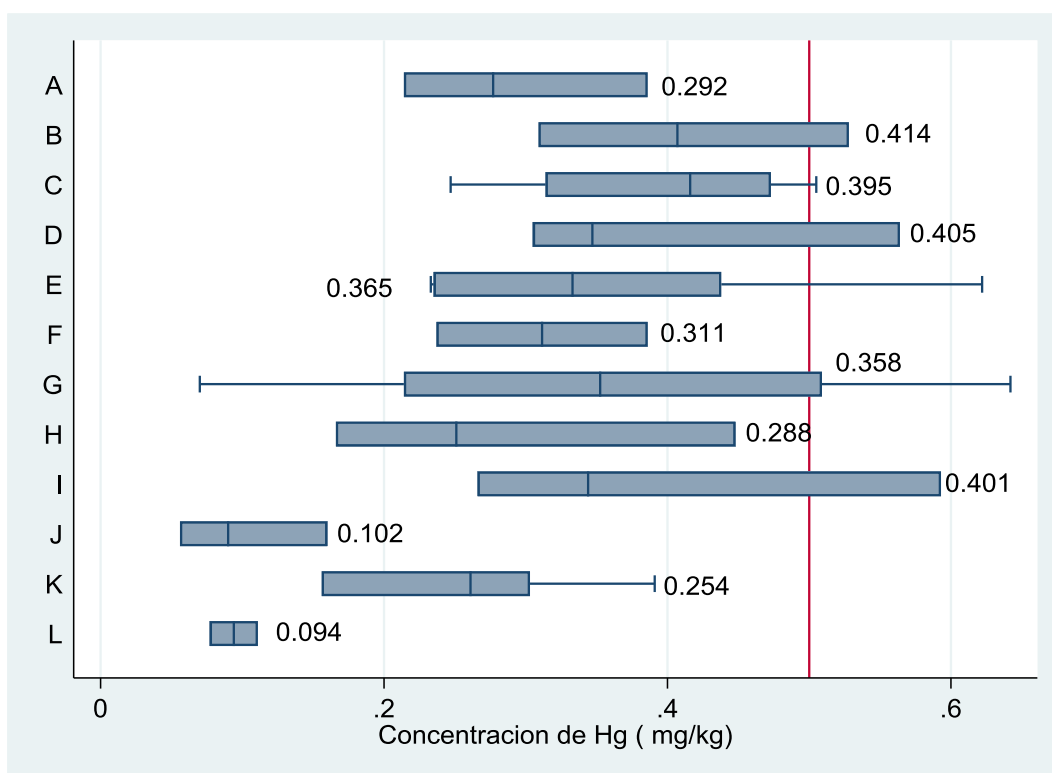
Fuente	Suma de cuadrados	Suma de promedios	Grados de libertad	F	Valor p
Dentro de los grupos	0.404	0.036	11	2.05	0.051
Entre los grupos	0.683	0.017	38		
Total	1.088	0.022	49		

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Mediante la prueba de ANOVA H de un factor, se obtuvo un valor p de 0,051, el cual es superior al límite de significancia estadística establecido de 0,05. Por lo tanto, rechazamos la hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula, la cual indica que los niveles de mercurio de las conservas de atún son iguales entre las marcas comercializadas en la ciudad de Tacna.

Gráfico 5. IC 95% para la media de las concentraciones de mercurio en conservas de atún, según marcas comercializadas.



c) Determinación de concentración promedio de mercurio vs LMP

1. Prueba de hipótesis: Prueba t-Student de una muestra

Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis alterna**

H1: Los niveles de mercurio de las conservas de atún son diferentes al límite máximo permisible establecido por la OMS, FDA y SANIPES.

- **Hipótesis nula**

H0: Los niveles de mercurio de las conservas de atún son iguales al límite máximo permisible establecido por la OMS, FDA y SANIPES.

2. Nivel de significancia: 0,05 o 5%

- $p \text{ valor} > 0,05 \text{ ó } 5 \%$: se rechaza hipótesis H1
- $p \text{ valor} < 0,05 \text{ ó } 5 \%$: se acepta hipótesis H1

3. Cálculo del valor p

Tabla 8. Prueba de T-Student para comparar la media de la concentración de mercurio en conservas de atún comercializadas frente al LMP por la OMS, FDA y SANIPES.

Variable	n	Media	Error estándar	Desviación Estándar	IC95%	Valor p
Concentración de Mercurio	50	0.324	0.021	0.149	0.282 0.366	<0.001

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Mediante la prueba de t-Student para una muestra, se obtuvo un valor p de <0.001, el cual es inferior al límite de significancia estadística establecido de 0.05. Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, la cual indica que las concentraciones de mercurio en las conservas de atún son diferentes e inferior al LMP establecido por la OMS, FDA y SANIPES.

DISCUSIÓN

Antecede a las conclusiones y es el momento de presentar los objetivos, las hipótesis (si las hubiera) los resultados con el propósito de verificar la concordancia o discrepancia con los antecedentes o la teoría

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la concentración de mercurio total en las conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna, en el año 2023. Así, se analizaron 50 muestras de conservas de atún en líquidos de cobertura acuoso y en aceite vegetal. Todas las muestras fueron recolectadas mediante un procedimiento estandarizado, el cual consistió en comprar en los mercados y supermercado más concurridos de los distritos principales de la Ciudad de Tacna, los cuales fueron 5: Mercado Zonal de Ciudad Nueva, Mercado Zonal de Alto de la Alianza, Mercado Santa Rosa, Mercado Mayorista Grau y Plaza Veá. Las muestras se conservaron a temperatura ambiente. Previamente al transporte, se aseguraron que todas las muestras de conservas estén debidamente identificadas. Se aislaron y movilizaron las muestras en una caja, hasta su análisis en el laboratorio CICOTOX de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, mediante la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Como resultados, se encontró que las 50 muestras analizadas de conservas de atún, tuvieron en promedio $0,324 \pm 015$ ppm de concentración de mercurio en conservas de atún. Este promedio considerando que la distribución de las concentraciones de mercurio es normal, representa la cantidad de mercurio de todas las muestras analizadas. Asimismo, podemos concluir que el promedio de mercurio en las conservas de atún es inferior a lo indicado por los organismos internacionales, tales como la OMS, FDA y SANIPES. Este estudio evidenció que el valor máximo de mercurio en las muestras analizadas fue de 0,642 ppm de concentración de mercurio en conservas de atún, valor que supera el límite máximo permisible establecido por la OMS. De igual manera se encontró que ocho (16 %) conservas de atún tienen concentraciones de mercurio que exceden los límites permisibles estipulados por la OMS, pero dentro de los valores permitidos por la FDA y SANIPES.

Los datos resumidos anteriormente, son diferentes a los encontrados por Bello-Moreira (2) en 2015, que analizó una mayor cantidad de muestras de conservas de atún que en el presente estudio (100 vs 50), de las cuales, la mitad fueron analizadas mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica "Vapor Frío" para determinar la concentración total de mercurio en las emulsiones de agua y aceite. El autor

evidenció que el valor promedio de mercurio en las conservas de atún en cobertura de agua fue 0,16 ppm, mientras que las que tenían líquido de cobertura en aceite fue 0,15 ppm de mercurio, estando ambos por debajo de los límites referenciales. Por otro lado el estudio de Pico-Lozano en Ecuador (16), determinó el mercurio total en muestras de atún sólido, realizando el análisis químico toxicológico con espectrofotometría de absorción atómica en la universidad de Manabí. El autor evidenció un promedio de 0,34 ppm. Este resultado es similar con lo obtenido en el presente estudio.

El presente estudio también evaluó la concentración de mercurio en las conservas de atún según el líquido de cobertura (aceite vs agua y sal). Así, para las muestras que tenían como líquido de cobertura acuosa; es decir, agua y sal, se obtuvo que el valor promedio de mercurio fue de 0,388 ppm y el valor máximo fue de 0,571 ppm, siendo este último superior a lo establecido por organismos internacionales.

En cuanto a las muestras de atún que tenían como líquido de cobertura aceite vegetal, se obtuvo como valor promedio de mercurio 0,309 ppm y el valor máximo fue de 0,642 ppm. Este último valor; aparentemente, es similar a la concentración de mercurio en conservas de atún con líquido

de cobertura acuosa (0642 ppm vs 0,571 ppm). Para evaluar si existen diferencias estadísticas entre los promedios de mercurio de las conservas según líquido de cobertura, se realizó un contraste de hipótesis con la prueba de t-Student de muestras independientes. Así, se obtuvo un valor p de 0,154, el cual advierte que las concentraciones de mercurio en las conservas de atún que tiene como líquido de cobertura aceite vegetal son iguales a las que tiene como líquido de cobertura agua y sal.

Los resultados anteriores, son diferentes a los obtenidos en el estudio de Bello-Moreira (2), realizado en el 2015; que analizó 100 muestras de conservas de atún donde se evidenció que el valor promedio de la emulsión “agua” fue 0,16 ppm de concentración de mercurio, el valor mínimo fue de $0,09 \pm 0,02$ ppm y el valor máximo fue de $0,33 \pm 0,02$ ppm; mientras que la emulsión “aceite” el valor promedio fue de 0,15 ppm, el valor mínimo fue de $0,09 \pm 0,02$ ppm; y el valor máximo fue de $0,35 \pm 0,02$, estando ambos por debajo de los límites establecidos por organismos internacionales. De igual manera, el estudio de Alcalá (15), determinó los niveles de mercurio total en las marcas de conservas de atún comercializadas en Cartagena, Colombia, para ello se recolectaron 252 latas de atún, representativas de 6 marcas (AF), en 2 medios (agua y aceite). Los valores promedios de mercurio total fueron $0,66 \pm 0,05$ y $0,61$

$\pm 0,05$ ppm, para agua y aceite, respectivamente. Este resultado es diferente con lo obtenido en el presente estudio porque el grado de contaminación del área geográfica pueden tener un impacto positivo en los niveles de mercurio que se encuentran en el pescado, ya que este metal es capaz de llegar a los cuerpos a través de fuentes diferentes.

La presentación investigación también comparó la concentración de mercurio de las conservas de atún; según marcas comercializadas, codificadas en 12 marcas (AL), se evidenció que el valor promedio más alto fue de la marca B con 0,414 ppm de concentración de mercurio en conservas de atún. Asimismo, se encontró que el valor máximo de concentración de mercurio fue de la marca G con 0,642 ppm de concentración de mercurio en conservas de atún, excediendo los límites permisibles estipulados por la OMS. De igual manera el valor mínimo de concentración de mercurio fue de la marca J con 0,056 ppm de concentración de mercurio en conservas de atún. Así, se evaluó estadísticamente si existían diferencias entre los promedios de mercurio entre los mercados de expendio. Para ello, se realizó mediante la prueba de ANOVA H de un factor. En efecto, se obtuvo un valor p de 0,051, el cual indica que los niveles de mercurio de las conservas de atún son iguales entre las marcas de las conservas de atún.

Los datos resumidos anteriormente, son diferentes a los encontrados por Alcalá (15), determinó los niveles de mercurio total (T-Hg) en las marcas de conservas de atún comercializadas en Cartagena, Colombia, para ello se recolectaron 252 latas de atún, representativas de 6 marcas (AF), en 2 medios (agua y aceite). Los valores de promedio de T-Hg fueron $0,66 \pm 0,05$ y $0,61 \pm 0,05$ ppm, para agua y aceite, respectivamente. Este resultado es diferente con lo obtenido en el presente estudio porque las marcas estudiadas de Alcalá (20) provienen de diferentes áreas, de las cuales se desconoce la contaminación. Varios estudios han demostrado una relación positiva entre el tamaño del pescado y el contenido del mercurio en el musculo del atún. Los peces más grandes tienden a acumularse mayores cantidades de mercurio, lo que permite su biomagnificación en las cadenas alimentarias, este proceso es responsable del alto contenido de mercurio encontrado en el atún.

Complementariamente, en la presente investigación se comparó la concentración promedio de mercurio total de 50 conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna con los límites máximos permisibles establecidos por la OMS, FDA y SANIPES. Este análisis se realizó mediante la prueba de t-Student, con la cual se determinó que existen diferencias entre la concentración promedio de mercurio total de las

muestras analizadas con los LMP establecidos por la OMS. En esa misma línea, el estudio de Pico-Lozano en Ecuador (16), determinó el mercurio total en muestras de atún sólido, realizando el análisis químico toxicológico con espectrofotometría de absorción atómica en la universidad de Manabí. El autor evidenció un promedio de 0,34 ppm. Este resultado es similar con lo obtenido en el presente estudio. De igual manera, el estudio de Alcalá en Colombia (15), determinó los niveles de mercurio total (T-Hg) en las marcas de conservas de atún comercializadas en Cartagena con un valor promedio de $0,63 \pm 0,05$, 18,3 % fueron superiores a los límites recomendados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (0,5 ppm). Este resultado es diferente con lo obtenido en el presente estudio, dado que el 16 % de las muestras analizadas, tuvieron valores que superaron los límites permisibles de mercurio en alimentos. Estas diferencias, se presumen porque las variaciones en las concentraciones de mercurio encontradas entre lotes y entre marcas pueden depender de varios factores como: el tamaño del atún, el sitio de comercialización, la especie de atún y el tipo de músculo. Los resultados obtenidos en la presente investigación, generarían preocupación, debido a que la población que consume conservas de atún, estaría expuesta involuntariamente a niveles elevados de mercurio a través de su dieta.

Es importante señalar que, la exposición crónica a mercurio a través de los alimentos independientemente de la cantidad accidentalmente consumida puede traer como consecuencia efectos nocivos a personas especialmente vulnerables, como las gestantes y niños. Se hace especial énfasis a esto porque, la toxicocinética del mercurio en el organismo humano es bioacumulable, sobre todo cuando el consumo es crónico, es decir, el consumo de pequeñas cantidades, puede permitir que se acumule cantidades mayores de mercurio en el cuerpo que posteriormente pueden producir efectos nocivos.

Por lo expuesto, en caso de exposición accidental de metilmercurio en gestantes, podría afectar los riñones y al sistema nervioso central (SNC), al atravesar la barrera hematoencefálica, así como la placenta (37). Asimismo, en la infancia puede provocar leves problemas conductuales, trastornos del lenguaje, pérdidas de memoria, pérdidas de visión y auditivas, además de dificultades de aprendizaje (5).

En los adultos, el metilmercurio (MeHg) también ha estado asociado a enfermedades crónicas, como enfermedades cardiovasculares y con el riesgo de sufrir un infarto agudo de miocardio (38).

Expuesto lo anterior, el presente trabajo aporta información sobre los riesgos de ingerir alimentos contaminados con el metal pesado (mercurio) y también evidencia la presencia de mercurio en conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna. Considerando todas las marcas de atún investigadas, las concentraciones de mercurio variaron mínimamente. Los niveles de mercurio no fueron significativamente diferentes entre las conservas de agua y aceite de atún, pero si hay presencia del metal, por lo que pueden tener efectos nocivos para la salud de los consumidores de la población tacneña.

Las regulaciones internacionales y nacionales deben exigir a las empresas productoras que eviten usar conservas de atún con altos niveles de mercurio. Se deben realizar niveles más estrictos en los sitios de producción antes que los productos se coloquen en el mercado y el seguimiento aleatorio también en las cadenas minoristas.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La concentración de mercurio total en las conservas de atún comercializadas en Tacna el valor promedio obtenido fue de $0,324 \pm 015$ ppm. El valor máximo encontrado de mercurio en las muestras analizadas fue de 0,642 ppm, valor que supera el límite máximo permisible establecido por la OMS, pero no supera los LMP por la FDA y SANIPES.

SEGUNDA: Las conservas de atún que tienen como líquido de cobertura aceite vegetal son iguales a las que tiene como líquido de cobertura agua y sal.

TERCERA: Las conservas de atún las marcas de conservas de atún de los mercados de expendio en la ciudad de Tacna son iguales entre las marcas analizadas.

CUARTA: La media de la concentración de mercurio de las conservas de atún comercializados en la ciudad de Tacna es diferente e inferior al LMP establecido por la OMS, FDA y SANIPES

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A SANIPES que realice controles exhaustivos en conservas de diferentes especies de pescado y marcas, debido a la infinidad de conservas existentes en nuestro país; con el fin de explorar a los diferentes tóxicos metálicos a los que nos exponemos.

SEGUNDA: A las entidades de control y entes de investigación realicen estudios con ampliar la cantidad de muestra para la determinación de mercurio, a fin de evaluar los riesgos reales existentes sobre la salud humana.

TERCERA: Exigir a la autoridad sanitaria; como SANIPES, que considere esta investigación para ajustar las normativas correspondientes, como la de control de calidad y ampliar los LMP para las conservas de atún y/o otras especies.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nuñez-Avellaneda M, Córdoba EA, Gil-Manrique bd. Un análisis descriptivo de la presencia de mercurio en agua, sedimento y peces de interés socio-económico en la amazonia Colombiana..2014.[citado 9 de abril de 2023];12(7):149-159
2. Moreira ÍPB, Baque CGV, Delgado HEV, Muentes XEA. Determinación de mercurio en enlatados de atún comercial de la ciudad de manta, provincia de manabi - ecuador. Alimentos Hoy. 29 de abril de 2016;24(37):70.
3. Salazar Chacón Y, Rodríguez Yáñez J, Sierra Gómez H, Piedra Marín G, Chaverri Suárez F, Salazar Chacón Y, et al. Evaluación de los Niveles de Mercurio en Productos Pesqueros en Costa Rica, Durante 2003-2013, como insumo para recomendar una ingesta semanal tolerable. Revista Costarricense de Salud Pública. junio de 2016;25(1):18-32.
4. Sánchez Londoño JM. Evaluación de la concentración de mercurio en diversas marcas de atún enlatado comercializadas en la ciudad de Cartagena de Indias. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá Facultad de Medicina Departamento de Toxicología [Internet]. 2011

[citado 14 de julio de 2023]; Disponible en:
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9712>

5. Bloom NS. On the Chemical Form of Mercury in Edible Fish and Marine Invertebrate Tissue. *Can J Fish Aquat Sci.* mayo de 1992;49(5):1010-7.
6. 15_R_DE_N_057_2016_A1.pdf [Internet]. [citado 5 de septiembre de 2023]. Disponible en:
http://www.sanipes.gob.pe/normativas/15_R_DE_N_057_2016_A1.pdf
7. Barzola Común R. Comparación de la concentración de cadmio y mercurio en conservas de pescado enlatadas y conservas de pescado envasadas en vidrio expandidas en Lima – 2017. Repositorio Institucional - UIGV [Internet]. 15 de septiembre de 2017 [citado 2 de julio de 2023]; Disponible en:
<http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/1442>
8. Collave García Y. “Los niños no deben comer atún” | Las graves consecuencias de consumir peces contaminados con mercurio. *El Comercio* [Internet]. 23 de noviembre de 2019 [citado 23 de diciembre de 2023]; Disponible en: <https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/los-ninos-no-deben-comer-atun-las-graves-consecuencias-de-consumir-peces-contaminados-con-mercurio-noticia/>

9. Yang HR, Kim NY, Hwang LH, Park JS, Kim JH. Mercury contamination and exposure assessment of fishery products in Korea. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 2 de enero de 2015;8(1):44-9.
10. Bashiri Dezfouli A, Salar-Amoli J, Ali-Esfahani T, Hosseini H, Ghanati K. Evaluating Total Mercury and Methyl Mercury Contents in Canned Tuna Fish of the Persian Gulf. *Iran J Pharm Res*. 2018;17(2):585-92.
11. Barzola Común R. Comparación de la concentración de cadmio y mercurio en conservas de pescado enlatadas y conservas de pescado envasadas en vidrio expandidas en Lima – 2017. Repositorio Institucional - UIGV [Internet]. 15 de septiembre de 2017 [citado 18 de julio de 2023]; Disponible en: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/1442>
12. Vega Silvestre DM, Leon Delgado VA. “Determinación cuantitativa de la concentración de mercurio y arsénico en pejerrey (*odonesthes regia*) comercializado en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre 2017”. Quantitative determination of the concentration of mercury and arsenic in pejerrey (*odonesthes regia*) commercialized in the fishing terminal of Ancón during the period September - October 2017 [Internet]. 27 de mayo de 2019 [citado 18 de

julio de 2023]; Disponible en:
<https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/3657>

13. Ninaja Sarmiento PN. Determinación de los niveles de mercurio en los pescados de mayor consumo comercializados en los mercados de Tacna, 2017. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann [Internet]. 2020 [citado 12 de septiembre de 2023]; Disponible en:
<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4031>
14. Núñez Losada R. Contenido de metales y metaloides en presentaciones de atún comercializadas en Galicia. Estimaciones riesgo/beneficio para la salud del consumidor [Internet] [doctoral thesis]. 2022 [citado 23 de diciembre de 2023]. Disponible en:
<https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/29429>
15. Alcalá-Orozco M, Morillo-García Y, Caballero-Gallardo K, Olivero-Verbel J. Mercury in canned tuna marketed in Cartagena, Colombia, and estimation of human exposure. *Food Addit Contam Part B Surveill.* diciembre de 2017;10(4):241-7.
16. Pico Lozano EX, Cevallos Rivera JR. Presencia de mercurio en conservas de atún de la especie *Katsuwonus pelamis*. *Dominio de las Ciencias.* 2016;2(3):149-61.

17. de Paiva EL, Morgano MA, Milani RF. Cadmium, lead, tin, total mercury, and methylmercury in canned tuna commercialised in São Paulo, Brazil. *Food Addit Contam Part B Surveill.* septiembre de 2017;10(3):185-91.
18. Sanchez Gaspar MA. Relación entre el contenido de mercurio, características fisicoquímicas y el precio en conservas de pescado expendidas en un mercado mayorista. Universidad Nacional Mayor de San Marcos [Internet]. 2020 [citado 23 de diciembre de 2023]; Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/12329>
19. Salcedo JG, Canales CA, Solano MA, Rivas W, Manrique ERT. Determinación de niveles de cadmio y mercurio en conservas de pescado enlatadas expendidas en Lima Metropolitana. *Revista Científica Ágora.* 19 de junio de 2017;4(1):15-20.
20. Ramos Cáceres KN. Determinación de la Presencia de CD, PB, HG, AL y AS en Conservas de Thunnus (Atún), Arequipa- 2016. Universidad Católica de Santa María [Internet]. 28 de diciembre de 2017 [citado 23 de diciembre de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/7068>

21. Sandoval CME. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
22. Armesto AG, López MM. The Conversation. 2022 [citado 23 de diciembre de 2023]. Por qué la contaminación por mercurio sigue siendo un problema aunque reduzcamos sus emisiones. Disponible en: <http://theconversation.com/por-que-la-contaminacion-por-mercurio-sigue-siendo-un-problema-aunque-reduzcamos-sus-emisiones-176639>
23. Armesto AG, López MM. The Conversation. 2022 [citado 3 de diciembre de 2023]. Por qué la contaminación por mercurio sigue siendo un problema aunque reduzcamos sus emisiones. Disponible en: <http://theconversation.com/por-que-la-contaminacion-por-mercurio-sigue-siendo-un-problema-aunque-reduzcamos-sus-emisiones-176639>
24. Evaluación de la contaminación por mercurio en la población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena - Ayacucho - Perú durante el periodo agosto - septiembre 2001"_generalidades [Internet]. [citado 01 de enero de 2024]. Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/salud/monteagudo_m_f/generalidades.htm

25. Gottau G. Vitónica. 2019 [citado 27 de enero de 2023]. El mercurio de los pescados en conserva: su contenido no implica riesgo para la salud siempre y cuando no abusemos de su ingesta. Disponible en: <https://www.vitonica.com/alimentos/mercurio-pescados-conserva-su-contenido-no-implica-riesgo-para-salud-siempre-cuando-no-abusemos-su-ingesta>
26. dokumen.tips [Internet]. [citado 17 de diciembre de 2023]. (DOCX) Control de Calidad Del Producto Final en Conservas. Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/control-de-calidad-del-producto-final-en-conservas.html>
27. Mercurio - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud [Internet]. [citado 27 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/mercurio>
28. Pesquera I. VERONICA YAMILETH VIGIL DELGADILLO.
29. Fundación BBVA [Internet]. [citado 21 de diciembre de 2023]. atún | Definición y ejemplos de uso | Diccionario del español actual. Disponible en: <https://www.fbbva.es/diccionario/>

30. Mayo Clinic [Internet]. [citado 21 de diciembre de 2023]. Intoxicación: primeros auxilios. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es/first-aid/first-aid-poisoning/basics/art-20056657>
31. Qué es un límite máximo permisible [Internet]. 2014 [citado 22 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/jihuva/que-es-un-lmite-mximo-permisible>
32. Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) | USAGov [Internet]. [citado 27 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.usa.gov/es/agencias/administracion-de-alimentos-y-medicamentos>
33. Barreiros MM. El Orden Mundial - EOM. 2023 [citado 27 de febrero de 2024]. ¿Qué es la OMS? Disponible en: <https://elordenmundial.com/que-es-oms-organizacion-mundial-salud/>
34. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) | USAGov [Internet]. [citado 27 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.usa.gov/es/agencias/agencia-de-proteccion-ambiental-de-estados-unidos>
- 35.2. Hernandez, Fernandez y Baptista-Metodología Investigación Científica 6ta ed.pdf [Internet]. [citado 12 de febrero de 2024].

Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

36. practica4.pdf [Internet]. [citado 19 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/quimbiotec/curso0405/practica4.pdf>

37. MERCURIO_P.PESCA.pdf [Internet]. [citado 5 de septiembre de 2023]. Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/MERCURIO_P.PESCA.pdf

38. González-Estecha M. EFECTOS SOBRE LA SALUD DEL METILMERCURIO EN NIÑOS Y ADULTOS; ESTUDIOS. NUTRICION HOSPITALARIA. 1 de noviembre de 2014;(5):999-1007.

ANEXOS

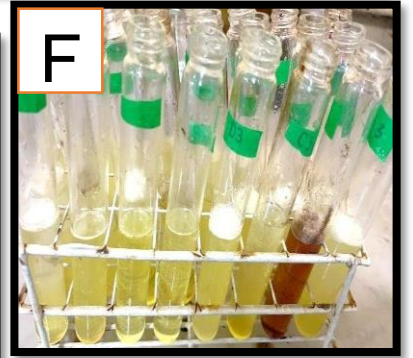
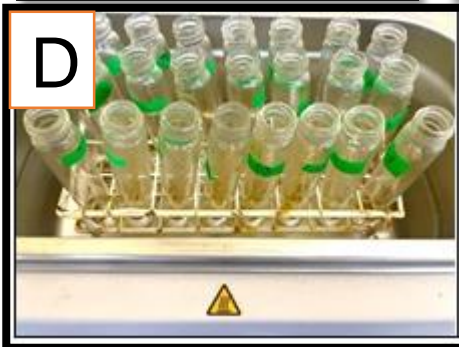
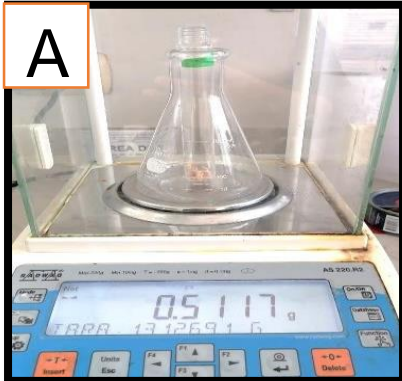
Anexo 1. Selección y recolección de muestra en los diferentes mercados de la ciudad de Tacna



Anexo 2. Rotulado e ingreso de muestras a Cicotox

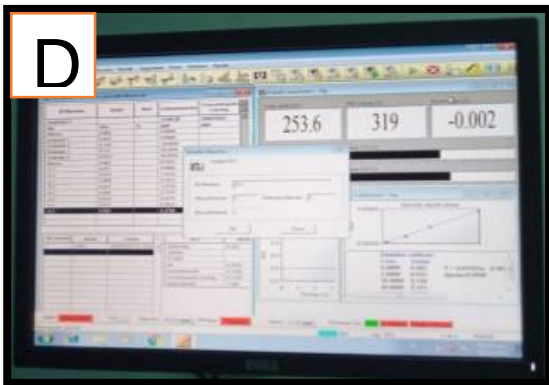
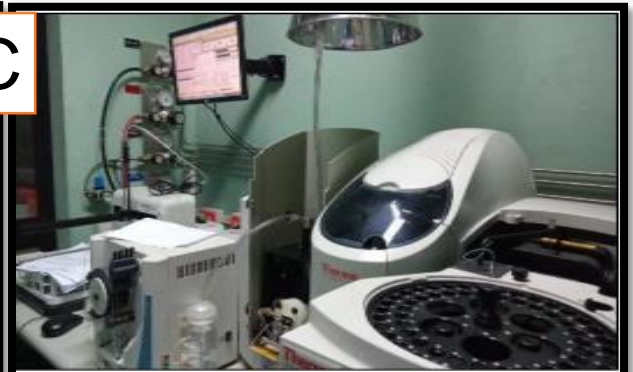


Anexo 3. Preparación de muestra: Digestión vía húmeda



- A. Pesar 0.5 gramos de muestra previamente homogenizada en un tubo de vidrio contapa tapa rosca
- B. Adicionar a todas las muestras 4 ml de ácido sulfúrico concentrado
- C. Agregar a todas la muestras 1 ml de ácidonítrico concentrado.
- D. Luego llevar a baño maría a 58°C por 60 minutos para iniciar la digestión.
- E. Posteriormente se lleva a un baño de hielo a 4°C y se adiciona 5ml de permanganatode potasio al 5% y 8 mL de persulfato de potasio 10%. Se deja en reposo toda la noche.
- F. Finalmente agregar 5mL de hidroxilamina 12%, llevar a 25mL con agua ultrapura y homogenizar, debe quedar una solución translúcida sin impurezas.
- G. Muestras listas a lectura.

Anexo 4. Análisis de mercurio



- Blanco de la curva de calibración y estándares: St1, St2, St3 y St4
-
-
- Se colocó las muestras en pocillos de 1.5 ml en el carrusel del auto muestreador, la secuencia fue: blanco, los 4 estándares y las muestras por medio del auto muestreador. Se utiliza el gas argón como arrastre y HNO_3 0.2% como solución de lavado.
- Encender el Equipo Absorción atómica Thermo Scientific Marca y modelo THERMO SCIENTIFIC ICE 3000 equipado con Vapor frío - VP100.
- Se configura el software del equipo y se procede

Anexo 5. Curva de calibración

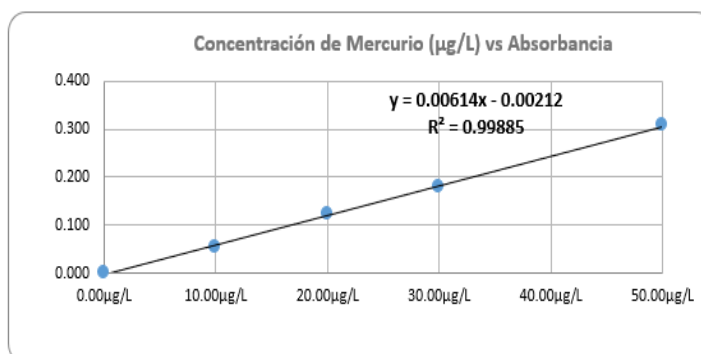
III. PARTE EXPERIMENTAL

Método:	Determinación de Mercurio por Espectrofotometría de Absorción Atómica - Vapor Frío (EAA-VP)
Características:	Espectrofotómetro de Absorción Atómica Solaar Modelo ICE 3500 Marca Thermo Scientific Kit Vapor: VP100
Condiciones:	Longitud de onda 253.7nm Corriente de lámpara 75% Kit Vapor: VP100 Rendija: 0.5 nm Agente reductor: NaBH ₄ 1.5% + 0.5w/v NaOH y Agente ácido: HCl 10% Flujo de bomba 25 mL/min Velocidad: 22 RPM.

TABLA DE DATOS

Identificación	Concentración	Absorbancia	Pendiente	Intersección	Concentración
Blanco	0.00µg/L	0.002	0.0061	-0.002122	-
Estándar 1	10.00µg/L	0.054	0.0061	-0.002122	9.14µg/L
Estándar 2	20.00µg/L	0.123	0.0061	-0.002122	20.37µg/L
Estándar 3	30.00µg/L	0.179	0.0061	-0.002122	29.49µg/L
Estándar 3	50.00µg/L	0.307	0.0061	-0.002122	50.33µg/L

GRÁFICO



Anexo 6. Reporte de los resultados de mercurio en conservas de atún.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental
CICOTOX

N° 97732 - 97751

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Bach. Edith Yovana Mamani Aquisé

TESIS: Determinación de mercurio total en conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna, 2023

FECHA DE RECEPCIÓN: 16 DE AGOSTO DE 2023 HORA: 03:54:00 p. m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10 DE SETIEMBRE DE 2023 HORA: 11:10:00 a. m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 17 DE SETIEMBRE DE 2023 HORA: 05:04:00 a. m.

MÉTODOS: Mercurio : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Vapor Frío

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
97732	Conserva de atún - Código: H1	Cuantificación de Mercurio*	0.386 mg/Kg
97733	Conserva de atún - Código: H2	Cuantificación de Mercurio	0.237 mg/Kg
97734	Conserva de atún - Código: I1	Cuantificación de Mercurio	0.352 mg/Kg
97735	Conserva de atún - Código: I2	Cuantificación de Mercurio	0.622 mg/Kg
97736	Conserva de atún - Código: I3	Cuantificación de Mercurio	0.235 mg/Kg
97737	Conserva de atún - Código: I4	Cuantificación de Mercurio	0.233 mg/Kg
97738	Conserva de atún - Código: J1	Cuantificación de Mercurio	0.314 mg/Kg
97739	Conserva de atún - Código: J2	Cuantificación de Mercurio	0.438 mg/Kg
97740	Conserva de atún - Código: K1	Cuantificación de Mercurio	0.571 mg/Kg
97741	Conserva de atún - Código: K2	Cuantificación de Mercurio	0.206 mg/Kg
97742	Conserva de atún - Código: K3	Cuantificación de Mercurio	0.509 mg/Kg
97743	Conserva de atún - Código: K4	Cuantificación de Mercurio	0.214 mg/Kg
97744	Conserva de atún - Código: L1	Cuantificación de Mercurio	0.070 mg/Kg
97745	Conserva de atún - Código: L2	Cuantificación de Mercurio	0.256 mg/Kg
97746	Conserva de atún - Código: L3	Cuantificación de Mercurio	0.642 mg/Kg
97747	Conserva de atún - Código: L4	Cuantificación de Mercurio	0.348 mg/Kg
97748	Conserva de atún - Código: L5	Cuantificación de Mercurio	0.415 mg/Kg
97749	Conserva de atún - Código: L6	Cuantificación de Mercurio	0.357 mg/Kg
97750	Conserva de atún - Código: M1	Cuantificación de Mercurio	0.314 mg/Kg
97751	Conserva de atún - Código: M2	Cuantificación de Mercurio	0.449 mg/Kg

N.D.: No Detectable

Lima, 17 de setiembre de 2023.

Director de CICOTOX

Dr. José A. Apesteagua Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 C.Q.F.P N° 06538
 RNE 240
 D.N.I N° 09359857

Q.F. AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS
 C.Q.F.P. 18579

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú
 Celular 956 740 869 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima 1
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental
CICOTOX

N° 97712 - 97726

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Bach. Edith Yovana Mamani Aquise

TESIS: Determinación de mercurio total en conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna, 2023

FECHA DE RECEPCIÓN: 16 DE AGOSTO DE 2023 **HORA:** 03:54:00 p. m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10 DE SETIEMBRE DE 2023 **HORA:** 11:10:00 a. m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 17 DE SETIEMBRE DE 2023 **HORA:** 05:04:00 a. m.

MÉTODOS: Mercurio : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Vapor Frío

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
97712	Conserva de atún - Código: A1	Cuantificación de Mercurio	0.305 mg/Kg
97713	Conserva de atún - Código: A2	Cuantificación de Mercurio	0.564 mg/Kg
97714	Conserva de atún - Código: A3	Cuantificación de Mercurio	0.347 mg/Kg
97715	Conserva de atún - Código: B1	Cuantificación de Mercurio	0.309 mg/Kg
97716	Conserva de atún - Código: B2	Cuantificación de Mercurio	0.407 mg/Kg
97717	Conserva de atún - Código: B3	Cuantificación de Mercurio	0.528 mg/Kg
97718	Conserva de atún - Código: C1	Cuantificación de Mercurio	0.160 mg/Kg
97719	Conserva de atún - Código: C2	Cuantificación de Mercurio	0.090 mg/Kg
97720	Conserva de atún - Código: C3	Cuantificación de Mercurio	0.056 mg/Kg
97721	Conserva de atún - Código: D1	Cuantificación de Mercurio	0.593 mg/Kg
97722	Conserva de atún - Código: D2	Cuantificación de Mercurio	0.344 mg/Kg
97723	Conserva de atún - Código: D3	Cuantificación de Mercurio	0.266 mg/Kg
97724	Conserva de atún - Código: E1	Cuantificación de Mercurio	0.251 mg/Kg

97727	Conserva de atún - Código: F1	Cuantificación de Mercurio	0.386 mg/Kg
97728	Conserva de atún - Código: F2	Cuantificación de Mercurio	0.214 mg/Kg
97729	Conserva de atún - Código: F3	Cuantificación de Mercurio	0.277 mg/Kg
97730	Conserva de atún - Código: G1	Cuantificación de Mercurio	0.077 mg/Kg
97731	Conserva de atún - Código: G2	Cuantificación de Mercurio	0.111 mg/Kg

N.D.: No Detectable

Lima, 17 de setiembre de 2023.

Director de CICOTOX

Dr. José A. Apesteúa Infantes
Esp. Toxicología & Química Legal
C.Q.F.P N° 06538
RNE 240
D.N.I N° 09359857

DR. AMÉRICA FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579

“FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO”

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima I - Perú
 Celular 956 740 869 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima I
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental
CICOTOX

N° 97752 - 97761

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Bach. Edith Yovana Mamani Aquise

TESIS: Determinación de mercurio total en conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna, 2023

FECHA DE RECEPCIÓN: 16 DE AGOSTO DE 2023 HORA: 03:54:00 p. m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10 DE SETIEMBRE DE 2023 HORA: 11:10:00 a. m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 17 DE SETIEMBRE DE 2023 HORA: 05:04:00 a. m.

MÉTODOS: Mercurio : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Vapor Frío

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
97752	Conserva de atún - Código: M3	Cuantificación de Mercurio	0.505 mg/Kg
97753	Conserva de atún - Código: M4	Cuantificación de Mercurio	0.247 mg/Kg
97754	Conserva de atún - Código: M5	Cuantificación de Mercurio	0.383 mg/Kg
97755	Conserva de atún - Código: M6	Cuantificación de Mercurio	0.473 mg/Kg
97756	Conserva de atún - Código: N1	Cuantificación de Mercurio	0.303 mg/Kg
97757	Conserva de atún - Código: N2	Cuantificación de Mercurio	0.391 mg/Kg
97758	Conserva de atún - Código: N3	Cuantificación de Mercurio	0.156 mg/Kg
97759	Conserva de atún - Código: N4	Cuantificación de Mercurio	0.270 mg/Kg
97760	Conserva de atún - Código: N5	Cuantificación de Mercurio	0.156 mg/Kg
97761	Conserva de atún - Código: N6	Cuantificación de Mercurio	0.252 mg/Kg

N.D.: No Detectable

Lima, 17 de setiembre de 2023.

Director de CICOTOX

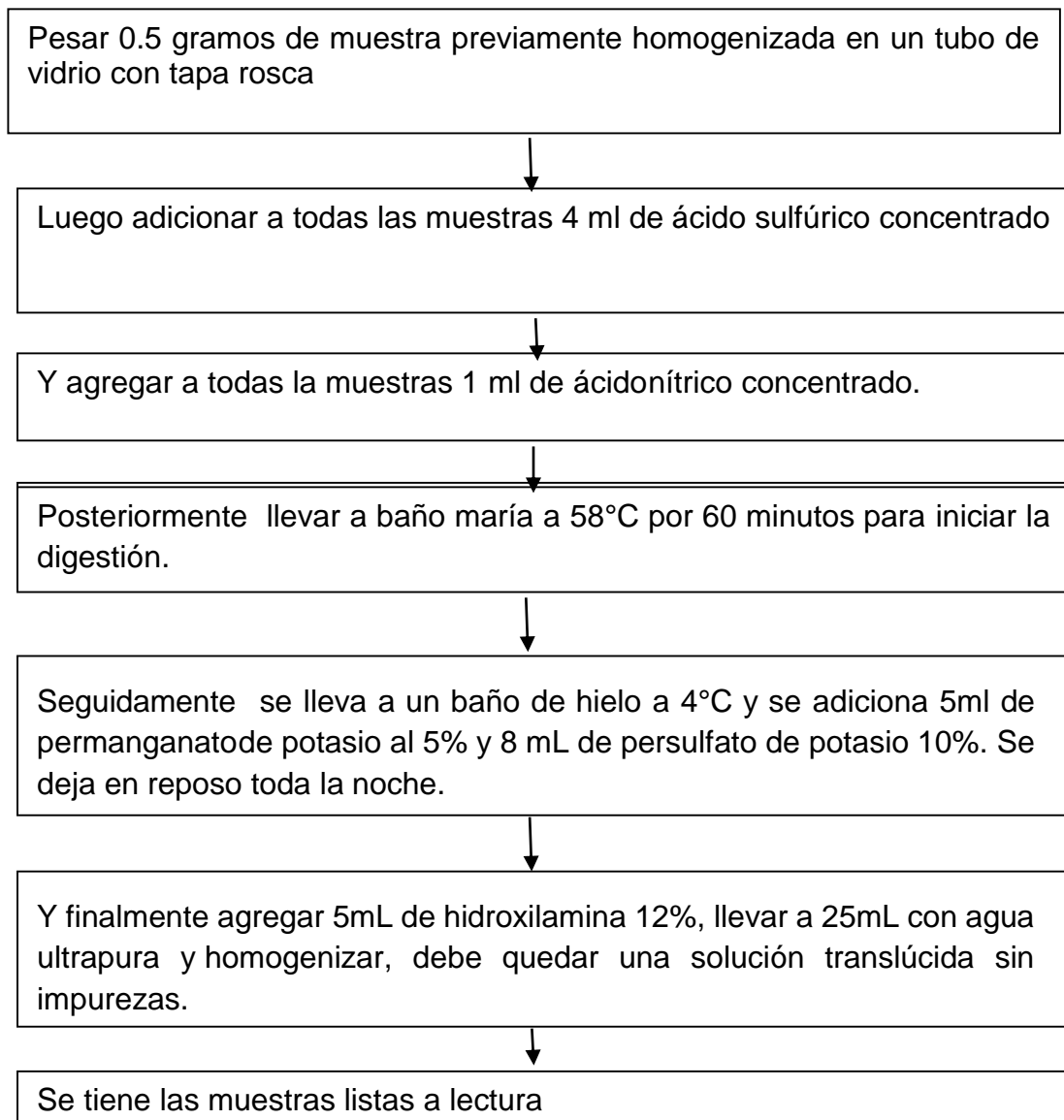
Dr. José A. Apesteuña Infantes
Esp. Toxicología & Química Legal
C.Q.F.P. N° 06538
RNE 240
D.N.I. N° 09359857

Q.F. AMÉRICA A. FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú
Celular 956 740 869 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Anexo 7. Flujograma de proceso de análisis de mercurio



Anexo 8. Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DE PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	TECNICAS / INSTRUMENTOS
<p>PROBLEMA PRINCIPAL</p> <p>¿Cuál es la concentración de mercurio total en las conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna, en el año 2023?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar la concentración de mercurio total en las conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna, en el año 2023.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL:</p> <p>No lleva hipótesis, porque el enunciado no refiere una proposición positiva para el alcance del estudio. Según nuestro alcance, se desea describir, estimar y comparar la variable de interés.</p>	<p>Variable de interés:</p> <p>Concentración de mercurio total en conservas de atún</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Cuantitativa: Porque se aplicarán métodos estadísticos para describir la información recolectada sobre la variable de interés.</p> <p>Observacional: Porque valora el reflejo natural de los eventos observados sin manipulación de la variable de estudio.</p> <p>Prospectivo: Porque la obtención de los datos fue realizada por el propio investigador (datos primarios).</p>	<p>Técnicas de recolección de datos:</p> <p>Se procedió la obtención de las conservas de atún directamente de los centros de expendio de la ciudad de Tacna. Se empleó materiales como: bolsas herméticas, caja isotérmica, plumón indeleble y etiquetas de identificación.</p>
<p>PROBLEMAS SECUNDARIOS</p> <p>¿Cuál es la concentración de mercurio total en las conservas de atún, según el líquido de cobertura comercializadas en la ciudad de Tacna?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Determinar las concentraciones de mercurio total en las conservas de atún de cobertura acuosa y de aceite vegetal, comercializadas en la ciudad de Tacna, 2023.</p>	<p>HIPOTESIS ESPECIFICAS:</p> <p>No aplica</p>		<p>NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Es descriptiva, porque se cuenta con variable de interés (mercurio en conservas de atún) y en consecuencia se aplica estadística univariada lo que comprende, según nuestra intención metodológica: estimar, describir y comparar.</p>	<p>-Análisis de las muestras:</p> <p>Se realizará mediante espectrofotómetro de absorción atómica con generador de hidruros en el Laboratorio CICOTOX de la Universidad Mayor de San Marcos.</p>
<p>¿Cuál es la concentración de mercurio total en las conservas de atún, según las marcas comercializadas en la ciudad de Tacna?</p>	<p>Determinar las concentraciones de mercurio total en las conservas de atún según las marcas comercializadas en la ciudad de Tacna, 2023</p>			<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Transversal: Porque se realizó una sola medición para la recolección de datos.</p>	<p>Técnicas estadísticas:</p> <p>Estadística descriptiva: Cuadro, gráficos, tablas, porcentajes.</p>
<p>¿La concentración promedio de mercurio total en las conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna son superiores a los límites máximos permisibles establecidos por la OMS, FDA y SANIPES?</p>	<p>Determinar la concentración promedio de mercurio total en las conservas de atún comercializadas en la ciudad de Tacna con los límites máximos permisibles establecidos por la OMS, FDA y SANIPES.</p>			<p>POBLACION Y MUESTRA:</p> <p>POBLACIÓN: La población está compuesta por las 50 conservas de atún comercializados en la ciudad de Tacna.</p> <p>MUESTRA: La muestra está constituida por las diferentes marcas de conservas de atún expendidos en los mercados y supermercado de la ciudad de Tacna.</p>	<p>Estadística inferencial:</p> <p>Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk Prueba de T-Student de una muestra Prueba de ANOVA de un factor</p> <p>Todos los análisis estadísticos se realizaron en el Software Stata: Statistical software for data science versión 16</p>