

**UNIVERSIDAD INCA  
GARCILASO DE LA VEGA**



**FACULTAD DE CIENCIAS  
FARMACÉUTICAS Y  
BIOQUÍMICA**

**“COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y  
MERCURIO EN CONSERVAS DE PESCADO ENLATADAS Y  
CONSERVAS DE PESCADO ENVASADAS EN VIDRIO  
EXPENDIDAS EN LIMA - 2017”**

**Tesis para optar al Título de Químico  
Farmacéutico y Bioquímico**

**TESISTA: Barzola Común, Rosa**

**ASESORA: Dra. Nancy Alexis Chávez Velásquez**

**Fecha de Sustentación:  
15 de Agosto 2017**

**LIMA – PERÚ  
2017**

**Dedicatoria:**

A Dios, por permitirme llegar a este momento especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más, a mis hermanos quienes con sus consejos me han sabido guiar para culminar mi carrera profesional. A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo por su sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

El Autor

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por iluminar y guiar mi camino por bendecirme con la persona que más quiero, mi hermana Vilma Barzola, le doy infinitas gracias por estar siempre a mi lado, en los momentos más difíciles por sus sacrificios y apoyo incondicional que me brindo durante estos largos años de mi educación y formación profesional.

Al decano de la Facultad Dr. Jaime Aliaga Tova y a mis asesores, Por brindarnos siempre su apoyo y sus apreciados aportes, comentarios y sugerencias para la realización de nuestra tesis.

Un especial agradecimiento al Mg.Q.F. Félix Hugo Milla Flores, Por su orientación, observaciones, disposición y por facilitarnos su conocimiento necesario para desarrollar y completar nuestra investigación.

El Autor

## **Abreviaturas**

- AAS: Espectroscopia de absorción atómica.
- DMO: Destrucción de la materia orgánica.
- SANIPES: Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.
- IARC: Agencia Internacional de Investigación
- OMS: Organización Mundial de la Salud.
- Ppb: Partes por billón.
- Ppm: Partes por millón.
- ug: Microgramos.
- FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

## ÍNDICE

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ABREVIATURAS

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

INDICE DE TABLAS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la Realidad problemática .....	1
1.2 Planteamiento del Problema .....	4
1.2.1 Problema General .....	4
1.2.2 Problemas Específicos.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2. Objetivos Específicos .....	5
1.4 Justificación de la Investigación .....	5
1.5 Viabilidad de la Investigación .....	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes de la Investigación .....	8
2.1.1 Antecedentes Nacionales.....	8
2.1.2 Antecedentes internacionales .....	9
2.2 Bases Legales.....	12
2.3 Bases Teóricas.....	15
2.3.1 Definición Conservas .....	15
2.3.2 Alternativas de envase para las conservas .....	15
2.3.2.1 Material envase de Vidrio .....	15
2.3.2.2 Material envase de hojalata .....	16

2.3.3. Importancia de los alimentos enlatados .....	17
2.3.4 Etapas de la conservación del Pescado .....	19
2.4 El pescado y los metales pesados .....	22
2.5 Metales Estudiados .....	23
2.5.1 Cadmio.....	24
2.5.2 Mercurio .....	30
2.6 Formulación de Hipótesis .....	37
2.6.1. Hipótesis General.....	37
2.6.2. Hipótesis Específicas .....	37
2.7 Variables e Indicadores .....	38
2.7.1 Variables .....	38
2.7.2 Indicadores.....	38
2.8 Definición de términos Básicos .....	39
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	42
3.1. Metodología.....	42
3.2 Tipo y Nivel de la Investigación .....	47
3.3 Diseño de la Investigación.....	48
3.4 Población y Muestra .....	48
3.4.1 Población .....	48
3.4.2 Muestra .....	48
3.5 Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos.....	48
3.6 Descripción de los Reactivos Materiales e instrumentos.....	49
3.6.1 Reactivos .....	49
3.6.2 Materiales.....	49
3.6.3 Equipos .....	50
3.6.4 Procesamiento de la muestra.....	50
3.6.4.1 Limpieza y acondicionamiento del material.....	50
3.6.4.2 Cantidad de muestra a utilizar .....	50
3.7 Descripción de la Metodología y análisis de los datos .....	51
3.7.1 Espectroscopia de Absorción Atómica .....	51
3.7.2 Fundamento del método .....	52
3.7.3 Espectroscopia en horno de grafito (HG).....	52

3.7.3.1. Determinación de Cadmio en Horno de Grafito .....	53
3.7.4 Generación de Hidruros .....	54
3.7.4.1 Determinación de mercurio por Generación de Hidruros .....	55
3.7.5 Digestión por Microondas.....	56
CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	57
4.1 Resultados .....	57
4.2 Discusiones .....	68
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	70
5.1 Conclusiones.....	70
5.2 Recomendaciones.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
ANEXOS .....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Medidas regulatorias del contenido de mercurio total en productos de pesca.....	14
Tabla 2: Códigos y niveles de las muestras de conservas de pescado en sus diferentes marcas expendidos en Lima. ....	57
Tabla 3: comparación de los niveles de Cadmio en conservas de pescado enlatados y envasados en vidrio en sus diferentes marcas expendidos en Lima .....	59
Tabla 4: Porcentaje de muestras de conserva de pescado en Lima Metropolitana que exceden el valor medio hallado de cadmio en el servicio nacional de sanidad pesquera (0.1mg/Kg).....	62
Tabla 5: comparación de los niveles de Mercurio en conservas de pescado enlatados y envasados en vidrio en sus diferentes marcas expendidos en Lima. ....	63
Tabla 6: Porcentaje de muestras de conserva de pescado en Lima Metropolitana que exceden el valor medio hallado de mercurio en el servicio nacional de sanidad pesquera (0.01mg/Kg).....	66



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Principales causas de la presencia de cadmio en los alimentos .....	26
Gráfico 2: Distribución de cadmio en el organismo .....	28
Gráfico 3: Proceso de contaminación por metilmercurio .....	32
Gráfico 4: Pirámide alimentaria sobre el consumo recomendado de pescados con contenido en mercurio.....	33
Gráfico 5: Modelo toxicocinética de eliminación .....	35
Gráfico 6: Componentes fundamentales de un equipo de Absorción Atómica .....	46
Gráfico 7: Esquema de tratamiento de muestra.....	56
Gráfico 8: Niveles de cadmio y mercurio en muestras de conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio.....	58
Gráfico 9: Niveles de cadmio en muestras de conservas de pescado en lima metropolitana .....	60
Gráfico 10: Comparación de los niveles de cadmio muestras de conservas de pescado comparado con el servicio nacional de sanidad pesquera .....	61
Gráfico 11: Niveles de mercurio en muestras de conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio. ....	64
Gráfico 12: Comparación de los niveles de mercurio muestras de conservas de pescado en lima metropolitana comparado con el servicio nacional de sanidad pesquera.....	65
Gráfico 13: Coeficiente de correlación Pearson entre los niveles de cadmio- mercurio de las muestras de conservas de pescado en Lima Metropolitana.....	67

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo, para evaluar la comparación de la concentración de cadmio y mercurio en conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expandidas en Lima. La cantidad de metales pesados, se determinó por el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica de Horno de Grafito y Generador de Hidruros. Los niveles de cadmio encontrados en las conservas de pescado, presentan un promedio de 0,068 ppm, con un valor mínimo de 0,03 ppm y un valor máximo de 0,13 ppm y los niveles de mercurio encontrados, presentan un promedio de 0,2306 ppm con un valor mínimo de 0,13 ppm y valor máximo de 0,39 ppm. Los resultados de la investigación, indican que las muestras de conservas de pescado superan los parámetros establecidos de cadmio y no de mercurio en el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera, lo cual nos permite concluir que existe contenido metálico en las conservas de pescado, repercutiendo en la salud del consumidor.

**Palabras clave:** Cadmio, Mercurio, conserva de pescado, Servicio Nacional de Sanidad Pesquera, espectrofotometría de absorción atómica, horno de grafito, generación de hidruros.

## **ABSTRACT**

The present investigation was carried out to evaluate the comparison of the concentration of cadmium and mercury in canned fish canned glass bottles sold in Lima. The amount of heavy metals was determined by the Atomic Absorption Spectrophotometry Method of Graphite Furnace and Hydride Generator. The levels of cadmium found in fish samples have an average of 0.068 ppm with a minimum value of 0.03 ppm and a maximum value of 0.13 ppm and the mercury levels found have an average of 0.2306 Ppm with a minimum value of 0.13 ppm and a maximum value of 0.39 ppm. The results of the investigation indicate that fish canned samples exceed the established cadmium and non-mercury parameters in the National Fisheries Health Service, which allows us to conclude that there is metallic content in fish preserves, Consumer health.

**Key words:** Cadmium, Mercury, fish preservation, National Fisheries Health Service, atomic absorption spectrophotometry, graphite furnace, hydride generation.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación refiere al tema de la comparación de la concentración de cadmio y mercurio en conservas de pescado. En el área de la toxicología en relación a los alimentos, existe una preocupación de la población sobre los efectos perjudiciales que estos metales presentes en las conservas de pescado puedan producir en el organismo generando un problema de salud pública; dado que el consumo de las conservas de pescado va aumentando. En tal sentido, la comparación de los metales pesados en las conservas es de suma importancia por lo que su deficiencia o exceso de cadmio y mercurio presentes pueden provocar diferentes problemas en la salud. <sup>(1)</sup>

La presente investigación consta de V capítulos y anexos.

En el capítulo I se desarrolla el planteamiento del problema, aquí se describió la realidad del problema también se identificó el problema de estudio; se planteó el objetivo general y los objetivos específicos de la investigación.

En el capítulo II se encuentra el marco teórico, aquí se desarrolló los antecedentes nacionales e internacionales y las bases legales que sustentaron el presente trabajo de investigación.

En el capítulo III se describe la metodología. La investigación se basa en comparar los niveles de concentración de Cadmio y Mercurio en Conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio en sus distintas marcas y presentaciones que son expandidos en Lima, por el método de espectrometría de Absorción Atómica en horno de grafito y generación de hidruros.

En el capítulo IV se presentó los resultados del análisis estos datos fueron procesados con el programa Excel. Así como también los resultados hallados son comparados con el contenido máximo de metales establecidos por los indicadores del Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) para productos pesqueros y acuícolas.

En el capítulo V se da a conocer las conclusiones a las cuales se ha llegado en la investigación, se propuso algunas recomendaciones para futuros estudios de investigación sobre temas similares.

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la Realidad problemática

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. Dentro de los contaminantes tóxicos se encuentran los metales pesados como cadmio, mercurio, etc. Aunque en este grupo se incluyen elementos esenciales para el crecimiento y/o supervivencia del organismo también pueden ocasionar efectos perjudiciales para la salud.

El uso del Cadmio en la industria ha sido identificado como una fuente importante de su amplia dispersión en el medio ambiente y los alimentos. Algunos vertebrados marinos, contienen concentraciones marcadamente elevadas de Cadmio <sup>(1)</sup>, así como también la evaluación de los niveles de mercurio en los pescados que se comercializan es importante desde una perspectiva de salud pública y se ha añadido recientemente a varios avisos que advierten sobre el consumo de pescado con cantidades significativas de mercurio. <sup>(2)</sup> Por lo que su contenido de metales tóxicos debería ser un tema de preocupación para la salud humana.

Dentro de lo que comprende la contaminación marina de origen orgánico, inorgánico e industrial, los tóxicos que presentan mayor riesgo para la biota marina sea a corto plazo y para la salud de los seres humanos a largo plazo son los metales pesados, por su capacidad de acumularse en la cadena trófica marina. El elemento más representativo por su alta toxicidad es el mercurio (particularmente el metilmercurio). El Hg es uno de los elementos habitualmente más encontrados en casi todos los alimentos de conserva. El riesgo para la salud depende del tipo y calidad del alimento, su lugar de procedencia, cantidad de contenido de metal y la cantidad que ingiera el individuo. Las fuentes más importantes de Hg en la conserva de pescado son

los peces y los productos pesqueros, los cuales son también un recurso de gran importancia en varios países.

“El cadmio y el mercurio, que son producidos por la actividad industrial realizada por el ser humano llegan al mar a través de los vertidos incontrolados y son absorbidos por los peces de gran tamaño, que acumulan estos residuos en sus grasas, llegando de vuelta al consumirlos”.<sup>(2)</sup>

Los metales que son tóxicos pueden contaminar a los peces, principalmente durante el crecimiento y dicha contaminación también ocurre, durante el transporte y el almacenamiento. Es por ello, que varios países monitorean los niveles de concentración de metales tóxicos en los productos de las conservas de pescado.<sup>(3, 4, 5,6)</sup>

Los problemas de salud principalmente para las personas vienen siendo asociados a los metales pesados y los metaloides estos están relacionados a la exposición del Cd y Hg. Estos metales en la actualidad también son monitoreados por organismos internacionales como la OMS (Organización Mundial de la Salud). Debemos tener presente que los diferentes alimentos no poseen la misma receptividad para cada uno de los contaminantes, el grupo de pescados grasos son más receptivos para el mercurio, los moluscos, son más receptivos para el cadmio.<sup>(8)</sup>

Los productos pesqueros enlatados y otros productos de iguales características, son productos donde las enzimas y bacterias se han inactivado por acción del tratamiento térmico, esto permite que los productos se conserven por periodos prolongados (2, 3 y 4 años), se debe tener presente el lugar donde son almacenados para que no sufra deterioro físico. “Durante el proceso del enlatado, el tratamiento térmico altera la naturaleza del producto, formándose compuestos nuevos, cuya naturaleza puede cambiar aún más por los diversos tratamientos que sufre el pescado antes de ser enlatado o por la adición de salsas a las latas”.<sup>(47)</sup>

En el agua algunas bacterias sulfato reductoras pueden transformar el mercurio elemental en metilmercurio acumulándose en peces y mariscos pudiendo aumentar su concentración en la cadena alimentaria trófica marina resultando así ser muy tóxico. El mercurio y el metilmercurio una vez en el organismo afectan el sistema nervioso central y periférico, así como los diferentes sistemas y órganos afectando la salud de las personas. <sup>(8)</sup>

El cadmio está presente en el medio ambiente sobre todo donde manipulan baterías, soldaduras, pigmentos, pinturas, aguas contaminadas, quemaderos de basuras y generalmente en el tabaco. Los compuestos de Cadmio también se utilizan principalmente en las baterías de Ni-Cd recargables; que muy a menudo son eliminados con la basura doméstica. El cadmio se acumula en el cuerpo, predominantemente en el riñón, por eso su eliminación se da en este órgano de forma muy lenta, por lo tanto, puede producir trastornos renales, provocando alteraciones óseas y afecciones del aparato reproductor. Así mismo no debe ignorarse como carcinógeno. <sup>(8)</sup>

Las precauciones que deberían tomarse para el consumo de conservas que contengan Hg y Cd, deben considerarse necesarias, en especial para los grupos más vulnerables, infantes, gestantes. El metilmercurio es la forma más tóxica del mercurio y se forma en los entornos acuáticos pudiendo estos acumularse en la cadena alimentaria. Como referencia, se puede decir que los niveles presentes en especies de peces depredadores se encuentran más elevados que en las otras especies; el pescado es la fuente predominante de exposición humana al metilmercurio.

La función importante de las conservas de pescado es ofrecer al consumidor un alimento de calidad similar o igual al de los productos frescos. El envase hojalata o vidrio seleccionado debe ser práctico, para el envasador o fabricante, para el consumidor, el envase de la conserva debería ser de un tamaño óptimo para poder abrir y cerrarse con facilidad. El consumidor también espera que las conservas estén protegidas por el envase, que nos



brinde la información sobre el alimento, (información nutricional), condiciones y tiempo de almacenamiento.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

### **1.2.1 Problema General**

- ¿En qué medida varía la concentración de Cadmio y Mercurio en las conservas de pescado enlatadas y conservas de pescado envasado en vidrio expandidas en Lima- 2017?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

- ¿Cuáles serán las concentraciones de Cadmio en las muestras de conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expandidas en Lima- 2017?
- ¿Cuáles serán las concentraciones de Mercurio en las muestras de conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expandidas en Lima- 2017?
- ¿Cuál será la correlación entre la concentración de cadmio y la concentración de mercurio en las conservas de pescado expandidas en Lima- 2017?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Comparar los niveles de concentración de Cadmio y Mercurio en las conservas de pescado enlatadas y las conservas de pescado envasadas en vidrio comercializadas en Lima.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Comparar el contenido de Cadmio en las conservas de pescado comercializadas en Lima, con los indicadores establecidos por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.
- Comparar el contenido de Mercurio en las conservas de pescado comercializadas en Lima, con los indicadores establecidos por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.
- Establecer la correlación en cuanto a la presencia y contenido de Cadmio y Mercurio, en las conservas de pescado enlatadas y las conservas de pescado envasadas en vidrio expandidas en Lima.

### **1.4 Justificación de la Investigación**

El presente trabajo permitirá investigar la concentración de cadmio y mercurio en conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio para determinar el grado de toxicidad en la salud de la población. Estos metales son extremadamente tóxicos, y debido a su solubilidad en el agua, la contaminación se incrementa fácilmente llegando a niveles tóxicos, contaminando la cadena alimentaria. La forma más importante de contaminación acuática es a través de los metales pesados, ya que se acumulan en los organismos acuáticos y pueden ser transferidos a los seres humanos a través de la cadena alimentaria.

Este trabajo servirá como una herramienta para medir el grado de contaminación por cadmio y mercurio en las conservas de pescado dado que la conserva de pescado es ampliamente consumida en muchas partes del mundo porque tiene alto contenido de proteínas, baja grasa saturada y también contiene ácidos grasos y omegas conocidos para apoyar la buena salud.

En la actualidad es un tema de interés en salud pública investigar la concentración de metales en alimentos, debido a los numerosos procesos industriales a que son sometidos durante su procesado. Teniendo en cuenta que las conservas de pescado son productos de alto consumo y se hace cada vez más frecuente; este trabajo de investigación permitirá brindar un instrumento de evaluación para futuras contaminaciones en otros tipos de conserva.

### **1.5 Viabilidad de la Investigación**

Las muestras del presente trabajo fueron obtenidas en Lima Metropolitana y fueron analizadas en el laboratorio CETOX el cual me expidió un certificado con los resultados hallados, una vez obtenidos los datos son procesados con el programa Excel. Las concentraciones de Cadmio y Mercurio en las conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio fueron comparadas con el contenido máximo de metales establecidos por los indicadores del Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) para productos pesqueros y acuícolas; y evaluar así si existe riesgo para la población que consume estos productos. A su vez la importancia radica en que se tomen las medidas necesarias para prevenir y reducir la contaminación por estos metales con el fin de proteger la salud del consumidor.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

El hombre desde años atrás ha buscado que conservar los alimentos cazados o recolectados, por que estos se degradaban fácilmente. En el Neolítico, se conocía que el frío podía conservar los alimentos; también utilizaban hielo para el mismo efecto. Así como la sal y el aceite servían para condimentar y conservar alimentos. Por ejemplo, los egipcios, eran considerados grandes exportadores de pescado ahumado, otro método de conservación. <sup>(10)</sup>

La conserva de los alimentos ha sido un método inventado por el francés Nicolás Appert a finales del siglo XVIII. Este es un proceso, que conserva las cualidades nutricionales, vitamínicas y organolépticas de los productos enlatados. Conocido como un método de esterilización natural que no necesitaba aditivos y que permitía preparar alimentos con rapidez. Hoy en día las conservas de pescado tienen un tiempo de vigencia mucho más amplio. El envase de hojalata es el más usado, en la actualidad también se utiliza envases de vidrio para conservar pescado, buscando con estos envases siempre cuidar la salud y proteger nuestro entorno. <sup>(17)</sup> El curado, como forma de conservación para el pescado, es una de las técnicas que se ha practicado con mayor antigüedad, los procesos de salazón, ahumado y secado siguen siendo en la actualidad técnicas de conservación que no han sufrido modificaciones desde la prehistoria hasta nuestros días. <sup>(17)</sup>

Es en las dos guerras mundiales donde la industria decide poner en marcha su gran producción esto debido a la necesidad y demanda que había para alimentar a la población pero sobre todo al ejército. Es en este siglo que algunos científicos llegaron a descubrir que el calor alteraba las vitaminas a no ser que la ausencia de oxígeno sea total. Los pescados son productos muy perecederos sin duda, los más expuestos y propensos a la acción de bacterias. Felizmente, hoy estamos más seguros al consumirlo. No debemos olvidar que la conserva de pescado es una forma, segura, sana de disfrutar, porque podemos deleitarlo cuando nos apetezca, en cualquier momento y lugar.

En los metales pesados el margen que existe entre toxicidad y deficiencia dentro de nuestra dieta es muy estrecho. A demás resulta difícil saber con exactitud cuáles son los esenciales y los tóxicos, aunque sabemos que todos los metales son tóxicos cuando se ingieren en cantidades elevadas, así mismo son muy tóxicos y perjudiciales para la salud la exposición prolongada a estos metales. <sup>(11)</sup>

Los organismos marinos pueden bioacumular numerosos contaminantes inorgánicos, siendo los elementos comúnmente más estudiados los contaminantes de mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd). Estos elementos se caracterizan por la bioacumulación, la biomagnificación en la cadena alimentaria y la tendencia a persistir en el medio ambiente <sup>(12)</sup>. Dado que el pescado es el último eslabón de la cadena alimentaria acuática, las concentraciones de oligoelementos en muchas especies de peces se han determinado en relación con el contenido de metal del medio acuático <sup>(13)</sup>.

## **2.1 Antecedentes de la Investigación**

### **2.1.1 Antecedentes Nacionales**

Melo, S. (2013), Tesis “Determinación cuantitativa de cadmio en conservas de caballa, comercializadas en supermercado Lurín en mayo Julio del 2013”. Universidad Alas Peruanas.

En cuyo resume mencionan que: “se realiza el análisis con tres marcas diferentes de conservas de caballa, los resultados de la concentración media de cadmio fueron de las siguientes marcas; FANNY posee una concentración de cadmio de 0,12ug/g, CAMPOMAR la concentración de cadmio fue: 0.009ug/g, AYLLU posee una concentración de cadmio de 0,10ug/g.” <sup>(6)</sup>

Quispe, K. (2013), Tesis “Determinación cuantitativa de mercurio en conservas de pescado expandidas en el centro comercial Fiori-San Martin de Porres” Universidad Alas Peruanas.

Cuya concluye dice: “las concentraciones de mercurio encontradas en las muestras CA-AN, BELI-SA y TR-SA, no superan los límites permisibles según SANIPES (para otras especies) de 0,5ppm. Sin embargo, se han hallado que la muestra BELT-AN y MA-CA superan el valor límite permisible según SANIPES (para otras especies): con valor de 0,59 y 0,63ppm respectivamente.” <sup>(7)</sup>

### **2.1.2 Antecedentes internacionales**

Cuellar M y Mena D. (2010) Tesis “Determinación del contenido de mercurio por Espectrofotometría de Absorción Atómica de Vapor Frio en Atún enlatado comercializado en la ciudad de Santa Ana”.

En cuyo resumen dice: “Los resultados promedio del contenido de mercurio en las muestras fueron los siguientes: muestra SD posee un contenido de mercurio de 0.002152 ppm; muestra PA contiene 0.002058 ppm de mercurio; muestra CV contiene 0.001367 ppm de mercurio; muestra BH contiene 0.027083 ppm de mercurio y la muestra VD contiene 0.003378 ppm de mercurio. Al comparar estos resultados con el límite permitido por la Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08 de 1.0 ppm se concluye que el atún en agua enlatado presenta bajos niveles de mercurio que no representan ningún riesgo a la salud. Además, el análisis de varianza reveló que no existe evidencia significativa en el contenido de mercurio entre cada marca de las muestras analizadas”. <sup>(9)</sup>

Velasco G, Echavarría A, Pérez L, Villanueva F (2001) Investigación. “Contenido de mercurio y arsénico en atún y sardinas enlatadas mexicanas”

En su resumen: “Se determinaron los contenidos de mercurio y arsénico en 84 muestras de atún y sardina enlatados de seis marcas comerciales producidas en México, mediante espectrofotometría de absorción

atómica con generador de hidruros. Los contenidos mínimos y el máximo de mercurio fueron 0.18 a 4.52 y 0.14 a 4.74 mg/kg, con valores promedios de 1.23 y 0.74 mg/kg, para atún y sardina, respectivamente. Mientras que el mínimo y el máximo de arsénico fueron 2.69 a 11.14 y 1.61 a 11.22 mg/kg, con valores promedios de 5.60 y 5.86 mg/kg, para atún y sardina, respectivamente. El 36% de las muestras de atún analizadas rebasaron la concentración máxima de 1.0 mg/kg de mercurio en pescado, establecido por la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos de América. El contenido de arsénico en atún enlatado, supera al reportado en Inglaterra de 2.2 mg/kg. De estos resultados se infiere la urgencia de establecer un muestreo en mayor escala, que permita detectar la magnitud del problema, así como también cuantificar los contenidos orgánico e inorgánico de arsénico y mercurio en productos pesqueros en México”.<sup>(10)</sup>

Pérez, Bellón y Melgar, (2011) Investigación Turquía en el año 2011 “contenido en metales pesados (Fe, Zn, Cu, Cd, Sn, Hg y Pb) en conservas de mejillón (*Mytilus sp.*)”

“Se determinó metales traza (Fe, Zn, Cu, Cd, Sn, Hg y Pb) las concentraciones de conservas de anchoveta (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) y en conserva truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792), comercializados en Turquía, se determinaron utilizando plasma de acoplamiento inductivo -espectrómetro de masas (ICP-MS). El contenido promedio de metales traza en enlatados anchoas y enlatados truchas arco iris fueron encontrados como 50.708 y 6.980 mg / kg para el hierro, 22.467 y 11.605 mg / kg para el zinc, 1.145 y 0.541 mg / kg para el cobre, 0,019 y 0,001 mg / kg para cadmio, 0,140 y 0,023 mg / kg para el estaño, 0,041 y 0,026 mg / kg para el mercurio, y de 0.188 y 0.167 mg / kg para el plomo, respectivamente. Aunque estos productos no representan un riesgo con respecto a las concentraciones de zinc, cobre, cadmio, estaño y el mercurio, algunas de las muestras tenían un mayor contenido de plomo y hierro de los límites permisibles. Controles

integrales y periódicas de los metales traza en conservas de pescado son necesarios para evaluar la seguridad de estos productos en relación con la salud humana". <sup>(11)</sup>

Morgano M (2014). Investigación en Kentucky, EEUU, "As, Cd, Cr, Pb y Hg en especies de mariscos utilizados para sashimi y evaluación de la exposición dietética" diecisiete muestras de conservas de sardinas, procedentes de seis países, se analizaron en compuestos de 3-4 peces cada uno para el total de arsénico (As), cadmio (Cd) y plomo (Pb) por horno de grafito espectrofotometría de absorción atómica (AAS) y para el mercurio (Hg) por amalgamación, descomposición térmica y AAS. Los resultados en mg / g húmedo: Como 0,49-1,87 (media: 1,06), Cd <0,01 hasta 0,07 (0,03), Pb <0,06 a 0,27 (0,11), Hg ND <0,09. Los valores caen generalmente dentro de lecturas reportadas por otros, pero no acordadas internacionalmente, las directrices aún no se han establecido para la medida de Cd en lata o pescado fresco. La incidencia de cáncer y enfermedades cardiovasculares asociadas a medida de la ingestión es extraordinariamente alta aquí. Con la función de saber el origen alimentario en relación a la enfermedad humana está actualmente bajo escrutinio y sus límites máximos permitidos en los peces están siendo revisadas, se recomiendan más estudios de este tipo, sobre todo teniendo en cuenta la importancia potencial de los pequeños pelágicos pescados como mariscos futuros de la elección. <sup>(12)</sup>

Bello M, Cristian G, Herbet E, Xavier E. (2016). Tesis "Determinación de mercurio en enlatados de atún comercial de la ciudad de Manta".

Concluye que: "La concentración de mercurio en las 5 variedades de pescados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (0,5 ppm o 0,5 mg/kg) según la OMS, excepto la corvina que se encuentra bordeando el límite máximo permisible ( $0,52 \pm 0,022$  mg/kg); también se muestran las concentraciones de mercurio en tres variedades de pescados comercializados en menor porcentaje como lo son la Albacora



(0,09 mg/kg) que es un pescado poco comercializado dentro del mercado por ser muy grande ya que pesa de 10 libras en adelante pero muy vendido en los muelles, el cual es utilizado en la elaboración de encebollado en los restaurantes de la ciudad, el Mero (0,49 mg/kg), es un pescado poco expendido y consumido en el mercado ya que la población dice que su carne tiene un sabor poco agradable y por su escasa captura y la Tilapia (0,51mg/kg), debido a su alto valor económico es poco comercializado, lo cual con lleva a su escasa demanda local, estas dos últimas variedades de pescado se encuentran con valores cercanos al límite máximo permisible según la OMS".<sup>(14)</sup>

## 2.2 Bases Legales

**Servicio Nacional de Sanidad Pesquera en el Perú.** En el Perú SANIPES establece niveles máximos de mercurio para conservas de atún de 1,0 mg/kg. Mientras que para otras especies los niveles máximos de mercurio establecido son de 0.5mg/kg. Para el Cadmio los niveles máximos establecidos en conservas de pescado son de 1,0 mg/kg.

**Codex Alimentarius.** El contenido de los metales en alimentos es un aspecto importante tanto para los consumidores como para los productores principalmente por la inocuidad del alimento como tal, pero también en cuanto el cumplimiento de los requisitos establecidos por la legislación nacional e internacional. La Comisión del CODEX Alimentarius (CAC) estableció límites para los elementos tóxicos como As, Cd, Hg y Pb. Que los niveles de sustancias tales como contaminantes químicos (metales pesados, residuos de medicamentos veterinarios, plaguicidas, entre otros) y toxinas, se deben regir por normas oficiales o en su defecto las normas internacionales del Codex Alimentarius (FAO-OMS). Es así, que el Codex Alimentarius establece niveles máximos permisibles de mercurio.<sup>(50)</sup>

El metilmercurio nivel de orientación propuesto todos los pescados con excepción de los predadores 0,5 mg/kg. Pescados predadores (como tiburón, pez espada, atún, lucio y otros) 1 mg/kg. <sup>(51)</sup>

**La Comisión Europea (CE).** En cuanto al cadmio, aprobó en su dictamen de 2 de junio de 1995 recomendó que se realizaran mayores esfuerzos para reducir la exposición al cadmio en la dieta, puesto que los productos alimenticios son la principal fuente de ingesta humana de cadmio. Contenidos máximos permisibles 0.10 mg/kg Carne de los siguientes pescados: anchoa (*Engraulis species*), bonito (*Sarda sarda*), mojarra (*Diplodus vulgaris*), anguila (*Anguilla anguilla*), lisa (*Mugil labrosus labrosus*), jurel (*Trachurus species*), luvaro (*Luvarus imperialis*), sardina (*Sardina pilchardus*), sardina (*Sardinops species*), atún (*Thunnus species*, *Euthynnus species*, *Katsuwonus pelamis*), acedía o lenguadillo (*Dicologlossa cuneata*). <sup>(52)</sup>

En relación con el mercurio, adoptó el 24 de febrero de 2004 un dictamen sobre el mercurio y el metilmercurio en los alimentos y aprobó una ingesta semanal tolerable provisional de 1,6 µg/kg. El metilmercurio es la forma química más preocupante y puede representar más del 90 % del mercurio total en pescado y marisco. Por tanto, en respuesta a esta necesidad, se ha introducido en el sitio web de la Dirección General de Sanidad y Protección de los Consumidores de la Comisión Europea una nota informativa sobre el metilmercurio en el pescado y los productos de la pesca. Niveles máximos permisibles de Mercurio 0.50mg/kg peso fresco, productos de la pesca y carne de pescado, El contenido máximo se aplica a los crustáceos, excluida la carne oscura del cangrejo, así como la cabeza y el tórax de la langosta y de crustáceos similares de gran tamaño. <sup>(52)</sup>

Niveles máximos permisibles de Mercurio 1.0 mg/kg Carne de los siguientes pescados rape (*Lophius species*, perro del norte (*Anarhichas lupus*), bonito (*Sarda sarda*), anguila (*Anguilla species*), reloj (*Hoplostethus species*), granadero (*Coryphaenoides rupestris*), fletán (*Hippoglossus hippoglossus*), marlin (*Makaira species*), gall (*Lepidorhombus species*), salmonete (*Mullus*

species), lucio (*Esox lucius*), tasarte (*Orcynopsis unicolor*), mollera (*Trichopterus minutes*), pailona (*Centroscymnus coelolepis*), raya (*Raja* species), gallineta nórdica (*Sebastes marinus*, *S. mentella*, *S. viviparus*), pez vela (*Istiophorus platypterus*), espadilla (*Lepidopus caudatus*, *Aphanopus carbo*), besugo o aligote (*Pagellus* species), tiburón (todas las especies), sierra (*Lepidocybium flavobrunneum*, *Ruvettus pretiosus*, *Gempylus serpens*) esturión (*Acipenser* species) pez espada (*Xiphias gladius*) atún (*Thunnus* species, *Euthynnus* species, *Katsuwonus pelamis*).<sup>(52)</sup>

**Tabla 1:** Medidas regulatorias del contenido de mercurio total en productos de pesca.

	<b>AGENTES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR LIMITE (ppm, mg/kg, ug/g)</b>
1	Canadian Guidelines for Chemical. Contaminants and Toxins in Fish and Fish Products. (2007)	Concentración total de mercurio en productos marinos	0.5
2	China (2006)	Pescado enlatado, Productos derivados del tiburón, pez vela, atún, lucio y otras especies con altas concentraciones de mercurio	0.5 1.0 Como (Me-Hg)
3	Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare (2005)	Nivel total provisional de mercurio en productos marinos	0.4
4	Ministerio de la protección social Colombiano (2007, 2008)	Bonito y Atún	1.0
5	Unión Europea y Reino Unido	Pescado fresco y productos derivados Especie depredadora	0.5 1.0
6	FDA	Peces, moluscos, crustáceos u otros organismos acuáticos.	1.0
7	CODEX ALIMENTARIUS	Pescado Pescados depredadores	0.5 1.0

Fuente: Quispe López, Katia Determinación Cuantitativa de Mercurio en conservas de pescado 2013. <sup>(7)</sup>

## **2.3 Bases Teóricas**

### **2.3.1 Definición Conservas**

“Conserva alimenticia” resulta de un proceso de manipulación de los alimentos de tal manera que sea posible conservarlos en condiciones favorables durante un periodo de tiempo prolongado; con el objetivo de mantener las conservas preservados de toda acción de microorganismos que son capaces de alterar las condiciones sanitarias y de su sabor de los alimentos. <sup>(15)</sup>

### **2.3.2 Alternativas de envase para las conservas**

El envasado de las conservas es importante para la conservación y almacenamiento de los alimentos, para su distribución y exportación de los mismos. En la economía la importancia del envasado de conservas de pescado en un país depende del nivel de industria alimentaria, la existencia de medidas regulatorias y del volumen de sus exportaciones. A continuación, se presentan diversos materiales que por sus características pueden ser usados en la producción de envases para conservas de pescado.

#### **2.3.2.1 Material envase de Vidrio**

El vidrio es una solución sólida, amorfa de altos polímeros orgánicos, Compuesta esencialmente de óxidos no volátiles producidos por la descomposición y fusión de sílice, caliza y carbonato de sodio. Un envase de vidrio es un recipiente, generalmente estrecho, que se utiliza para la conservación, almacenado, y transportar todo tipo de alimentos. La capacidad que tiene el envase de vidrio varía dependiendo del alimento que tengan en su interior, El vidrio se convirtió en un objeto de lujo

empleado para la conservación, transporte y almacenaje de alimentos, medicinas, aceites, etc.

### **Ventajas del envase de vidrio**

- Material químicamente inerte e impermeable.
- Estabilidad para almacenar por períodos prolongados.
- Transparente, y visibilidad de su contenido.
- Presentan gran resistencia a esfuerzos mecánicos.
- Reciclables pueden volverse a usar.
- Son fabricados de formas y tamaños diferentes.
- Llenado al vacío o por gravedad de un modo rápido a diferente variedad de temperaturas, permitiendo su pasteurización del contenido.

### **Desventajas del envase de vidrio**

- Material más costoso para envases de conserva.
- Durante su proceso de producción utilizan altas cantidades de energía.
- En la fase de distribución posee alto costo energético de transporte.
- Peligrosidad durante su manipulación porque son propensos a rotura, cortes y lastimaduras.
- Demora cientos de años en ser depurada por la naturaleza.

### **2.3.2.2 Material envase de hojalata**

De forma genérica, se llama "lata" a todo envase metálico. La hojalata es un envase opaco y resistente que resulta adecuado para envasar líquidos y productos en conserva. Los materiales de fabricación más habituales son la hojalata y el aluminio. La lata de tres piezas se suele utilizar para todo tipo de conservas: pescado (atún, anchoas, mejillones, chipirones, etc.), encurtidos

(pepinillos), vegetales (espárragos, pimientos, champiñones, etc.), etc.

Si se compara con otros métodos de conservación de alimentos perecederos utilizables comercialmente, el envase de hojalata (enlatado) combinado con el tratamiento térmico es el más importante en cuanto a la cantidad de alimentos conservados. La conservación de los alimentos mediante el enlatado se debe a que el calor destruye los microorganismos capaces de incluir la alteración de los mismos.

### **Ventajas y Propiedades del envase de hojalata**

- Resistencia a la acción corrosiva.
- Evita la formación de manchas negras producidas por sulfuros, tanto en el envase como en el producto, cuando éste contiene proteínas sulfuradas.
- Reduce la acción decolorante del estaño sobre ciertos pigmentos.
- Estabilidad y resistencia térmica amplia a variedad de condiciones climáticas existentes.
- Barrera perfecta, asegurando la estabilidad de los productos.
- Integridad química, entre envases y el alimento, conservando, color, aroma de los productos envasados.
- Versatilidad, se obtienen envases de formas y tamaños diferentes a gran escala.

### **2.3.3. Importancia de los alimentos enlatados**

La búsqueda de envases que nos permiten mantener alimentos higiénicamente frescos nos ha llevado a la búsqueda de métodos de conserva, materiales y tipos de conservación del pescado. Esto generado al interés de los consumidores por la mantener la seguridad alimentaria, ha hecho que, en la actualidad, este sea un tema de

atención de todos los que intervienen en la producción de las conservas. El envase que va a ser seleccionado debe ser práctico, llenarse con facilidad y también cerrarse a la perfección, que éste proporcione una información sobre el producto, su contenido, condiciones, tiempo de almacenamiento, posibilidades de uso y demás detalles.

Los elementos esenciales, glúcidos, lípidos y proteínas que contienen las conservas no son modificados en el proceso de conservación. La modificación que se da en las proteínas y glúcidos, solo facilita la digestión de estos. Los macronutrientes de los alimentos enlatados, sus valores caloríficos, energéticos, sus componentes esenciales equivalentes se mantienen. También las vitaminas liposolubles presentes en las grasas del alimento se conservan; sin embargo, las vitaminas hidrosolubles se eliminan en las operaciones de lavado y procesamiento. Por otra parte, los ácidos grasos presentes en la conserva de sardina con emulsión de aceite de oliva y el aceite utilizado en el proceso de conservación demostraron que hay un intercambio entre estos dos componentes por lo que se ha evidenciado una disminución de los ácidos grasos saturados en las sardinas enlatadas.<sup>(16)</sup>

La mejor forma de conservación de los ácidos grasos insaturados es en el material de hojalata, donde no puede actuar la radiación lumínica, gracias a esto no existe la formación de radicales libres, catalizadores de todo el proceso. La esterilización debe superar la temperatura de 135°C, para que esté libre de alteraciones de los ácidos w-3, que son de elevado interés nutricional, los que permanecen inalterados en todo el periodo de vigencia de la conserva. Por ultimo las vitaminas liposolubles, A, D, E y K, en el proceso de conservación no se alteran a pesar de su sensibilidad a la luz.<sup>(16)</sup>

Los microorganismos y otras enzimas que causan alteración del pescado en la conserva son destruidos con gran facilidad quedando inactivadas por el calor. Por eso debe cerrarse herméticamente los

envases de hojalata o envases de vidrio de manera que protegerán de toda contaminación el alimento en conserva.<sup>(16)</sup>

#### **2.3.4 Etapas de la conservación del Pescado**

**Recepción de materias primas.** Es el proceso donde la materia prima son recibidas en la fábrica de conservas de pescado, durante esta etapa se debe controlar los diferentes factores:

a) Temperatura de la materia prima, los productos frescos de pescado se encuentran con una temperatura de alrededor de 0°C y 4°C, en productos congelados la temperatura oscila de < -18°C. Estos controles se deben de realizar en cada una de las partidas recibidas independientemente de la procedencia y especie.

b) Aspecto de la piel, en esta etapa se realizar una observación visual minuciosa del color de piel, mucosidad, grietas y magulladuras en el pescado.

c) Enranciamiento, debemos observar el color y olor de las zonas subcutáneas y externas en el pescado fresco y en el pescado congelado, verificar la ausencia de zonas amarillentas en la carne del pescado, así como olor a "rancio".

También se debe controlar el kilo del pescado que se recibe muy importante, con este peso conoceremos el rendimiento obtenido en cada unidad, dato importante puesto que nos permitirá conocer qué materias primas son más interesantes comprar, atendiendo a los resultados obtenidos.

**Lavado.** Todos los pescados que van a ser procesados requerirán un lavado, así como una observación visual de presencia de especies diversas o materias extrañas.



**Descabezado.** Observaremos la zona yugular de los pescados. El descabezado se realizará mediante cortes limpios y rectos, sin aplastar o magullar la carne, la superficie del corte debe quedar sin asperezas. Si los cortes producen desgarros en la carne, estos favorecen la entrada de microorganismos presentes en la superficie.

**Cocción.** Es importante la medición del tiempo y temperatura durante la cocción, así como la observación visual de la textura de la carne del pescado durante esta etapa. La cocción del pescado es una de las partes más importantes en el proceso de fabricación, no hay ningún tiempo estimado, depende siempre del tamaño y la grasa del pescado, luego dependerá de la procedencia y temporada de pesca.

**Fileteado.** En esta etapa se eliminan todos los restos de espinas, vísceras, piel y sangre, así como de zonas oscurecidas. Los cortes deben ser realizados longitudinalmente al cuerpo del pescado, cortes limpios, sin desgarros y sin espinas en la cavidad abdominal en las especies pequeñas. Algunos pescados enlatados, desde sardinas hasta salmón, no se filetea debido a que sus espinas se reblandecen suficientemente después del tratamiento térmico. Sin embargo, otras especies sí necesitan filetearse ya que sus espinas permanecen duras e incomedibles incluso después del tratamiento térmico.

**Envasado.** El envasado depende del tamaño de pescado que se tiene, los pequeños debe ser envasado de una pieza entera seleccionados y metidos en las latas o envases de vidrio. El diseño y los materiales de envasado deberán ofrecer una protección adecuada de los productos para reducir al mínimo la contaminación, evitar daños y permitir un etiquetado apropiado. Cuando se utilicen materiales o gases para el envasado, éstos no deberán ser tóxicos ni representar una amenaza para la inocuidad y la aptitud de los alimentos en las condiciones de almacenamiento y uso especificadas. Cuando proceda, el material de

envasado reutilizable deberá tener una duración adecuada, ser fácil de limpiar y, en caso necesario, de desinfectar; Textos Básicos Codex Alimentarius. <sup>(51)</sup>

**Adición del líquido de cobertura.** En esta etapa, nos disponemos a rellenar el envase con el líquido de cobertura, que dependiendo de los casos será aceite de oliva, aceite vegetal, agua, tomate, escabeche, etc. El líquido de cobertura debe oscilar entre el 35% y el 10% de la capacidad del envase, según producto, forma de presentación, dimensiones del envase y lo indicado en la etiqueta.

**Contenido en Agua.** La actividad del agua y estabilidad durante el almacenamiento son de suma importancia; la disponibilidad del agua en la conserva para su utilización por los microorganismos se relaciona directamente con la efectividad de la conservación.

**Cerrado y lavado.** Es deseable que ni el pescado ni el líquido queden atrapados durante esta etapa de sellado puesto que el material retenido (burbujas y sólidos en particular), podrían proporcionar una vía de contaminación post-proceso. Con el líquido ya en las latas, éstas son cerradas herméticamente y lavadas para conseguir una buena conservación. La no re-contaminación del producto final, desde su fabricación hasta su consumo, es necesaria para que una conserva pueda ser definida como tal, y por tanto como un producto no perecedero. Por ello, el cierre hermético del envase es un factor esencial a controlar. El envase más frecuente para la conserva de pescado es el metálico (hojalata o aluminio).

**Tratamiento térmico y enfriamiento.** Finalmente se procede a la esterilización, mediante la cual las latas son depositadas en la autoclave donde son sometidas a altas temperaturas durante un tiempo que varía dependiendo del tipo de producto. Para que cualquier alimento en conserva sea absolutamente seguro es condición necesaria que el

producto haya sido sometido a un tratamiento térmico suficiente para eliminar todos los microorganismos patógenos y sus formas resistentes. El más conocido de éstos, y que se toma como referencia, es el *Clostridium botulinum*.

**Etiquetado.** El contenido mínimo del etiquetado será; denominación del producto, forma de presentación, pesos neto y escurrido, capacidad del envase, ingredientes, identificación del fabricante y fecha de consumo preferente.

**Almacenamiento.** El lugar de almacenaje deberá ser limpio y seco, para evitar aplastamientos, toda manipulación de embalajes deberá ser cuidadosa impidiendo el movimiento de las conservas, a fin de evitar golpes, que podrían abollarlos, comprometiendo su hermeticidad, además de desmerecer su aspecto de la conserva de pescado.

## 2.4 El pescado y los metales pesados

Los pescados son alimentos de una gran relevancia nutricional. Su aporte de proteínas, vitamina D, yodo, selenio, vitamina B12 y ácidos grasos omega 3 los convierten en un pilar básico de la alimentación saludable.

Sin embargo, desde hace tiempo preocupa a los expertos el hecho de que algunos pescados contengan metales pesados. Estos metales se han acumulado en las últimas décadas en cantidades excesivas en el medio marino, debido fundamentalmente a la contaminación producida por la actividad humana.

En los pescados que llegan a los puertos aparecen concentraciones de metales pesados como plomo, mercurio, cadmio o estaño. Uno de los que más inquietud está generando es el mercurio en su forma metilada (metilmercurio) su impacto neurotóxico es probablemente el más peligroso.

Se han observado además efectos en el sistema nervioso, enfermedades cardiovasculares, incidencia de cáncer y genotoxicidad <sup>(18, 19)</sup>

Es considerado según algunos estudios realizados que una dosis mínima de 2 mg de cadmio, capaz de producir efectos adversos para la salud. La cantidad va a variar dependiendo de la fuente de intoxicación, dosis, duración, tiempo de exposición, presencia de otras sustancias químicas, características y hábitos de la persona. Estas manifestaciones se evidencian en los riñones, huesos y pulmones; son menos evidentes sus efectos neurotóxicos, teratogénicos y alteraciones del sistema endocrino. <sup>(20) (21)</sup>

## **2.5 Metales Estudiados**

### **Descripción**

Los metales pesados, son cualquiera de los elementos químicos metálicos que suelen ser tóxicos incluso en concentraciones bajas. Los ejemplos más comunes de metales pesados incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd), plomo (Pb), cromo (Cr), talio (Tl). Estos metales son los contaminantes más tóxicos y peligrosos estos son introducidos al ambiente marino a través de desechos industriales, domésticos y productos químicos. Debido a las pequeñas cantidades que se utilizan se denominan, “elementos traza” o “metales traza”. La toxicidad casi siempre depende de la cantidad de dosis ingerida y también la cantidad de dosis eliminada; debemos recordar que la forma metálica o elemental no son las más tóxicas, sino la forma iónica (sales). <sup>(22)</sup>

Los metales pesados no son degradados de forma química, ni biológicamente más bien suelen bioacumularse y biomagnificarse; se acumulan en los organismos vivos en concentraciones mayores que en los alimentos o medioambiente. <sup>(29)</sup>

## 2.5.1 Cadmio

### a. Generalidades

El cadmio (Cd) es un elemento no esencial para todos los organismos biológicos, se encuentra distribuido de forma natural en la corteza terrestre en concentraciones relativamente bajas y cuya presencia se debe principalmente a fuentes antropogénicas (combustión de carburantes y carbón, incineración de los residuos sólidos municipales, fundiciones, fertilizantes, humo del tabaco, y otros). Entre las aplicaciones que presenta el cadmio destacan la fabricación de baterías, pinturas, plásticos y recubrimientos.

### b. Propiedades Fisicoquímicas

El Cadmio, miembro del grupo 12 (zinc, cadmio y mercurio) en la tabla periódica, número atómico 48 tiene relación estrecha con el zinc, con el que se encuentra asociado en la naturaleza. Es un metal dúctil, de color blanco con un ligero matiz azulado se trata de una sustancia bastante toxica y divalente en todos sus compuestos estables. <sup>(23)</sup>

### c. Usos y aplicaciones

El cadmio entra a la alimentación de los seres humanos junto con los alimentos vegetales y animales, siendo este último la fuente de mayor importancia de exposición al Cd, para las personas que no se exponen ocupacionalmente. Los alimentos con mayor concentración de cadmio son el pescado y cereales, en concentraciones menores los tubérculos. Los frutos y semillas tienen cantidades de cadmio muy inferiores que las hojas.

Estos compuestos principales que se utiliza en la industria y que han representado mayor riesgo son: Fabricación de pigmento, pinturas, esmaltes, plásticos, textiles, vidrios, tintas de impresión, caucho, lacas, producción de pilas de cadmio- níquel etc. <sup>(29)</sup>

#### **d. Fuentes de exposición**

La exposición al cadmio es un problema medioambiental con repercusiones sobre la salud debido a su persistencia en el medioambiente y su larga vida media biológica (10-40 años) en el cuerpo humano, especialmente en los riñones.

La presencia de cadmio en la atmósfera es consecuencia de la polución natural, producida por la capacidad de las plantas de concentrar el cadmio de origen geoquímico y tras su descomposición dispersarlo en el medio ambiente. También ha existido una gran preocupación acerca de la lluvia ácida y de su capacidad para aumentar la biodisponibilidad de cadmio en el suelo y por tanto, en los productos marinos y agrícolas.

El cadmio es liberado en los ríos a través de la descomposición de rocas una parte de cadmio es liberado al aire a través de fuegos forestales y volcanes. El resto del cadmio es liberado por las actividades humanas, como es la manufacturación. Las aguas residuales con Cadmio que proceden de algunas industrias terminan en los suelos, el cadmio de corrientes residuales pasan a la atmosfera y forma parte del aire a través de la quema de residuos y quema de combustibles fósiles.

La exposición laboral, el hábito de fumar (una caja de cigarrillos contiene de 2 a 4 mg de cadmio) y el agua contaminada son las principales fuentes de cadmio para el hombre. Los alimentos industrializados también son una posible fuente de contaminación las operaciones de elaboración y los materiales de envasado y que no haya sido horneada a una temperatura suficientemente alta, es capaz de ceder cantidades tóxicas de cadmio al alimento que lo contiene.

En los ecosistemas acuáticos el Cadmio puede bioacumularse en los peces. Esta susceptibilidad al Cadmio puede variar ampliamente entre organismos acuáticos. En conservas con envase metálico este riesgo parece preocupante, si, además, estas piezas van recubiertas de

esmaltes con pigmentos de Cd, cuando se ponen en contacto con productos de reacción ácida, se liberan unas cantidades considerables de este elemento. (25,26)

En el grafico nº 1 se resumen las principales causas de la presencia de Cd en los alimentos.

Principales causas de la presencia de cadmio en los alimentos	
Residuos de usos industriales	Electro recubrimiento de aceros. Aleaciones de propiedades específicas. Soldaduras para material electrónico de bajo punto de fusión. Pigmentos (de uso en porcelana, vidrio, cerámica y plásticos). Catalizadores de polimerización de materiales plásticos. Semiconductores. Fotocélulas. Baterías de cadmio. Estabilizante de plásticos.
Residuos de usos agrícolas	Fertilizantes Plaguicidas y fungicidas Riego con aguas residuales
Suplementación mineral de los piensos	
Migración a partir de materiales de envasado	

**Gráfico 1:** Principales causas de la presencia de cadmio en los alimentos

**Fuente:** Tomado de Rubio C. Ingesta dietética de contaminantes metálicos (Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn y Mn) en la Comunidad Autónoma Canaria. Evaluación toxicológica. España. Universidad de la Laguna; 2009.

#### e. Toxicocinética

**Absorción.-** Su absorción del Cd principalmente se da por vía gastrointestinal, el cadmio absorbido se acumula en la corteza renal y el

hígado pudiéndose encontrar pequeñas cantidades de este metal en el páncreas, los pulmones, los testículos y las glándulas salivares. La concentración baja de ferritina en el suero provoca un aumento en la absorción de cadmio, hasta un 20 % de dosis. También cuando hay déficit de calcio, proteínas y zinc la absorción de cadmio aumenta su velocidad. <sup>(29)</sup>

La absorción por vía respiratorio es mayor de 10% - 50% las partículas inhaladas son depositadas en el alveolo y gran parte en la mucosa traqueo bronquial. En los fumadores se incrementa por el tabaco de los cuales el 70% pasa al humo y casi el 60% llega al torrente sanguíneo. Su absorción cutánea solamente se da por contacto con compuestos orgánicos del cadmio. <sup>(29)</sup>

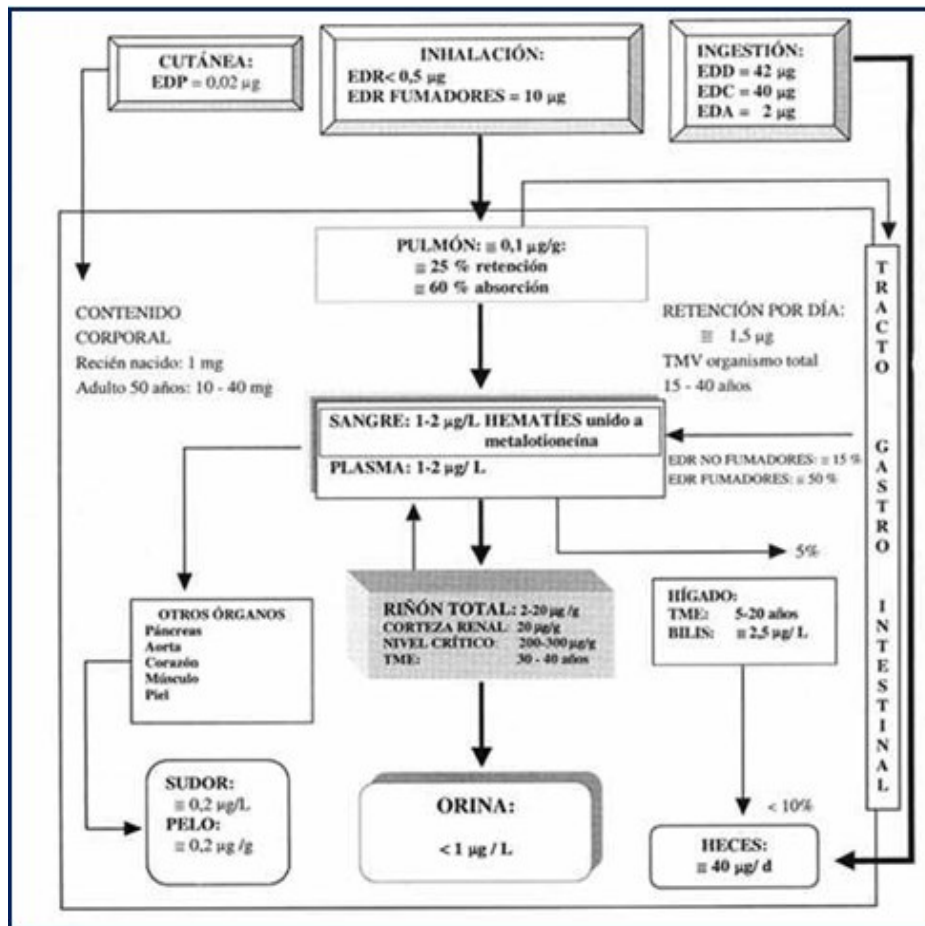
**Transporte y distribución.**- Después de su absorción el cadmio se transporta al hígado, donde se une a la metalotioneína, (proteína de bajo peso molecular con gran afinidad por metales) e induce la síntesis de más metalotioneína, que secuestra a la vez cadmio de diferentes sitios de unión, protegiendo de esta manera las células hepáticas de su toxicidad. El cadmio unido a la metalotioneína se transporta por la sangre hasta el riñón, donde se filtra a través del glomérulo y se reabsorbe por pinocitosis en el túbulo proximal, tras lo que el complejo cadmio-metalotioneína, se cataboliza en los lisosomas, liberándose iones de cadmio que inducen nuevamente la síntesis de metalotioneína en la célula renal. El cadmio atraviesa la barrera placentaria, induciendo la síntesis de metalotioneína y forma el complejo que se acumulara progresivamente en la placenta durante el embarazo. Un aproximado del 80% - 90 % de la dosis total que ingresa al organismo se presenta unido a la metalotioneína. Esto evita que los iones de cadmio libres ejerzan su efecto tóxico. <sup>(29)</sup>

El hígado y los riñones presentan concentraciones más elevadas de cadmio, cerca de 50%. En la corteza renal antes de que se produzcan



lesiones presentan concentraciones aproximadamente 15 veces superior a la concentración hepática. El Cd también se acumula en los músculos, páncreas, glándulas salivales y sistema nervioso central, en este último en muy bajas concentraciones. En tanto, la toxicidad del Cd es neutralizada por almacenamiento a largo plazo más que por biotransformación o aumento de la eliminación. (29)

**Excreción.-** El cadmio se excretada escasa y muy lentamente, es por este motivo que la concentración de Cd esta aumenta con la edad y el tiempo de exposición. El cadmio ingerido o inhalado, es excretado en las heces y también a través de la orina. (29)



**Gráfico 2:** Distribución de cadmio en el organismo

Fuente: Pérez, P., Azcona, M. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. Revista Española Médica Quirúrgica.

## **f. Toxicodinamia**

El cadmio es un xenobiótico y, por tanto, un metal tóxico y no esencial para el organismo acumulándose en los tejidos; los riñones, hueso y pulmones son órganos diana de su toxicidad. Los efectos tóxicos del Cd están asociados a su reacción con grupos sulfhidrilos de enzimas y la inhibición consecutiva de la actividad enzimática. <sup>(27)</sup>

El riñón posee mayor sensibilidad al Cd que el pulmón y el hígado. El epitelio del túbulo renal proximal es el punto blanco del Cd. El deterioro se manifiesta cuando hay un incremento de las proteínas de bajo peso molecular, causando “proteinuria de bajo peso molecular”. También provoca alteración de la filtración glomerular por los cambios de la restricción electrostática para filtrar las proteínas polianiónicas, por lo que disminuye su reabsorción conduciendo a aumentar la excreción urinaria de proteínas de alto peso molecular, originando proteinuria de alto peso molecular. El cadmio es tóxico para un gran número de órganos. <sup>(29)</sup>

## **g. Efectos en la salud**

Las manifestaciones clínicas producidas como consecuencia de la toxicidad de este elemento están asociadas con una etiología que engloba una serie de enfermedades principalmente cardiovasculares y renales. La exposición al Cd puede causar daño a los riñones. El primer signo de la lesión renal es por lo general una disfunción tubular, evidenciado por un aumento de la excreción de proteínas de bajo peso molecular (tales como  $\beta$ 2-microglobulina y  $\alpha$ 1-microglobulina) o enzimas tales como N-acetil- $\beta$ -D -glucosaminidasa (NAG). El daño tubular inicial puede progresar a daño renal más grave, se tiene evidencia que algunos trabajadores expuestos a Cd desarrollaron disminución de la tasa de filtración glomerular (TFG). Puede provocar un exceso de cálculos renales, este último posiblemente está relacionado con un aumento de la excreción de calcio en la orina después del daño tubular.

La ingesta de grandes cantidades de cadmio a largo plazo puede conducir a una acumulación del mismo en los riñones provocando desórdenes neurológicos, alteraciones en el aparato reproductor, daños gastrointestinales (náuseas y vómitos), pulmonares (tos, respiración entrecortada), irritación del sistema respiratorio, (edemas, proliferación celular y fibrosis) y óseos (dolores, fracturas, osteomalacia y osteoporosis), carcinogénesis, mutagénesis y teratogénesis. <sup>(28)</sup>

“La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y el Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos (DHHS) considera el cadmio como un agente cancerígeno para el hombre: carcinógeno de categoría B. Se ha atribuido al cadmio un incremento en la incidencia del cáncer de próstata y del aparato respiratorio en trabajadores expuestos prolongadamente, principalmente a óxido de cadmio. Un número escaso de estudios indican asociación entre los niveles de cadmio de la comida o el agua de bebida y el cáncer de próstata”. <sup>(29)</sup>

## **2.5.2 Mercurio**

### **a. Generalidades**

El Hg es fuertemente tóxico para las personas en todos sus estados, pudiendo provocar diversos efectos adversos para la salud y el medio ambiente; los efectos se dan especialmente en el sistema nervioso. Su nivel de toxicidad en los individuos y otros organismos varía según la forma química, cantidad ingerida, vía de absorción y tiempo de exposición a este metal. <sup>(30)</sup>

### **b. Propiedades Físicoquímicas**

El Hg, es un líquido blanco plateado muy tóxico, es un metal noble, el mercurio sólido es tan suave como el plomo. Se encuentra en sus tres estados de oxidación Hg<sup>0</sup> (metálico), Hg<sup>2+</sup> (mercurioso) y Hg<sup>2+</sup>

(mercúrico) con frecuencia presentan dos enlaces covalentes; Cl-Hg-Cl o Cl-Hg-Hg-Cl. Algunas sales de mercurio (II)  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  o  $\text{Hg}(\text{ClO}_4)_2$ , son muy solubles en agua y por lo general están dissociadas. Las soluciones acuosas de las sales reaccionan como ácidos fuertes por causa de la hidrólisis que se da. Otras sales de mercurio (III), como  $\text{HgCl}_2$  o  $\text{Hg}(\text{Cn})_2$ , también se disuelven en agua, el Hg posee capacidad para formar soluciones llamadas amalgamas con otros metales como el oro, plata, etc. El Hg como metal no es esencial para ningún proceso biológico, aunque se acumula en casi la mayoría de los seres vivos. <sup>(31)</sup>

### **c. Usos y aplicaciones**

El mercurio es utilizado en amalgamas de plata para empastes de dientes, se usa como electrodos de referencia en las titulaciones, en el termómetro, vacunas, en la producción de baterías y plaguicidas. Por su elevada toxicidad se ha dejado de utilizar en ungüentos y desinfectantes.

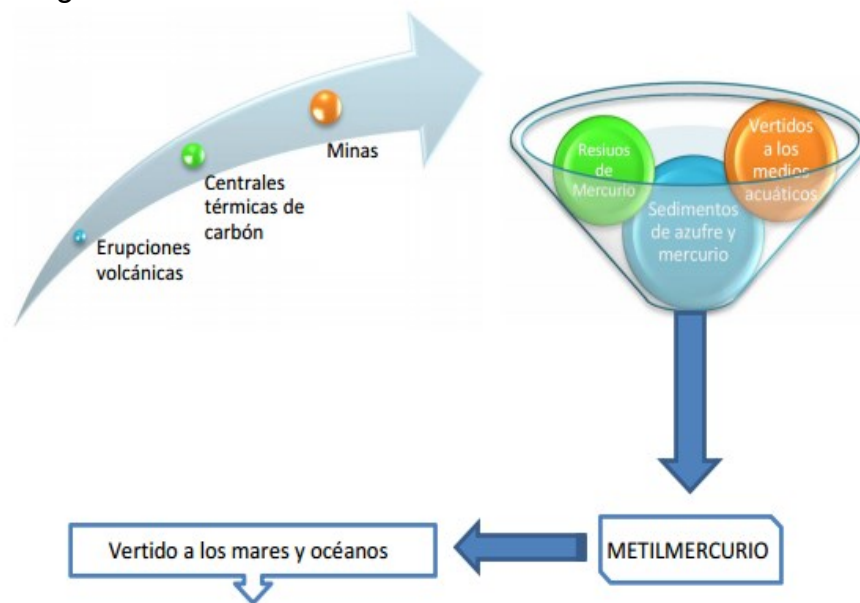
### **d. Fuentes de exposición**

El mercurio, contaminante que está presente en los alimentos, industria, medicina, vacunas que contienen Tiomersal como conservante, en materiales dentales como amalgamas y ciertos cosméticos para la piel: <sup>(32,33)</sup>

La contaminación por Hg en los alimentos marinos principalmente se da en mariscos y pescado en especial por el metilmercurio que es un toxico potente para el pescado, con el paso del tiempo aumenta su concentración. El Hg se encuentra en la mayoría de los recursos naturales; y se presenta en sus tres formas:

- a) Mercurio elemental.
- b) Sal inorgánica de mercurio.
- c) Mercurio orgánico. Este último es de mayor importancia para la salud; sus compuestos incluyen metilmercurio, etilmercurio y fenilmercurio. <sup>(34)</sup>

El de mayor toxicidad es el metilmercurio (MeHg), que se encuentra presente en el ambiente, este es depositado en el agua y se acumula en los organismos marinos (bioacumulación), aumentando su concentración (biomagnificación), principalmente en la cadena alimentaria acuática de peces; luego es absorbido por las personas a través de la alimentación de los productos del mar. La ingesta de MeHg en la actualidad es un problema de salud pública, por su relevancia toxicológica en el desarrollo neurológico.<sup>(35)</sup>



**Gráfico 3:** Proceso de contaminación por metilmercurio

Fuente: Tostado M. (2014). Neurotoxicidad de los metales pesados: Plomo, Mercurio y Aluminio.

En la actualidad, se considera que el consumo de pescado constituye la principal fuente de exposición humana al mercurio. Los peces depredadores marinos que ocupan altos niveles en la cadena trófica, son el pez espada, tiburón y atún, los de mayor concentración en Hg, del cual aproximadamente el 90% existe en su forma metilada (metilmercurio).<sup>(36)</sup>



**Gráfico 4:** Pirámide alimentaria sobre el consumo recomendado de pescados con contenido en mercurio

Fuente: Tostado M. (2014). Neurotoxicidad de los metales pesados: Plomo, Mercurio y Aluminio.

#### e. Toxicocinética

**Absorción.- Respiratoria;** los vapores de Hg no se adhieren a la mucosa de la vía respiratoria y fácilmente atraviesan la membrana alveolar; un 80% del mercurio inhalado es absorbido en sangre, esta es la principal vía de envenenamiento por Hg orgánico e inorgánico.

**Digestiva;** la absorción de mercurio elemental en el tracto gastrointestinal es casi nula (menor a 0.01%) debido a que al estar en estado de oxidación 0 es incapaz de reaccionar con moléculas biológicamente importantes, por tanto, carece de toxicidad. La absorción también se impide porque el Hg tiende a agregarse y formar grandes moléculas lo que imposibilita su paso a través de las membranas; finalmente, el Hg elemental en el tracto digestivo no se oxida a una

velocidad lo suficientemente rápida como para que la absorción tenga lugar. Pese a esto, la absorción del Hg inorgánico con estado de oxidación 2+ relacionado con otros elementos (Cl<sub>2</sub>Hg o metilmercurio en peces contaminados) en el tracto gastrointestinal es muy importante (95%) y constituye la principal vía de envenenamiento.

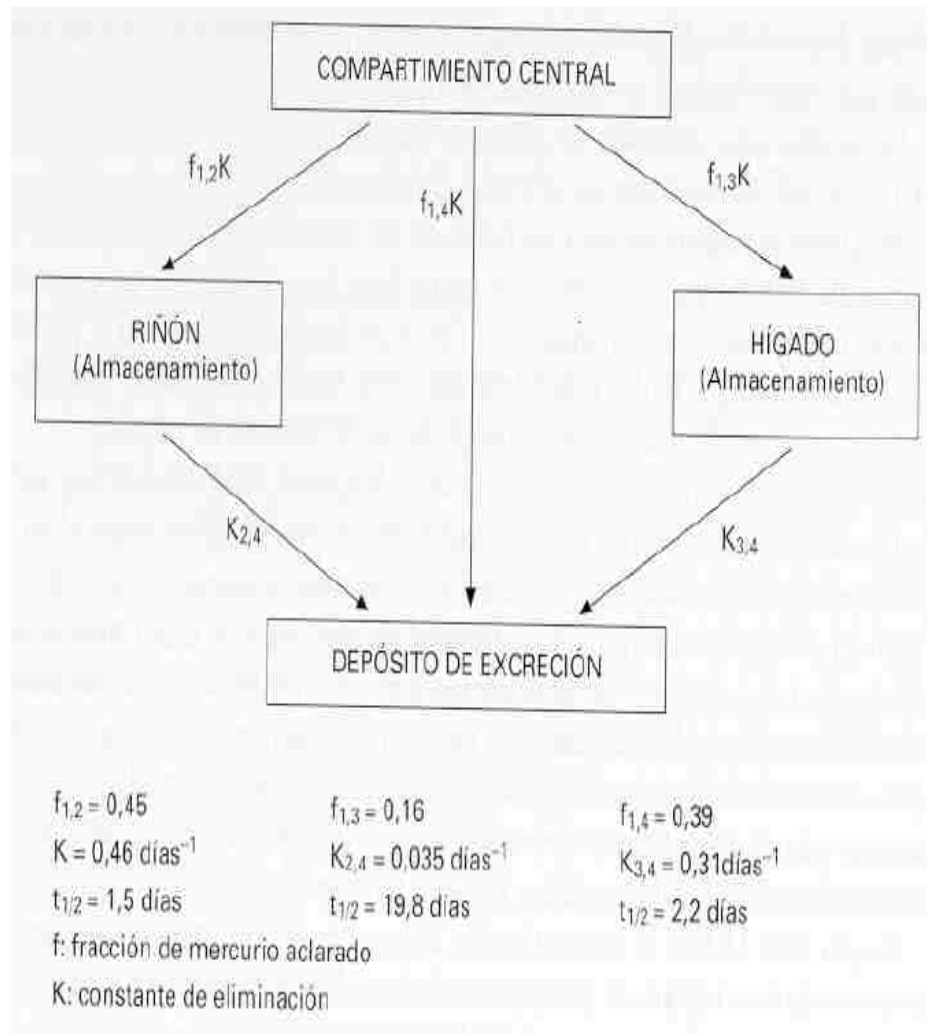
**Cutánea;** se cree que existe cierta absorción cutánea de Hg a través de la piel; no obstante, no existen cifras cuantitativas.

**Transporte y distribución.**- Una vez absorbido, el Hg iónico sérico se une a los grupos tioles de las proteínas plasmáticas y el metilmercurio se relaciona con la hemoglobina de los eritrocitos, un 90% del Hg orgánico se transporta a los eritrocitos y un 50% del Hg inorgánico se encuentra en el plasma. Independientemente de su sitio de unión, los niveles mayores a 1mg/dl de Hg en sangre están relacionados con signos de toxicidad.

La distribución en los diferentes tejidos del organismo es muy lenta alcanzándose su equilibrio en aproximadamente cuatro días, en el sistema nervioso central es el órgano de mayor concentración, principalmente en la sustancia gris. Un aproximado del 10% total de mercurio en el organismo está en el cerebro, en concentraciones mayores en la corteza occipital y el cerebelo. El Mercurio como sales inorgánicas se deposita en los riñones con preferencia. En mujeres gestantes, el metilmercurio atraviesa con facilidad la barrera placentaria llegando al feto para luego acumularse principalmente en el cerebro fetal. <sup>(39)</sup>

**Excreción.**- Las heces y las orina son las vías principales de eliminación del Hg. La mayor parte del metilmercurio, hasta un 90%, se excreta en las heces desde el hígado, vía bilis, en el llamado "Ciclo entero hepático": en su proceso de eliminación, el metilmercurio sufre una

recirculación entero hepática que pasa al tracto gastrointestinal de donde una parte, es eliminado en las heces y otra parte es reabsorbido hacia el plasma, cerrándose el ciclo. Este proceso es quien determina la lenta eliminación provocando un riesgo muy alto de acumulación. <sup>(38)</sup>



**Gráfico 5:** Modelo toxicocinética de eliminación

**Fuente:** Español C. (2001). *Toxicología del mercurio. Actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental*

## f. Toxicodinamia

Los diversos efectos toxicológicos del Hg, inorgánico y orgánico, es debido a que en su forma iónica no establecen enlaces químicos. Revisando la acción de los sistemas enzimáticos, el mercurio es tóxico, ya que precipita las proteínas sintetizadas por la célula, especialmente



en las neuronas, también inhibe los grupos sulfhidrilo de diversas enzimas esenciales. En su estado iónico, se fija a grupos de células ricos en radicales -SH, alterando diversos sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y su pared a su vez inhibe la síntesis de proteínas en la mitocondria, afectando su función energética. En el riñón disminuye la actividad de las fosfatasas alcalinas de los túbulos proximales alterando el transporte de potasio y la ATP-asa dentro de la membrana. En el sistema enzimático, inhibe enzimas esenciales: catalasas plasmáticas, colinesterasa globular, glutation-reductasa globular, glutation-reductasa cerebral, galactoxidasa, dopa-decarboxilasa, monoamino-oxidasa, glicero fosfatasa, succino-deshidrogenasa, di y trifosfo-piridín-nucleótido. El mercurio por todo esto puede llegar a provocar lesión celular en cualquiera de los tejidos que se acumule en concentración suficiente altas. <sup>(36)</sup>

En diferentes órganos, incluido el riñón, así como el cadmio, cobre y zinc, el mercurio induce la formación de metalotioneína, que es un receptor proteico de bajo peso molecular, uniéndose a ella, saturando a sus propios receptores. <sup>(36)</sup>

#### **g. Efectos en la salud**

La exposición alta de Hg en un periodo de tiempo corto puede causar efectos dañinos al cerebro y riñones, irritación en los pulmones, los ojos, reacciones en la piel, vómitos y diarreas. Daño al sistema nervioso; pérdida de la memoria, cambios en el sistema neuromuscular y dolores de cabeza.

Alteración de las funciones cerebrales pudiendo ocasionar disminución en la capacidad de aprendizaje, cambios en la personalidad, temblores, cambios en la visión, sordera, descoordinación muscular y pérdida de la memoria. Temblores, labilidad emocional e insomnio, reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio. Efectos en el riñón y la tiroides. Las exposiciones altas también han ocasionado mortalidad. Daño al

ADN y cromosómico; Efectos negativos en la reproducción, daño en el espermatozoides, defectos de nacimientos y abortos.

En cuanto al metilmercurio, se han observado efectos en el sistema nervioso, enfermedades cardiovasculares, en la incidencia de cáncer y en la genotoxicidad. Además, se han detectado efectos en la variabilidad del ritmo cardíaco en niños con exposición prenatal, así como en la mortalidad cardiovascular en adultos.

## **2.6 Formulación de Hipótesis**

### **2.6.1. Hipótesis General**

- Las conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio comercializadas en Lima presentan niveles de Cadmio y Mercurio que superan los máximos permitidos por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.

### **2.6.2. Hipótesis Específicas**

- Existe altas concentraciones de Cadmio en conservas de pescado enlatado y envasado en vidrio expandidas en Lima.
- Existe altas concentraciones de Mercurio en conservas de pescado enlatado y envasado en vidrio expandidas en Lima.
- Existe correlación de los niveles de Cadmio y Mercurio, entre las conservas de pescado enlatadas y las conservas de pescado envasadas en vidrio expandidas en Lima.

## 2.7 Variables e Indicadores

### 2.7.1 Variables

#### a) Variable Independiente

Conservas de pescado enlatado.

Conservas de pescado envasadas en vidrio.

#### b) Variable Dependiente

Concentración de Cadmio

Concentración de Mercurio.

### 2.7.2 Indicadores

VARIABLES	INDICADORES
<b>Variable Independiente:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Conserva de pescado enlatadas.</li><li>• Conservas de pescado envasadas en botella de vidrio.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sólido y Trozos en aceite vegetal.</li><li>-Sólido y Trozos en agua.</li><li>-Grated en aceite vegetal.</li><li>-Anchoveta en aceite vegetal.</li><li>-Grated de Jurel en agua y sal.</li><li>-Trozos en aceite vegetal</li></ul>
<b>Variable Dependiente:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Concentración de Cadmio.</b></li></ul>	<b>SANIPES</b>  0,1 mg/kg
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Concentración de Mercurio.</b></li></ul>	  0,5 mg/kg

## 2.8 Definición de términos Básicos

- **Ácidos w-3:** Los ácidos grasos omega-3, son ácidos grasos esenciales poliinsaturados (el organismo humano no los puede fabricar a partir de otras sustancias), que se encuentran en alta proporción en los tejidos de ciertos pescados (por regla general pescado azul).
- **Aleaciones:** Una aleación es una combinación de propiedades metálicas, que está compuesta de dos o más elementos metálicos sólidos.
- **Biomagnificación:** es un proceso de bioacumulación de una sustancia tóxica (como por ejemplo el plaguicida DDT). Ésta se presenta en bajas concentraciones en organismos al principio de la cadena trófica y en mayor proporción a medida que se asciende en dicha cadena.
- **Cadmio:** El cadmio es un metal pesado, ingresa por inhalación de humos y vapores o por ingesta. Acumulándose principalmente en riñón e hígado. Su acción tóxica, es a la vez, irritante local y toxica general.
- **Cancerígeno:** Es un agente físico, químico o biológicamente potencial capaz de producir cáncer al exponerse a tejidos vivos.
- **Efecto tóxico:** Se define como cualquier desviación del funcionamiento normal del organismo que ha sido producida por la exposición de sustancias tóxicas.
- **Elementos traza:** Los elementos traza son nutrimentos esenciales, requeridos en mínimas cantidades para apoyar el crecimiento, desarrollo y función óptima de un organismo. Los elementos traza nutricionalmente importantes incluyen cobre, hierro, selenio y cinc.
- **Enranciamiento:** Las grasas y aceites en contacto con el aire, humedad y a cierta temperatura sufren cambios, con el tiempo, en su naturaleza química y en sus caracteres organolépticos. Estas alteraciones reciben comúnmente el nombre de rancidez o enranciamiento. El enranciamiento puede ser por oxidación o por hidrólisis
- **Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA):** Este método consiste en la medición de las especies atómicas por su absorción a una longitud de onda particular. La especie atómica se logra por atomización de la muestra,

siendo los distintos procedimientos utilizados para al estado fundamental del átomo lo que diferencia las técnicas y accesorios utilizados.

- **Exposición:** Situación que hace posible la penetración o absorción de una sustancia tóxica por un organismo vivo.
- **Fenilmercurio:** es un catión,  $C_6H_5Hg^+$ , que forma compuestos orgánicos de mercurio tales como el acetato de fenilmercurio y el cloruro de fenilmercurio. Ambos se utilizan como funguicidas.
- **Isotopos:** Se denomina isótopos a los átomos de un mismo elemento, cuyos núcleos tienen una cantidad diferente de neutrones, y por lo tanto, difieren en número másico.
- **Mercurio:** El mercurio, metal pesado ampliamente utilizado por el hombre, es muy tóxico; produce daño al sistema nervioso central, perturbaciones del comportamiento y lesiones renales. Se acumula en todos los seres vivos y no es esencial para ningún proceso biológico. El metilmercurio es la forma más dañina, con efectos neurotóxicos en adultos y en fetos de madres expuestas.
- **Metales pesados:** El término metal pesado se refiere a todo elemento químico metálico que tenga una densidad relativamente alta y que sea tóxico en concentraciones pequeñas.
- **Metalotioneinas:** constituyen una familia de metaloproteínas ricas en cisteína, generalmente de bajo peso molecular. Las MT tiene la capacidad de unirse a metales pesados tanto fisiológicos (zinc y cobre) como xenobióticos (como cadmio, mercurio y plata), a través de los grupos tiol (-SH) de sus residuos de cisteína, que representan casi el 30% de aminoácidos.
- **Metilmercurio:** El término 'metilmercurio' se emplea habitualmente como término genérico para describir los compuestos de (mono) metilmercurio. es un catión,  $CH_3Hg^+$ , que forma parte de los compuestos de metilmercurio.
- **Metodología:** hace referencia al camino o al conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar el objetivo o la gama de objetivos que rige una investigación científica.

- **Peroxidacion:** La peroxidación de los lípidos es el fenómeno por el cual ciertos alimentos que contienen lípidos se vuelven rancios. La peroxidación de los lípidos provoca la formación de radicales libres responsables del envejecimiento prematuro y de daños celulares a nivel del organismo.
- **Tiomersal:** El tiomersal es un compuesto que contiene etilmercurio y se utiliza para evitar el crecimiento de bacterias y hongos en algunas vacunas inactivadas que se suministran en viales multidosis conocido también como timerosal.
- **Tóxico:** Sustancia química que, incorporada al organismo vivo a determinada concentración, a través de mecanismos fisicoquímicos y bioquímicos, produce alteraciones de la fisicoquímica celular, transitorias o permanentes, siempre incompatibles con la salud y en algunos casos con la vida.
- **Toxicidad:** Es la capacidad de cualquier sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, al entrar en contacto con él.
- **Toxicocinética:** Es la cinética del tóxico y se refiere a las características en la trayectoria, transformación y transporte de los tóxicos en el organismo, desde su ingreso hasta su eliminación.
- **Toxicodinamia:** Estudio de la manera en que los agentes químicos ejercen sus efectos en los organismos vivos, comprende las alteraciones que se produce a nivel bioquímico.

## CAPITULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Metodología

Hoy en día existen diversos métodos analíticos disponibles para el análisis de minerales y elementos traza en los alimentos. En gran parte la elección del método analítico, depende de la instrumentación disponible. Los parámetros que se deben considerar para la selección de una técnica analítica incluyen: el límite de detección y de sensibilidad, la precisión analítica, el rango de trabajo analítico, los problemas con las interferencias, el costo del instrumento, el rendimiento de muestras, la posibilidad de automatización y los conocimientos y aptitudes del operador a cargo. <sup>(48)</sup>

Algunos de los métodos más frecuentemente utilizados son los mencionados al igual que una muy breve explicación de ellos.

- Espectrofotometría UV-Vis
- Fluorometría
- Espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP- AES)
- Espectrometría de masa de plasma acoplado Inductivamente (ICP- MS)
- Espectrometría de absorción atómica (AAS)
- Espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS)
- Espectrometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS)
- Espectrometría de absorción atómica por generación de hidruros (HGAAS)

#### **Espectrofotometría UV-Vis**

Fue la técnica más común para el análisis de metales en los alimentos; sin embargo, ha perdido importancia en años recientes debido al desarrollo de nuevas técnicas tales como la espectrometría de absorción atómica. Se basa en la relación entre la absorción de la radiación visible o ultravioleta cercana de una solución y la concentración de las especies coloreadas en la solución. El analito tiene que ser convertido a un complejo coloreado antes del análisis.

La instrumentación básica es todavía relativamente simple y de bajo costo en comparación con los instrumentos que se requieren para las otras técnicas de análisis de metales. El método puede automatizarse fácilmente para el análisis rutinario y da resultados con una buena sensibilidad y precisión. Las desventajas de esta técnica son que a menudo se requiere un control estricto del pH y un estado de oxidación específico y también puede haber problemas con la interferencia de otros metales (Skoog D.A. 2001).<sup>(48)</sup>

### **Fluorimetría**

El método es relativamente barato y es muy sensible. Se utiliza frecuentemente para la determinación de elementos traza en muestras biológicas y en alimentos que son más difíciles de analizar con otras técnicas. Algunos metales pueden ser transformados en complejos orgánicos asociados con iones o quelatos fluorescentes que tienen la característica de absorber luz de una longitud de onda y en su lugar emitir luz de otra longitud de onda. La luz emitida o fluorescencia es proporcional a la concentración del analito.<sup>(48)</sup>

### **Espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES)**

La ICP-AES es una técnica multielemento que permite el análisis simultáneo de un gran número de elementos. Se basa en la medición de la radiación de la línea espectral emitida por átomos excitados en un plasma de Ar generado por calentamiento inductivo con un campo electromagnético de alta frecuencia. Los principales componentes de un instrumento ICP-AES son la antorcha plasmática, el nebulizador y el policromador. El plasma es creado al hacer que el Ar sea conductivo al exponerlo a una descarga eléctrica que crea electrones e iones. Bajo la influencia del campo electromagnético de alta frecuencia, las partículas cargadas calientan el Ar hasta que el plasma alcanza una temperatura de 5500-8000 °K. Esto lleva a una vaporización casi total del analito y a una alta eficiencia de atomización. La muestra solubilizada es introducida vía nebulizador dentro de la antorcha utilizando un flujo



transportador de Ar de 1 L/min. Para el gas que enfría se requiere de un flujo de gas mucho mayor, por lo general, 10 L/min. La técnica más común de introducción de la muestra es vía nebulizador. <sup>(49)</sup>

Las interferencias espectrales de los elementos de la matriz, de especies moleculares o del gas argón son algunas desventajas del espectro de emisión de ICP lo que hace complejo su análisis. Estas pueden ser minimizadas utilizando espectrómetros de alta resolución. (Vandecasteele 1993). <sup>(49)</sup>

### **Espectrometría de masa de plasma acoplado inductivamente (ICP- MS)**

Es una técnica analítica más útil y versátil para la determinación de trazas en el análisis de alimentos. La ICP-MS surge de combinar la capacidad multielemento y el amplio rango de trabajo lineal de la ICP-EAS con los límites de detección excepcionalmente bajos de la GFAAS. En esta técnica, se combina una fuente ion plasma a alta temperatura y a presión atmosférica con un espectrómetro de masa bajo vacío como un detector sensible. El plasma acoplado inductivamente se genera tal como se describe anteriormente para ICP-EAS. Los iones producidos en el plasma son muestreados en una dirección axial a través de un orificio estrecho (aproximadamente 0,7-1,2 mm de diámetro) dentro de un interfaz bombeado diferencialmente con lentes electroestáticos y desde allí extraídos hacia el analizador de masa. Los iones transmitidos son detectados por un multiplicador de electrones el cual puede operarse en el modo análogo y/o conteo de pulso. La captura de los datos puede hacerse en los modos de exploración (scanning) o de pico. En el primer modo, se explora la región de la masa con los isótopos de interés mientras que en el modo de pico sólo se miden los iones preseleccionados. La forma más común de introducir la muestra es la inyección directa de soluciones utilizando un nebulizador neumático y una cámara "spray". Debido a la alta temperatura del plasma, los compuestos del analito en el aerosol son disociados eficientemente, atomizados y se forman iones con una carga positiva. <sup>(49)</sup>

La gran desventaja de la ICP-MS consiste en el alto costo del instrumento y de funcionamiento (derivado principalmente de un gran consumo de gas Ar) y la existencia de interferencias isobáricas en el rango de masa baja (< 80 uma).<sup>(49)</sup>

### **Método Espectrofotometría de Absorción Atómica**

El término espectroscopia significa la observación y el estudio del espectro, o registro que se tiene de una especie tal como una molécula, un ion o un átomo, cuando estas especies son excitadas por alguna fuente de energía apropiada para el caso. En el campo de la espectroscopia los científicos Kirckhoff y Bunsen son los pioneros ya que desarrollaron un espectroscopio en el periodo de 1860 a 1870, y allí pudieron observar las líneas de emisión de diferentes elementos químicos en la flama y relacionaron las líneas con la identidad del elemento.<sup>(49, 50)</sup> De acuerdo a la experiencia cada metal que emite radiación de diferente color, presenta líneas que aparecen en diferentes posiciones en la pantalla o campo de observación, y esto es independientemente de las condiciones en que se realiza el experimento así como de la naturaleza de la sal metálica y únicamente depende del metal. (Rocha C.E., 2000; Skoog D.A. 2001).<sup>(48)</sup>

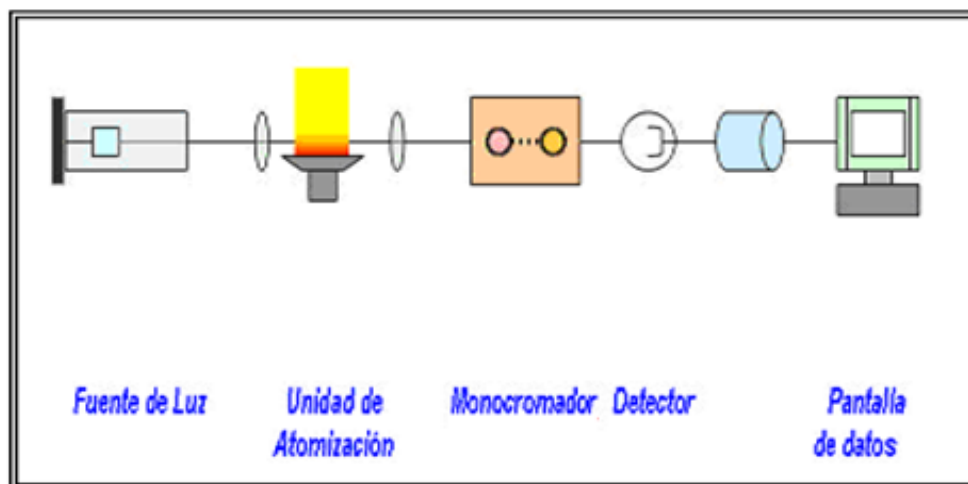
Este método utiliza un espectrómetro el cual es un aparato que mide la cantidad de luz absorbida cuando ésta atraviesa una muestra. Las principales partes de un espectrofotómetro son:

**-Fuente de radiación.-** Emite radiación electromagnética discontinuas, en las zonas visibles o UV, característica del elemento que recubre el cátodo. Las más comúnmente utilizadas son las lámparas de cátodo hueco. Estas lámparas están constituidas por un cátodo metálico capaz de emitir radiaciones de las mismas longitudes de onda que son capaces de absorber los átomos del elemento que se desea analizar.

**-Atomizador.-** La muestra se ha de volatilizar y atomizar para producir un vapor atómico. El tipo de atomizador más utilizado es la flama.

-**Sistema óptico.**- Selecciona una longitud de onda de la radiación policromática que proviene de la fuente.

- **Detector.**- Transforma la señal óptica que le llega en una señal eléctrica que permite medir la radiación absorbida. <sup>(41)</sup>



**Gráfico 6:** Componentes fundamentales de un equipo de Absorción Atómica

**Fuente:** Tomado de Polo M. Análisis de concentración de arsénico en tres alimentos. Papas (*Solanum tuberosum*), Zanahoria (*Daucus carota*) y leche cruda producidos en las zonas afectadas por el volcán Tungurahua (MOCHA-QUERO). Ecuador, 2009.

### **Espectroscopia en Horno de Grafito**

El desarrollo de atomizadores de grafito en barras amplía el poder de detección de la AAS para un amplio rango de elementos dentro del rango de  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . La solución de la muestra, generalmente 5-100  $\mu\text{l}$ , es inyectada dentro de un tubo de grafito de 3-5 cm de longitud, el cual es luego calentado eléctricamente en etapas para producir vapor atómico del analito. En general el programa de calentamiento, comprende una etapa de secado para evaporar el solvente (70-120°C); una etapa de "quemado" (o calcinación) para remover la materia orgánica o los componentes volátiles de la matriz (350-1250°C); una etapa de atomización (2000-3000°C) y, un ciclo de limpieza a temperatura máxima a fin de quemar el analito remanente. Se requiere de una optimización cuidadosa de todos los parámetros del calentamiento durante el

desarrollo de un método para obtener resultados reproducibles y exactos (Skoog 2001).<sup>(48)</sup>

### **Generación de Hidruros**

En esta técnica, el analito es reducido a su hidruro volátil, transferido mediante una fuente de gas a una celda de cuarzo caliente, descompuesto y atomizado. La separación del analito reduce en gran medida las interferencias de la matriz de tal modo que pueden determinarse niveles de concentración en µg/kg. Cuando la cantidad de la muestra es un inconveniente, puede emplearse inyección de flujo que permite analizar volúmenes de muestra tan pequeños como 100 µl. Las desventajas son que requiere de un tratamiento especial después de la digestión de la muestra para generar un estado de oxidación específico para la formación del hidruro y ciertos metales (por ejemplo, Cu, Fe) pueden interferir con la formación del hidruro (Kastenmayer 1995; Skoog 2001).<sup>(48)</sup>

## **3.2 Tipo y Nivel de la Investigación**

Es de tipo descriptivo - correlacional

- **Descriptiva:** Por que describe las propiedades toxicológicas de los diferentes metales, ocasionando daño para la salud del consumidor.
  
- **Correlacional:** porque determina que la variable dependiente esta correlacionada a la variable independiente es decir que los efectos ocasionados son consecuencia del consumo de los metales tóxicos.

Nivel Inductivo- transversal

- **Inductivo:** Porque el presente estudio abarca las bases teóricas los fundamentos de los problemas con la salud relacionados a la exposición y consumo de los metales.

- **Transversal:** El presente trabajo desarrolla su estudio en el transcurso de 10 meses. Con el fin de obtener un trabajo de investigación desarrollando las bases teóricas-científicas hasta las conclusiones concretas y coherentes.

### **3.3 Diseño de la Investigación**

**Cuasi experimental:** la presente investigación es de diseño cuasi experimental. Porque estudia, analiza e interpreta datos obtenidos del laboratorio Cetox e información científica seleccionada.

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

Infinita; Todas las muestras de conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expandidas en Lima Metropolitana.

#### **3.4.2 Muestra**

Para llevar a cabo la ejecución de la parte experimental se procedió a la recolección y muestreo de las conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio en sus diferentes marcas expandidas en Lima Metropolitana.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos**

Las muestras obtenidas han sido analizadas con el equipo de Espectrofotometría de Absorción Atómica a Horno de Grafito para cadmio y para mercurio por Generación de Hidruros en El laboratorio del Centro de Toxicología donde se realizó el análisis de las muestras. Los datos obtenidos fueron analizados y comparados con el límite máximo establecido, para que finalmente se determine si los valores hallados en la investigación superan o

no a los parámetros establecidos en el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.

El instrumento viene a ser el protocolo brindado por el laboratorio en donde se mandaron a analizar las muestras, así como, los programas usados en la investigación: Excel o SPSS. Finalmente se procedió a la interpretación de los datos para plasmarlos en la Tesis como resultado de la investigación.

### **3.6 Descripción de los Reactivos Materiales e instrumentos**

#### **3.6.1 Reactivos**

- Agua ultra pura Tipo I, usada para la preparación de reactivos y limpieza los materiales de vidrio.
- Ácido nítrico ultra puro 65%
- Ácido clorhídrico ultra puro 35%
- Agua oxigenada 30vol.
- Solución stock: 1000mg/L de Cd como Cd (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
- Solución stock: 1000mg/L de Pb como Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
- Solución modificante: Ácido Fosfórico (1%) ultra puro
- Hidróxido de Sodio
- Boro hidruro de Sodio Q.P
- Ioduro de Potasio Q.P

#### **3.6.2 Materiales**

- Pipetas de 5 y 10 mL
- Beaker de 1000mL y 500 mL
- Fiola de 25mL y 100 mL
- Papel Whatman 0,45u
- Matraz aforado de 100 mL
- Matraz de 100mL
- Pipetas automáticas de 100uL – 1000uL

- Pipetas automáticas de 500uL – 5000uL
- Tips de 100uL – 1000uL
- Tips de 500uL – 5000uL

### **3.6.3 Equipos**

- Espectrofotómetro de absorción atómica con sistema de doble Haz – modelo ANALYST 600 PERKIN ELMER.
- Hidruros
- Campana extractora
- Balanza analítica
- Destilador de agua
- Equipo nano puré para agua ultra pura
- Lámpara de Cátodo para Mercurio
- Lámpara de Cátodo para Cadmio

### **3.6.4 Procesamiento de la muestra**

#### **3.6.4.1 Limpieza y acondicionamiento del material**

Todo el material de vidrio utilizado en este análisis, después de su lavado, fue enjuagado con ácido nítrico y con agua ultra pura y finalmente secado en estufa.

#### **3.6.4.2 Cantidad de muestra a utilizar**

Se emplea 0,5g que se pesó de la conserva de pescado por cada muestra recolectada.

## 3.7 Descripción de la Metodología y análisis de los datos

### 3.7.1 Espectroscopia de Absorción Atómica

La espectrometría de absorción atómica es un método instrumental que se basa en la absorción, emisión y fluorescencia de radiación electromagnética por partículas atómicas. La espectrometría de absorción atómica consiste en la medición de las especies atómicas por su absorción a una longitud de onda particular. La especie atómica se logra por atomización de la muestra.

La técnica de atomización más usada es la absorción atómica con flama o llama, que nebuliza la muestra y luego la disemina en forma de aerosol dentro de una llama de aire de acetileno u óxido nitroso-acetileno la absorción atómica es una técnica capaz de detectar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos químicos, por lo que sus campos de aplicación son variados. Este método se puede aplicar para la determinación de ciertos metales tales como: antimonio, cadmio, calcio, cesio, cromo, cobalto, oro, plomo, níquel, entre otros. Se emplea en análisis de agua, de suelos, bioquímica, toxicología, medicina, industria farmacéutica, alimenticia, petroquímica, etcétera. <sup>(40)</sup>

La concentración del analito es determinada por la cantidad de adsorción aplicando la ley de Beer-Lambert directamente en la espectroscopia AA es difícil debido a la eficiencia de la atomización de la muestra de la matriz y a la no-uniformidad de la concentración, y a la longitud de la trayectoria de los átomos del analito (en el horno de grafito AA). Las mediciones de concentración son generalmente determinadas de una curva de calibración, después de haber calibrado el aparato con los estándares de concentración conocida. <sup>(43)</sup>



### **3.7.2 Fundamento del método**

La espectrofotometría de absorción atómica se fundamenta en la absorción de una luz monocromática por los átomos del elemento que se va a analizar. La longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica de cada elemento a estudiar. Se mide la atenuación de la intensidad de la luz como resultado de la absorción, siendo la cantidad de luz absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente en la muestra (absorbancia proporcional a la concentración de elemento).

El método involucra fundamentalmente 2 procesos: la atomización de la muestra que se realiza en el horno de grafito y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres.<sup>(45)</sup>

### **3.7.3 Espectroscopia en horno de grafito (HG)**

La finalidad en el Horno de Grafito es la producción de una nube de átomos de un elemento específico y medir su concentración en función de la cantidad de radiación que es absorbida por la especie.

En la técnica de Horno de Grafito (HG) se utiliza un tubo de grafito como medio de atomización. La muestra es colocada en este tubo y por calentamiento del paso de una corriente eléctrica por el sistema de horno de grafito, la temperatura del tubo se aumenta gradualmente, de tal forma que los procesos de: evaporación del solvente, calcinación, formación de compuestos volátiles y atomización, ocurren en un tiempo mayor, y es posible acortar o alargar estos periodos a voluntad.

Como consecuencia de esto se pueden eliminar antes de la atomización las sustancias que se encuentran en la matriz de la muestra. Un gas inerte (generalmente argón) se utiliza como gas de acarreo, para

desalojar continuamente del tubo de grafito: el solvente evaporado, los gases formados en la calcinación de la muestra, etc.

Cuando se llega el momento de atomizar la muestra se detiene el paso de gas inerte, si se desea que los átomos formados tengan un mayor tiempo de residencia en el tubo de grafito.

El resultado final de la técnica de horno de grafito es de mayor sensibilidad, de forma tal que se pueden detectar elementos en concentración del orden de partes por billón. Esto es factible porque en el horno ocurren los siguientes procesos:

- En la técnica de Horno de Grafito (HG) es posible suprimir el paso de gas de acarreo, por lo que los átomos formados permanecen más tiempo en el trayecto del haz de la lámpara y consecuentemente se tiene una mayor señal en la lectura de absorbancia.
- En HG se dispone de más tiempo y de una forma más eficiente de transferir energía térmica a la muestra. De esta forma también el proceso de formación de átomos a partir de la muestra es completo. <sup>(41)</sup>

#### **3.7.3.1. Determinación de Cadmio en Horno de Grafito**

El Cd es determinado en la solución de la muestra mediante Espectrofotometría Absorción Atómica por Horno de Grafito. Se emplea una lámpara de Cátodo Hueco de Cd como fuente y una lámpara de Deuterio como corrector de fondo.

La muestra es colocada en este tubo. A través del cuerpo del horno de grafito, fluye agua para enfriamiento del sistema además de un gas inerte (Argón o Nitrógeno) que sirve como gas de protección del sistema. Se pesa aproximadamente 0,5 g de muestra (conserva de pescado) por duplicado. En tubos de polipropileno de fondo cónico con tapa rosca resistente a 110°C.

Bajo campana de extracción de gases se adiciona lentamente HNO<sub>3</sub> del (65 - 70%) (Para análisis de trazas). Se preparar simultáneamente un blanco de reactivos. Utilizando una micropipeta, se dispensa de cada una de las soluciones de calibración y de las muestras en las copas del automuestreador del horno de grafito de acuerdo al método seleccionado; el blanco, el diluyente, el modificador de matriz, estándar. Programar las muestras a analizar y poner el equipo de acuerdo con las instrucciones del fabricante y buenas prácticas de laboratorio.

#### **3.7.4 Generación de Hidruros**

La generación de hidruros sigue el mismo principio que las otras técnicas de absorción atómica, variando la forma de atomizar los metales a medir. En este caso, en lugar de aplicar calor se añade un reactivo a la muestra a temperatura ambiente que reacciona con los elementos y genera hidruros del elemento gaseosos. Estos hidruros se conducen a un tubo de vidrio que puede calentarse para inducir la absorción del haz de luz que pasa a través. La ventaja es que puede medirlos a concentraciones de nivel traza ( $\mu\text{g} / \text{L}$  o incluso menos) que normalmente no se pueden medir en equipos de absorción atómica.<sup>(44)</sup>

El generador de hidruros HG3000 es un sistema que genera un flujo continuo de vapor. Consta de una bomba peristáltica que continuamente bombea muestra y reactivos a un tubo manitol de (tubo múltiple) donde se produce la mezcla. La solución mezcla fluye a través de un tubo serpentín donde se forma el hidruro del elemento junto con hidrógeno. Con la ayuda del gas portador (Ar o N<sub>2</sub>) el hidruro (junto con el hidrógeno) entra a un recipiente separador gas-líquido donde el hidruro gaseoso es removido de la solución. Posteriormente el hidruro, al estado de vapor es transportado hasta la celda de absorción de cuarzo, que está montada sobre el mechero y calentada con llama aire-acetileno o

eléctricamente si se dispone del EHG3000. El vapor es atomizado en la llama produciéndose la absorción de luz. <sup>(42)</sup>

#### **3.7.4.1 Determinación de mercurio por Generación de Hidruros**

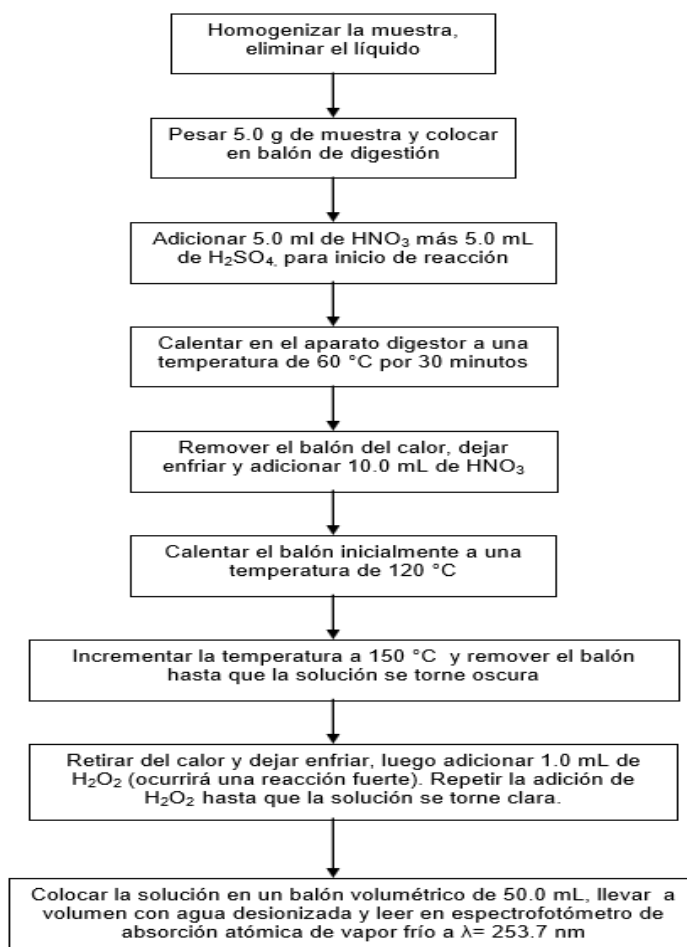
El Hg es un metal volátil y puede cuantificarse de esta forma mediante la técnica del vapor frío. El Hg iónico puede también determinarse de esta forma. El Hg enlazado orgánicamente debe ser previamente digerido con una mezcla de  $\text{KMnO}_4$ - $\text{H}_2\text{SO}_4$ . El mercurio es el único elemento que a temperatura ambiente es capaz de generar átomos en estado fundamental que son las especies requeridas para la absorción atómica.

La técnica del vapor frío sólo detecta mercurio en la forma iónica y la sensibilidad y reproducibilidad son mejoradas si las muestras (y estándares) son acidificadas con HCl concentrado para dar finalmente una concentración de 3 M. Altas concentraciones de  $\text{HNO}_3$  disminuirán la sensibilidad analítica. El método consiste, primero, en reducir los iones Hg a Hg metálico con el  $\text{NaBH}_4$  en medio de HCl. El Hg metálico al estado de vapor es transportado después por el gas portador por lo general argón hasta la celda cerrada de cuarzo, donde se atomiza a temperatura ambiente, por eso no se usa llama. El tiempo de respuesta es más lento para el Hg que para los elementos que forman hidruros, por lo que debe dejarse unos 60 segundos o más antes de tomar las lecturas. <sup>(42)</sup>

El método consiste, primero, en reducir los iones Hg a Hg metálico con el  $\text{NaBH}_4$  en medio de HCl. El Hg metálico al estado de vapor es transportado después por el gas portador hasta la celda cerrada de cuarzo, donde se atomiza a temperatura ambiente, por eso no se usa llama.

### 3.7.5 Digestión por Microondas

La primera etapa consistió en la digestión de la muestra (conservas de pescado) la destrucción de la materia orgánica (DMO) por oxidación con la ayuda del digestor de microondas, con el fin de romper la unión entre los metales y la materia orgánica, por lo cual no se pierde analito en el proceso.



**Gráfico 7:** Esquema de tratamiento de muestra

**Fuente:** Cuellar M, Mena D. *Determinación del contenido de mercurio por espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío en atún enlatado comercializado en la ciudad de Santa Ana.* Universidad de el Salvador. 2010

Luego fueron transvasados a fioles de 25mL y enrasados con agua ultra pura tipo I quedando listos para su correspondiente lectura para la determinación de cada uno de los diferentes metales en estudio.

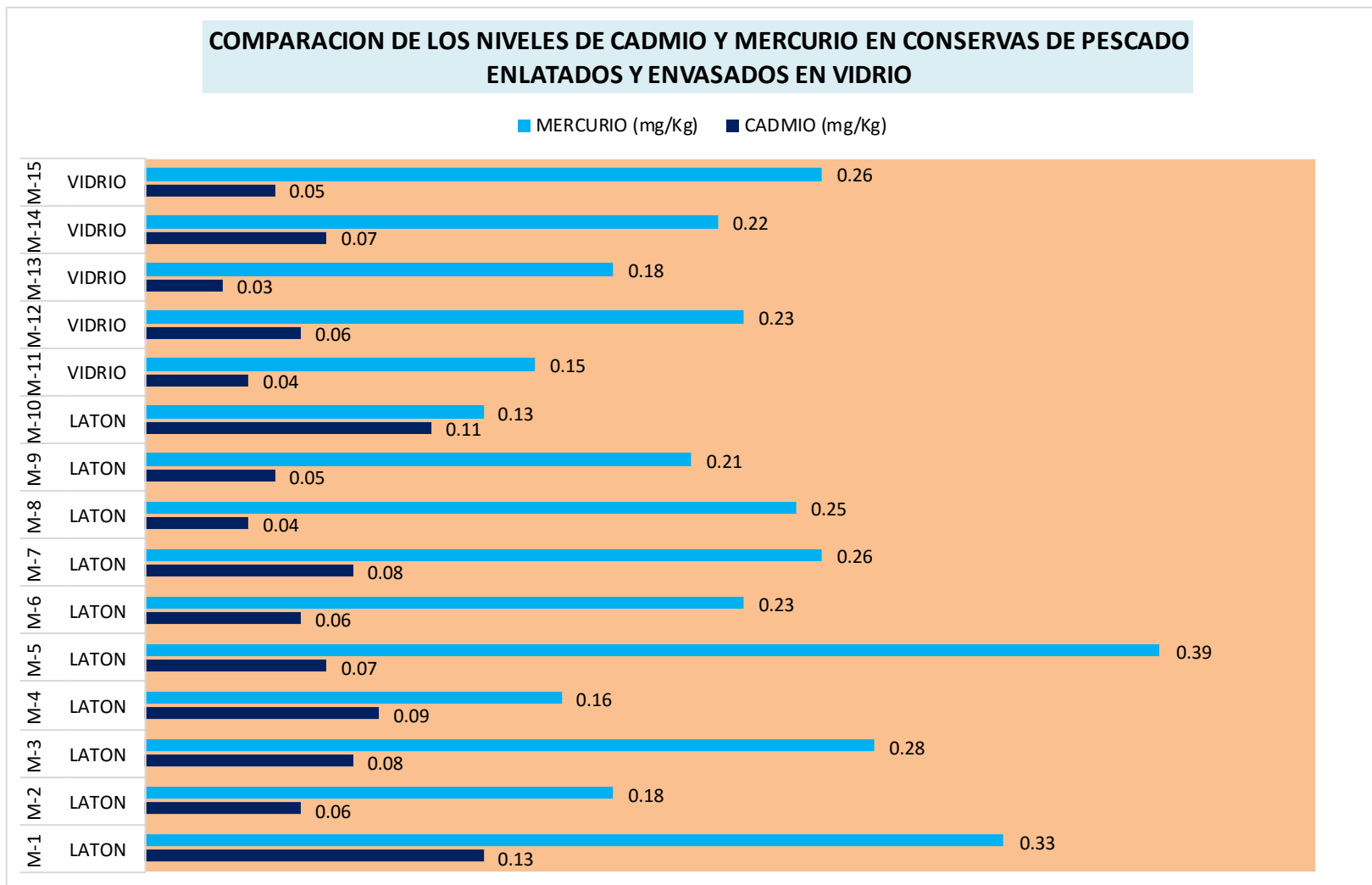
## CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 4.1 Resultados

*Tabla 2: Códigos y niveles de las muestras de conservas de pescado en sus diferentes marcas expendidos en Lima.*

CODIGO	MARCA	VARIEDAD	ENVASE	CADMIO (mg/Kg)	MERCURIO (mg/Kg)
M-1	MONTEALTO	GRATED DE ATUN EN ACEITE VEGETAL	LATON	0.13	0.33
M-2	FLORIDA	GRATED DE CABALLA EN ACEITE VEGETAL	LATON	0.06	0.18
M-3	A-1	FILETE DE ATUN EN ACEITE VEGETAL	LATON	0.08	0.28
M-4	FANNY	TROZOS DE ATUN EN ACEITE VEGETAL	LATON	0.09	0.16
M-5	INKA MAR	LOMITOS DE CABALLA EN ACEITE VEGETAL	LATON	0.07	0.39
M-6	GLORIA	GRATED DE SARDINA PERUANA EN AGUA Y SAL	LATON	0.06	0.23
M-7	CAMPOMAR	TROZOS DE CABALLA EN ACEITE VEGETAL	LATON	0.08	0.26
M-8	SAMA DEL MAR	FILETE DE CABALLA EN ACEITE VEGETAL	LATON	0.04	0.25
M-9	A-1	TROZOS DE CABALLA EN ACEITE VEGETAL	LATON	0.05	0.21
M-10	DORAL	GRATED DE ATUN EN ACEITE VEGETAL	LATON	0.11	0.13
M-11	TONNINO	FILETE DE ATUN EN ACEITE DE OLIVA	VIDRIO	0.04	0.15
M-12	CAMPOMAR	FILETE DE ATUN ARTESANAL EN ACEITE VEGETAL	VIDRIO	0.06	0.23
M-13	EL CANDELABRO	FILETE DE ANCHOAS EN ACEITE DE GIRASOL	VIDRIO	0.03	0.18
M-14	DELTA	FILETE ANCHOAS EN ACEITE	VIDRIO	0.07	0.22
M-15	TONNINO	FILETE DE SARDINAS EN ACEITE DE OLIVA	VIDRIO	0.05	0.26

Fuente CETOX. Perú, Lima. 2017. Niveles de cadmio encontrados en las muestras de conservas de pescado



**Gráfico 8:** Niveles de cadmio y mercurio en muestras de conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio.

Fuente CETOX. Perú, Lima. 2017. Niveles de cadmio y mercurio encontrados en las muestras de conservas de pescado.

**Tabla 3:** comparación de los niveles de Cadmio en conservas de pescado ENLATADOS y envasados en VIDRIO en sus diferentes marcas expendidos en Lima

**LATÓN**

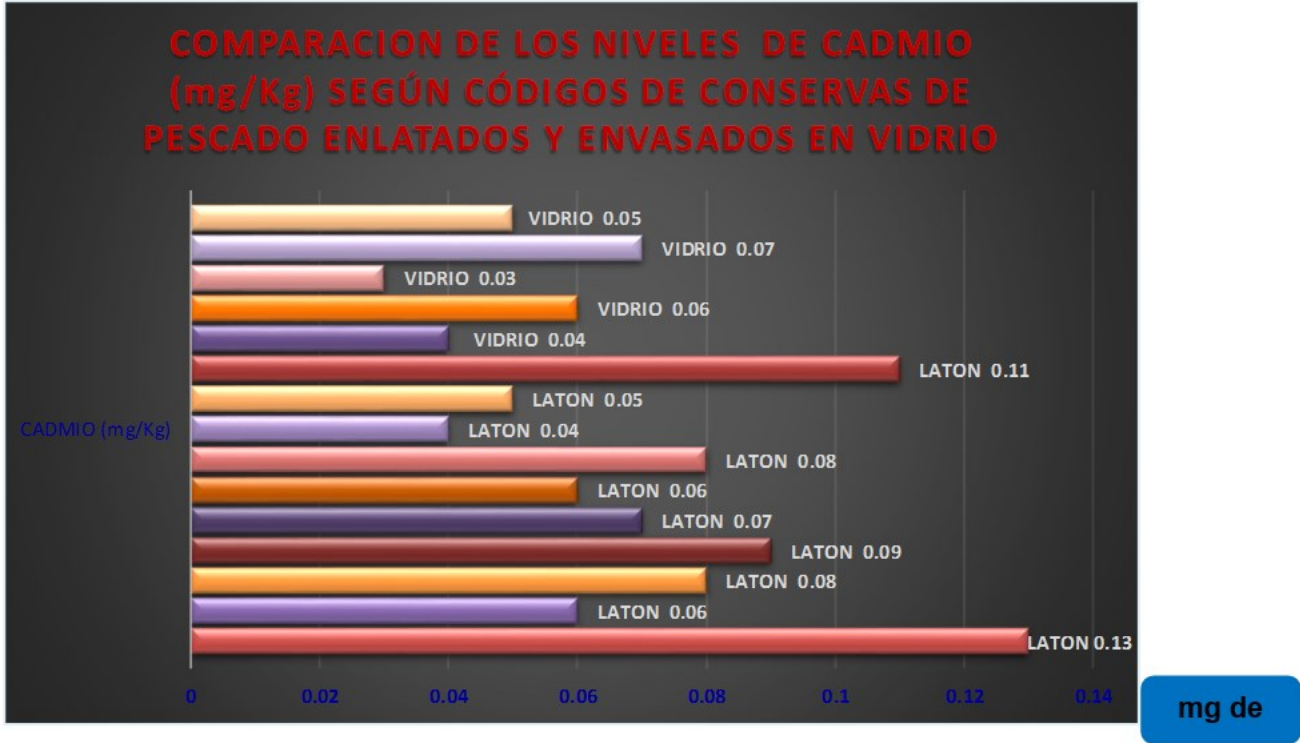
CODIGO	MARCA	ENVASE	CADMIO (mg/Kg)
M-1	MONTEALTO	LATON	0.13
M-2	FLORIDA	LATON	0.06
M-3	A-1	LATON	0.08
M-4	FANNY	LATON	0.09
M-5	INKA MAR	LATON	0.07
M-6	GLORIA	LATON	0.06
M-7	CAMPOMAR	LATON	0.08
M-8	SAMA DEL MAR	LATON	0.04
M-9	A-1	LATON	0.05
M-10	DORAL	LATON	0.11

**VIDRIO**

CODIGO	MARCA	ENVASE	CADMIO (mg/Kg)
M-11	TONNINO	VIDRIO	0.04
M-12	CAMPOMAR	VIDRIO	0.06
M-13	EL CANDELABRO	VIDRIO	0.03
M-14	DELTA	VIDRIO	0.07
M-15	TONNINO	VIDRIO	0.05

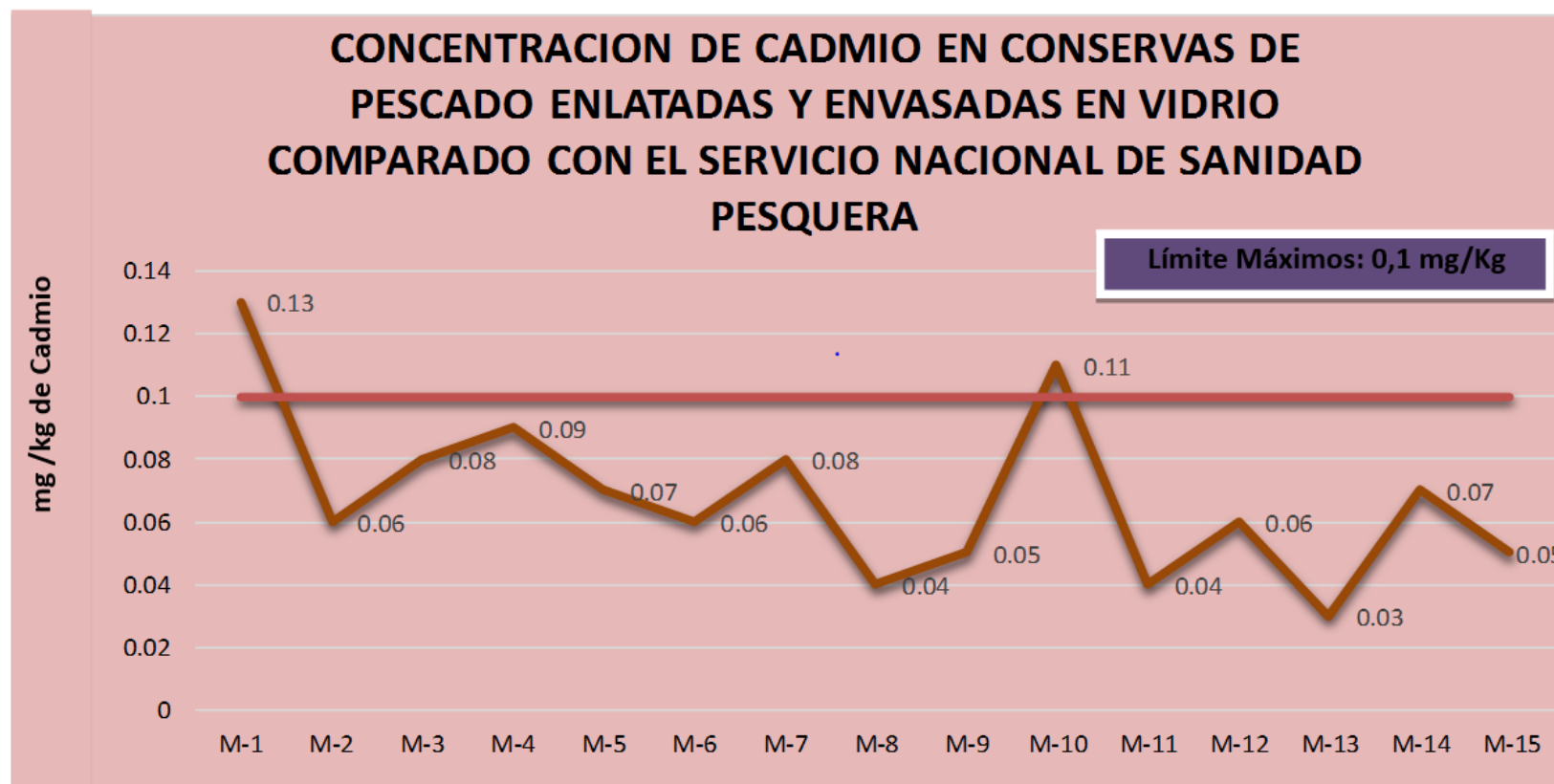
Fuente CETOX. Perú, Lima. 2017. Niveles de cadmio encontrados en las muestras de conservas de pescado





**Gráfico 9:** Niveles de cadmio en muestras de conservas de pescado en lima metropolitana

Fuente CETOX. Perú, Lima. 2017 n: M-01 (0.13 mg/Kg), M-02 (0.06 mg/Kg), M-03 (0.08 mg/Kg), M-04 (0.09 mg/Kg), M-05 (0.07 mg/Kg), M-06 (0.06 mg/Kg), M-07 (0.08 mg/Kg), M-08 (0.04 mg/Kg), M-09 (0.05 mg/Kg), M-10 (0.11 mg/Kg), M-11 (0.04 mg/Kg), M-12 (0.06 mg/Kg), M-13 (0.03 mg/Kg), M-14 (0.07 mg/Kg), M-15 (0.05 mg/Kg)  
 Con un promedio de 0.068 mg/Kg, un valor mínimo de 0.03 mg/Kg y un valor máximo de 0.13 mg/Kg.



**Gráfico 10:** Comparación de los niveles de cadmio muestras de conservas de pescado comparado con el servicio nacional de sanidad pesquera

Fuente CETOX. Perú, Lima. 2017

En dos muestras de conserva de pescado los niveles de cadmio hallados en la investigación superan los parámetros establecidos según el Servicio Nacional de Sanidad pesquera. En 13 muestras de pescado los niveles de cadmio en la investigación no superan los parámetros establecidos según el Servicio Nacional de Sanidad pesquera

**Tabla 4:** Porcentaje de muestras de conserva de pescado en Lima Metropolitana que exceden el valor medio hallado de cadmio en el servicio nacional de sanidad pesquera (0.1mg/Kg)

Concentración de Cd(mg/Kg) en la SANIPES	Muestras	Porcentaje
Superan el límite máximo establecido en la SANIPES	2	13%
No Superan el límite máximo establecido en la SANIPES	13	87%
	15	100%



Fuente CETOX. Perú, Lima. 2017

El 13% representa que los niveles de Cadmio hallados en 2 muestras de conserva de pescado superan el parámetro establecido según el SANIPES y el 87% representa que los niveles de Cadmio hallados en 13 muestras de conserva de pescado no superan el parámetro establecido por SANIPES

**Tabla 5:** comparación de los niveles de Mercurio en conservas de pescado ENLATADOS y envasados en VIDRIO en sus diferentes marcas expendidos en Lima.

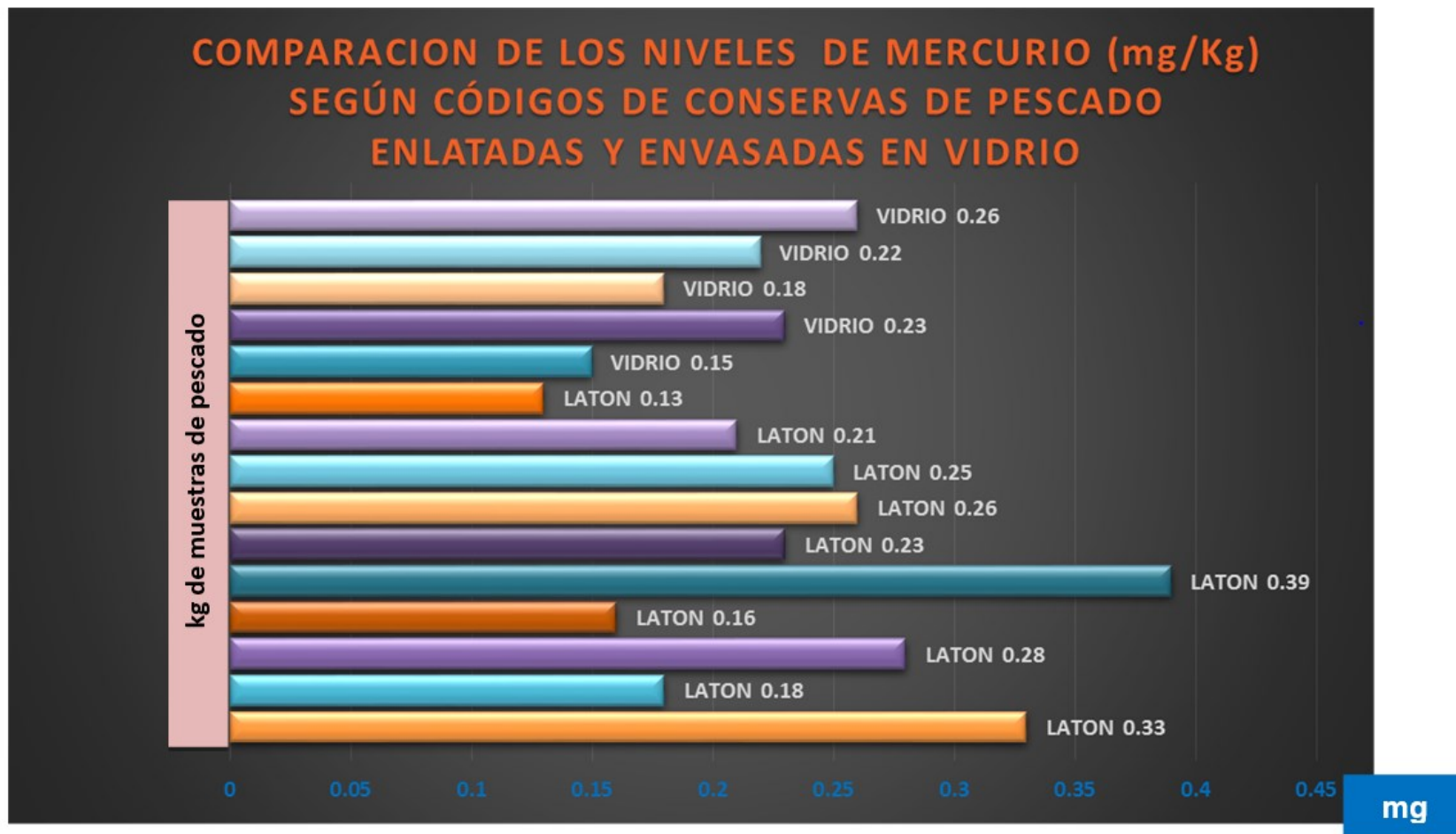
**LATON**

CÓDIGO	MARCA	ENVASE	MERCURIO (mg/Kg)
M-1	MONTEALTO	LATON	0.33
M-2	FLORIDA	LATON	0.18
M-3	A-1	LATON	0.28
M-4	FANNY	LATON	0.16
M-5	INKA MAR	LATON	0.39
M-6	GLORIA	LATON	0.23
M-7	CAMPOMAR	LATON	0.26
M-8	SAMA DEL MAR	LATON	0.25
M-9	A-1	LATON	0.21
M-10	DORAL	LATON	0.13

**VIDRIO**

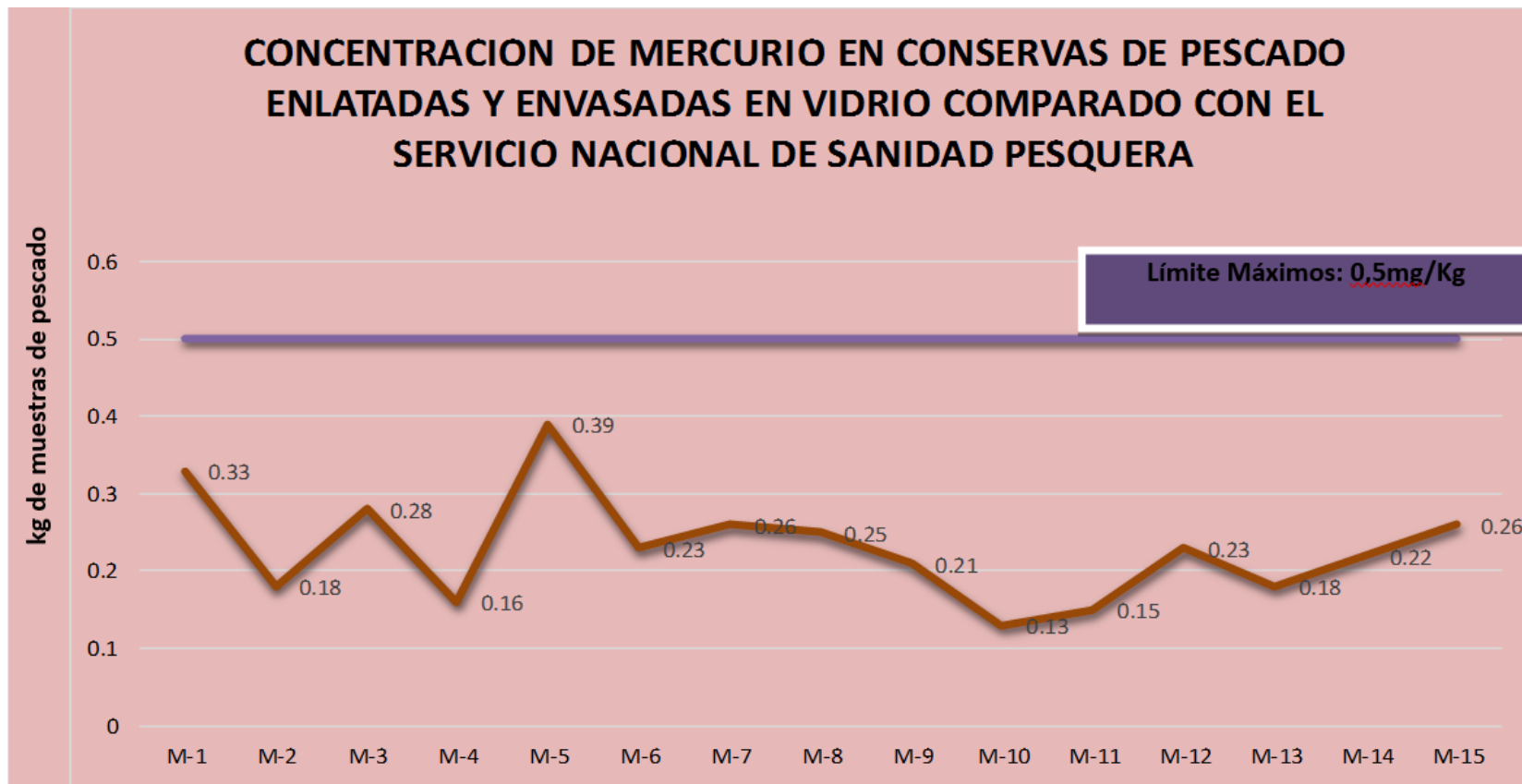
CÓDIGO	MARCA	ENVASE	MERCURIO (mg/Kg)
M-11	TONNINO	VIDRIO	0.15
M-12	CAMPOMAR	VIDRIO	0.23
M-13	EL CANDELABRO	VIDRIO	0.18
M-14	DELTA	VIDRIO	0.22
M-15	TONNINO	VIDRIO	0.26

Fuente CETOX. Perú, Lima. 2017. Niveles de Mercurio encontrados en las muestras de conservas de pescado.



**Gráfico 11:** Niveles de mercurio en muestras de conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio.

**Fuente:** CETOX. Perú. Lima 2017. Los niveles de mercurio encontrados y las muestras de conserva de pescado son: M-01(0.33 mg/Kg), M-02 (0.18 mg/Kg), M-03 (0.28 mg/Kg), M-04 (0.16 mg/Kg), M-05 (0.39 mg/Kg), M-06 (0.23 mg/Kg), M-07 (0.26 mg/Kg), M-08 (0.25 mg/Kg), M-09 (0.21 mg/Kg), M-10 (0.13 mg/Kg), M-11 (0.15 mg/Kg), M-12 (0.23 mg/Kg), M-13 (0.18 mg/Kg), M-14 (0.22 mg/Kg), M-15 (0.26 mg/Kg) Con un promedio de 0.2306 mg/Kg, un valor mínimo de 0.13 mg/Kg y un valor máximo de 0.39 mg/Kg



**Gráfico 12:** Comparación de los niveles de mercurio muestras de conservas de pescado en lima metropolitana comparado con el servicio nacional de sanidad pesquera

**Fuente CETOX. Perú, Lima. 2017**

En las 15 muestras de conservas de pescado, los niveles de mercurio hallados en la investigación no superan los parámetros establecidos de cadmio en el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.

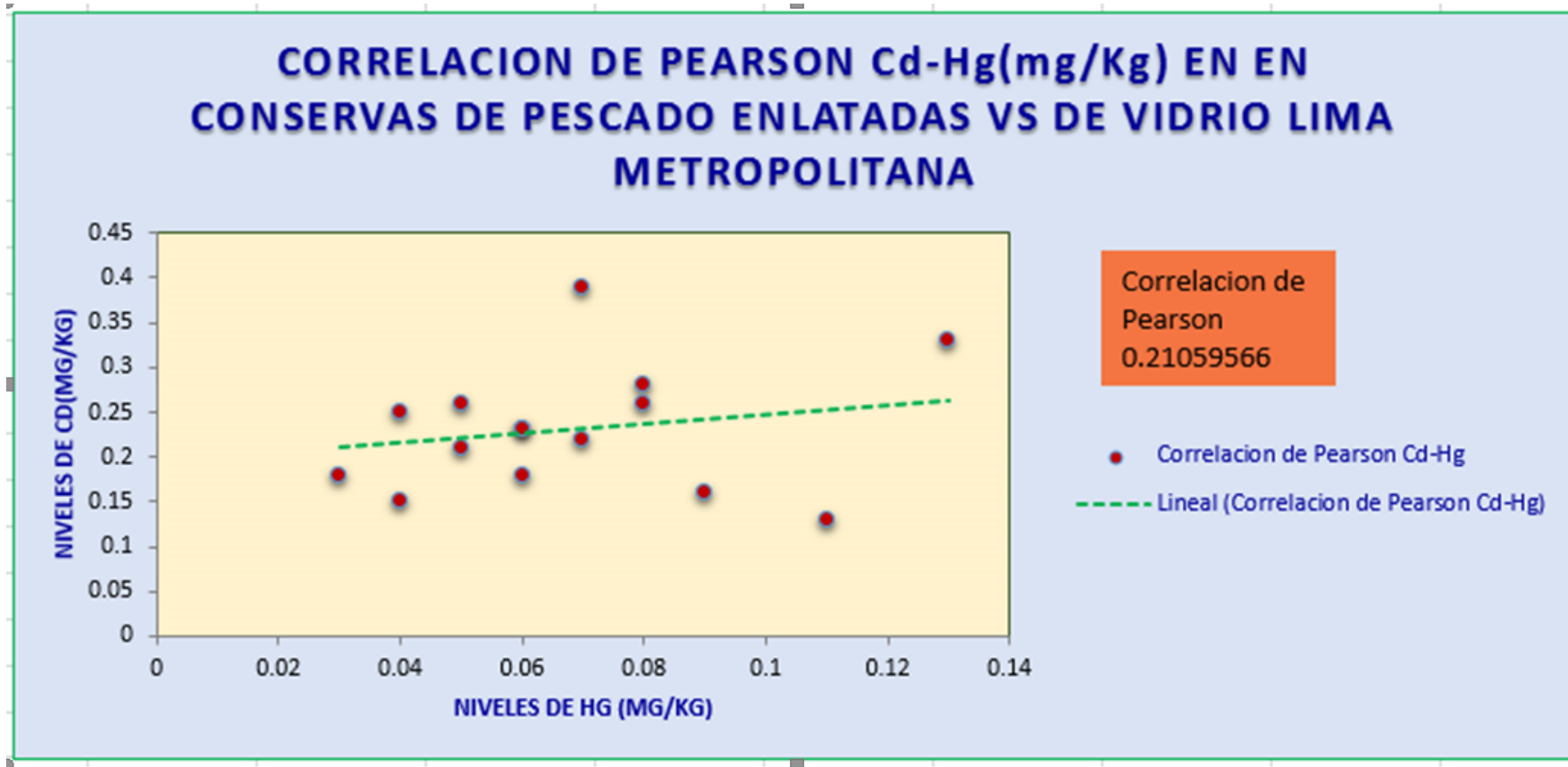
**Tabla 6:** Porcentaje de muestras de conserva de pescado en Lima Metropolitana que exceden el valor medio hallado de mercurio en el servicio nacional de sanidad pesquera (0.01mg/Kg)

Concentración de Hg(mg/Kg) en la SANIPES	Muestras	Porcentaje
Superan el límite máximo establecido en la SANIPES	0	0%
No Superan el límite máximo establecido en la SANIPES	15	100%
	15	100%



**Fuente. CETOX. Perú. Lima. 2017.**

El 100% representa que los niveles de mercurio hallados en 15 muestras de conservas de pescado no superan el parámetro establecido en el SANIPES.



**Gráfico 13:** Coeficiente de correlación Pearson entre los niveles de cadmio- mercurio de las muestras de conservas de pescado en Lima Metropolitana.

**Fuente CETOX. Perú, Lima. 2017**

En la investigación la gráfica de Pearson indica que existe una correlación positiva del nivel de cadmio con los niveles de mercurio hallado en conservas de pescado Lima Metropolitana.

De las muestras en estudio, podemos observar que los niveles de cadmio y de mercurio contenidos en conservas de pescado se encuentran relacionados directamente ( $r = 0.21059566$ ); es decir, la presencia de un elemento afecta la presencia del otro elemento.



## 4.2 Discusiones

- El trabajo de investigación realizado, presenta en su totalidad de las muestras analizadas, niveles de cadmio con valores mínimo de 0.03 mg/Kg y valores máximo de 0.13 mg/Kg y de mercurio con valores mínimo de 0.13 mg/Kg, y valores máximos de 0.39 mg/Kg como se muestra en la Tabla N°2.
- Esta investigación ha utilizado conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio adquiridas en Lima comparándose con parámetros establecidos en el Servicio Nacional De Sanidad Pesquera, permitiendo un control estricto de los metales en la salud del ser humano; los cuales son indicadores de referencia en los resultados hallados.
- Los parámetros establecidos en el Servicio Nacional De Sanidad Pesquera de Cadmio es 0.1mg/Kg, teniendo como promedio de cadmio (0.068 mg/Kg); siendo superior el nivel de cadmio en conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expandidas en Lima.
- En el porcentaje de cadmio hallado en conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expandidas en Lima, el 13% superan el parámetro establecido en el Servicio Nacional De Sanidad Pesquera, mientras el otro 87% no superan el parámetro establecido en el Reglamento, como se muestra en la Tabla N°4.
- Los parámetros establecidos en el Servicio Nacional De Sanidad Pesquera de mercurio es de 0.5mg/Kg, teniendo como promedio de mercurio 0.2306 mg/Kg; siendo inferior el nivel de mercurio en conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expandidas en Lima.
- En el porcentaje de mercurio hallado en conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expandidas en Lima, el 100% no superan el parámetro establecido en Servicio Nacional De Sanidad Pesquera, como se muestra en la Tabla N°6.
- Según el estudio realizado en el 2013 por Quispe López, titulado “determinación cuantitativa de mercurio en conservas de pescado expandidas en el centro comercial Fiori” siendo los resultados obtenidos,

mínimo y máximo de mercurio 0,17 y 0,63 mg/kg para MA-CA y TR-SA, respectivamente, cabe resaltar que estos resultados sobrepasan los límites establecidos por SANIPES. Nuestros resultados demuestran que las muestras analizadas no superan los límites establecidos por SANIPES, las concentraciones de mercurio registradas en el presente estudio son bajas en comparación con el estudio realizado en la Universidad Alas Peruanas.

- Según el estudio realizado en el 2013 por Santiago Israel, titulado “Determinación cuantitativa de cadmio en conservas de caballa” Según sus resultados se determinó que la concentración media obtenida de cadmio fue 0,0816 ug/g con un valor máximo de 0.12 mg/kg y una concentración mínima de 0,009 mg/kg. Sin embargo, en la investigación realizada se obtuvo una concentración media de 0,068 ug/g. Teniendo como valor máximo una concentración de 0,13 mg/kg y una concentración mínima de 0,03 mg/kg. Superando en 2 muestras (Montealto y Doral) los límites establecidos por el SANIPES.

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

1. Las muestras de conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expendidas en Lima, presentan un valor mínimo de 0.03 mg/Kg y un valor máximo de 0.13 mg/Kg de cadmio. Superando el parámetro establecido en el Servicio Nacional De Sanidad Pesquera en 2 muestras enlatadas (Montealto y Doral).
2. Las muestras de conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expendidas en Lima, presentan un valor mínimo de 0.13 mg/Kg y un valor máximo de 0.39 mg/Kg de mercurio no superando el parámetro establecido en el Servicio Nacional De Sanidad Pesquera.
3. Se demostró que existe correlacion entre la concentración de cadmio-mercurio, por lo cual la presencia de un elemento si afecta la presencia del otro elemento en las conservas de pescado.

## 5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda realizar una investigación más amplia en conservas de pescado debido a la infinidad de conservas existentes en nuestro medio; con el fin de explorar a los diferentes tóxicos metálicos a los que nos exponemos y observar su relevancia toxicológica en la salud.
2. Se recomienda analizar en matrices como sangre, orina y cabello los niveles de cadmio y mercurio, presentes en personas que consumen a diario conservas de pescado. Lo cual permitirá evaluar el nivel expuesto a estos metales.
3. Se recomienda trabajar con los organismos pertinentes para realizar una Norma Técnica Peruana, sobre la concentración de metales pesados en conservas de pescado, para así disminuir el riesgo de acumulación de estos metales en la salud del ser humano.

## Referencias Bibliográficas

1. S/A. *Metales Pesados y arsénico*. España. (Fecha de acceso 03 de Julio de 2017) Disponible en:  
[http://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/sanidad\\_alimentaria/eu\\_1247/adjuntos/vigila9508.pdf](http://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/sanidad_alimentaria/eu_1247/adjuntos/vigila9508.pdf)
2. Directo al Paladar. *Metales pesados en el atún y el pez espada*. España. [Fecha de acceso 25 de Marzo de 2017) Disponible en:  
<https://www.directoalpaladar.com/salud/metales-pesados-en-el-atun-y-el-pez-espada-sanidad-desaconseja-su-consumo>
3. Mol, S. *Niveles de metales pesados en el bonito enlatado, sardinas y caballa*. Universidad de Estambul. Turquía. 2011.
4. Seyed V. *Determinación de metales tóxicos (Pb, Cd) y esenciales (Zn, Mn) en carne de pescado de atún producido en Iran*. J Environ Health Sci eng 2015, 13-59.
5. Ganjavi M, Ezzatpanah H, Givianrad MH, Shams A. *Efecto de las etapas de elaboración del atún en conserva sobre el contenido de plomo y cadmio del atún iraní*. Food Chem. 2010.
6. Melo, S. *Determinación cuantitativa de cadmio en conservas de caballa, comercializadas en supermercado Lurín en Mayo- Julio del 2013*. Perú. Universidad Alas Peruanas.
7. Quispe, K. *Determinación Cuantitativa de Mercurio en conservas de pescado, expandidas en el centro comercial Fiori- San Martin de Porres Mayo y Julio 2013*. Perú Universidad Alas Peruanas.
8. Gia, P. *Niveles de Mercurio en cinco variedades de pescados que más se expenden en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar, Cantón Machala* Universidad Técnica de Machala. Ecuador 2015.
9. Cuellar M, Mena D. *Determinación del contenido de mercurio por espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío en atún enlatado comercializado en la ciudad de Santa Ana*. Universidad de el Salvador. 2010. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/2503/1/16101910.pdf>

10. Velasco G, Echavarría A, Pérez L, Villanueva F. *Contenido de mercurio y arsénico en atún y sardinas enlatadas mexicanas*. Centro interdisciplinario de Investigación para el desarrollo integral regional, 17(1)31-35,2001.  
Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/370/37017104.pdf>.
11. Pérez M; Bellón E; Melgar M. *Contenido en metales pesados (Zn, Cd, Pb y Cu) en conservas de mejillón (Mytilus sp.)*. Alimentaria. 2003.
12. Morgano M.A, Rabonato L.C, Milani R.F, Miyagusku L, Quintaes K.. *As, Cd, Cr, Pb and Hg en especies de mariscos utilizados para sashimi y evaluación de la exposición dietética*. Control de alimentos. 2014.
13. Çelik U, Oehlenschläger J. *Alto contenido de cadmio, plomo, zinc y cobre en los productos pesqueros populares vendidos en los supermercados turcos*. Control de alimentos. 2007.
14. Bello M, Cristian G, Herbert E y Xavier E. *Determinación de Mercurio en Enlatados de Atún Comercial de la Ciudad de Manta, Provincia de Manabí Ecuador*. Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2016.
15. Rodríguez M. *Conservas de pescado y sus derivados* [Trabajo de investigación]. Colombia: Universidad del Valle Tecnología en Alimentos; 2007.
16. Pérez de Arce, Oscar. *La importancia del envase metálico en la conservación de alimentos*. Universidad de Santiago de Chile. 2008.
17. M. Hoseini, M. Mafton, N. Karimian, A. Ronaghi y Y. Emam. *Efecto del Zinc y el diámetro en el crecimiento y composición química del arroz Iranian* J Agricul Sci.2005.
18. Charley, Helen. *Tecnología de alimentos: Procesos físicos y químicos en la preparación de alimentos*. México: Limusa: Grupo Noriega Editores, 2001.
19. Olaya García V. *Contaminación por metales pesados en pescados y mariscos*. Ecoavant. España: 2015.
20. Gaona, X. *El mercurio como contaminante global. Desarrollo de metodologías para su determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación en el medio ambiente*. España. Universidad Autónoma de Barcelona, 2004.
21. Swain E, Jakus P, Rice G, Lupi F, Maxson P, Pacyna J, et al. *Consecuencias socioeconómicas del uso del mercurio y la contaminación*. Ambio. USA, 2007.

22. Núñez A, Martínez S, Moreno S, Cárdenas M, García G, Hernández J, Rodríguez A, Castillo I. *Determinación de metales pesados (aluminio, plomo, cadmio y níquel) en rábano (Raphanus sativus L.), brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) y calabacín (Cucurbita pepo L. var. italica)*. Universidad Autónoma de Nuevo León. UANL., 2012. Disponible en: <file:///D:/Users/VIRTUD/Downloads/A004.pdf>
23. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. *Cadmio y sus compuestos*. España; disponible en: <http://www.prtr-es.es/Cd-Cadmio-y-compuestos,15605,11,2007.html>
24. Pérez P, Azcona M. *Los efectos del cadmio en la salud*. Vol. 17. México: Realcy; 2012.
25. Muñoz T. *Todo sobre la papa*. 1ra.ed. Perú: Biblioteca nacional del Perú. Edelnor; 2008.
26. Rubio C. *Ingesta dietética de contaminantes metálicos (Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn y Mn) en la Comunidad Autónoma Canaria. Evaluación toxicológica*. [Tesis de Grado]. España: Universidad de la Laguna; 2009.
27. ATSD. *Perfil toxicológico del cadmio*. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. Agencia de Servicios de Salud Pública para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades. Atlanta, Georgia. 2012. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.html>
28. Krantz A, Dorevitch S. *Exposición al metal y enfermedades crónicas comunes: Una guía para el clínico*. Dis Mon 2004.
29. Luna R; Rodríguez, V. *Determinación de las concentraciones de cadmio y plomo en papa (Solanum tuberosum) cosechada en las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta – Cajamarca*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; Perú, 2016.
30. Ximena, L; Rodríguez, P, Torrejón, C. *Mercurio en pescados y su importancia en la salud*. Rev Med Chile 2014
31. Zenz C. *Medicina del trabajo: principios y aplicaciones prácticas*. 2nd Ed. Chicago: Mosby; 1988.
32. Research Triangle Institute; Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades. *Perfil toxicológico del mercurio*. Atlanta: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos; 1999.

33. Clarkson T, Magos L. *La toxicología del mercurio y sus compuestos químicos*. Rev Toxicológica. 2006.
34. Tostado, E. *Neurotoxicidad de los metales pesados: Plomo, Mercurio y Aluminio*. España, Universidad de Valladolid, 2014.
35. Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente. *Evaluación mundial sobre el mercurio*. PNUMA. Ginebra, Suiza. Diciembre 2002.
36. Augusto V Ramírez. *Intoxicación ocupacional por mercurio* An. Fac. med. v.69 n.1 Lima ene./mar 2008 disponible en:  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832008000100010](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000100010)
37. NRC. Consejo Nacional de Investigación. *Efectos toxicológicos del metilmercurio*. Washington, DC: Prensa de la Academia Nacional. 2000.
38. Español S. *Toxicología del Mercurio*. Actuaciones Preventivas en Sanidad Laboral y Ambiental. España, 2001
39. Ramírez, A. *Intoxicación ocupacional por mercurio* An. Facmed. V.69 N°.1 Lima, 2008.
40. Morand E, Giménez M, Benítez M, Garro O. *Determinación de arsénico en agua por espectrometría de absorción atómica con generación de hidruro (HG-AAS)*. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste; 2009.
41. Gallegos, W. *Espectroscopia de absorción atómica*. Perú; 2009. Disponible en:  
<http://absorcion-atmica.blogspot.com/2009/07/componentes-de-un-espectrometro-de.html>
42. Gallarta, F. *Generación de Hidruros*. Universidad de La Rioja. España. 1992.
43. S/A. *Espectroscopia de absorción atómica*. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. México; 2009
44. Departamento de Medicina Legal. *Absorción atómica: generación de hidruros*. Perú; 2009.
45. Pinzón, C. *Determinación de los niveles de plomo y cadmio en leche procesada en la ciudad de Bogotá D.C.* Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.; 2015.
46. Wittwer, Paulina. *Efecto de la cocción sobre la concentración de mercurio (hg) y selenio (se) en productos pesqueros*. Universidad Austral de Valdivia-Chile 2012.



47. González, S. *Determinación cuantitativa de plomo, cadmio y mercurio en huevos de gallina de venta en mercados populares del cono norte de Lima*. Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015. Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/4439>
48. Skoog D; Holler F.; Nieman T. *Principios de Análisis Instrumental*. Quinta Edición. McGrawHill España. 2001.
49. Vandecasteele, C.; Block, C. *Métodos modernos para la determinación del elemento del rastro*. Inglaterra. Wiley & Sons, 2004.
50. Rocha C.; *Principios Básicos de Espectroscopía*; México. Editorial UACH, 2000.
51. FAO/OMS. *Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos*. Codex Stan 193-1995. Modificado en 2015; Disponible en: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/livestockgov/documents/CXS\\_193s.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf)
52. Diario Oficial de la Unión Europea. Reglamento (CE) No 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 *por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios*. Disponible en: <http://www.boe.es/doue/2006/364/L00005-00024.pdf>.
53. Pacus, F. *Determinación de metales pesados en mariscos comercializados en el Puerto de Huacho*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión-Huacho. Perú, 2015.
54. Naupari, N; Quispe, S; Velásquez, V. *Elaboración de conservas de caballa (*Scomber 031 japonicus peruanus*) en salsa de quinua (*Chenopodium quinoa willd*)*. Universidad Nacional del Callao. 2016. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1774>

## ANEXOS

### ANEXO 1: certificado de resultados centro toxicológico S.A.C. CETOX



**CENTRO TOXICOLÓGICO S.A.C. - CETOX**  
 SENASA - Ministerio de Agricultura - SENAPE - Dirección General de Agroquímicos /  
 Dirección de Control de Insumos Agrícolas. LR N° 00146  
 MINSA - Ministerio de Salud. Resolución N° 106-15-DESP-D/SA-II-LS/MINSA

Jr. Pisac 192 – Oficina 102 – Urb. Residencial Higuereza – Santiago de Surco  
 Telefax: (511) 273-2318      www.cetox.com.pe      servicios@cetox.com.pe

**INFORME DE ENSAYO**

**TIT - 17 - 0143**

1. Solicitante : Srta. Rosa Barzola Común  
 2. Análisis solicitado : Cuantificación de cadmio y mercurio  
 3. Muestra : Conservas de pescado (muestras proporcionadas por el solicitante)  
 4. Fecha de Recepción : 07/03/2017  
 5. Fecha de Emisión : 17/03/2017

**RESULTADOS**

N°	CODIGO	MARCA	VARIEDAD	ENVASE	CADMIO (mg/Kg)	MERCURIO (mg/Kg)
1	M-1	Montealto	Grated de atún en aceite vegetal	Latón	0,13	0,33
2	M-2	Florida	Grated de caballa en aceite vegetal	Latón	0,06	0,18
3	M-3	A-1	Filete de atún en aceite vegetal	Latón	0,08	0,28
4	M-4	Fanny	Trozos de atún en aceite vegetal	Latón	0,09	0,16
5	M-5	Inca mar	Lomitos de caballa en aceite vegetal	Latón	0,07	0,39
6	M-6	Gloria	Grated de sardina peruana en agua y sal	Latón	0,06	0,23
7	M-7	Campomar	Trozos de caballa en aceite vegetal	Latón	0,08	0,26
8	M-8	Sama del mar	Filete de caballa en aceite vegetal	Latón	0,04	0,25
9	M-9	A-1	Trozos de caballa en aceite vegetal	Latón	0,05	0,21
10	M-10	Doral	Grated de atún en aceite vegetal	Latón	0,11	0,13
11	M-11	Tonnino	Filete de atún en aceite de oliva	Vidrio	0,04	0,15
12	M-12	Campomar	Filete de atún artesanal en aceite vegetal	Vidrio	0,06	0,23
13	M-13	El candelabro	Filete de anchoas en aceite de girasol	Vidrio	0,03	0,18
14	M-14	Delta	Filete de anchoas en aceite	Vidrio	0,07	0,22
15	M-15	Tonnino	Filete de sardinas en aceite de oliva	Vidrio	0,05	0,26

**MÉTODO:**  
 Para Cadmio: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de grafito.  
 Para Mercurio: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generador de Hidruros



Dra. Rosalla Anaya Pajuelo  
Gerente Técnico

Prohibida su reproducción total o parcial. Si se requiere copias solicitárlas por escrito al ente emisor

1/1

**ANEXO 2: muestras de conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio.**



**ANEXO: 3 Codex Alimentarius. Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos.**

3.3	<b>Mercurio</b>	
3.3.1	Productos de la pesca <sup>(26)</sup> y carne de pescado <sup>(24)</sup> <sup>(25)</sup> , excluidas las especies enumeradas en el punto 3.3.2. El contenido máximo se aplica a los crustáceos, excluida la carne oscura del cangrejo, así como la cabeza y el tórax de la langosta y de crustáceos similares de gran tamaño ( <i>Nephropidae</i> y <i>Palinuridae</i> )	0,50
3.3.2	Carne de los siguientes pescados <sup>(24)</sup> <sup>(25)</sup> : rape ( <i>Lophius species</i> ) perro del norte ( <i>Anarhichas lupus</i> ) bonito ( <i>Sarda sarda</i> ) anguila ( <i>Anguilla species</i> ) reloj ( <i>Hoplostethus species</i> ) granadero ( <i>Coryphaenoides rupestris</i> ) fletán ( <i>Hippoglossus hippoglossus</i> ) marlin ( <i>Makaira species</i> ) gall ( <i>Lepidorhombus species</i> ) salmonete ( <i>Mullus species</i> ) lucio ( <i>Esox lucius</i> ) tasarte ( <i>Orcynopsis unicolor</i> ) mollera ( <i>Tricopterus minutus</i> ) pailona ( <i>Centroscyminus coelolepis</i> ) raya ( <i>Raja species</i> ) gallineta nórdica ( <i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i> ) pez vela ( <i>Istiophorus platypterus</i> ) espadilla ( <i>Lepidopus caudatus</i> , <i>Aphanopus carbo</i> ) besugo o aligote ( <i>Pagellus species</i> ) tiburón (todas las especies) sierra ( <i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i> ) esturión ( <i>Acipenser species</i> ) pez espada ( <i>Xiphias gladius</i> ) atún ( <i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> )	1,0
3.4	<b>Estaño (inorgánico)</b>	
3.4.1	Alimentos enlatados diferentes de las bebidas	200
3.4.2	Bebidas enlatadas, incluidos los zumos de frutas y los zumos de verduras	100



ANEXO: 4 Codex Alimentarius. Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos.

3.2	<b>Cadmio</b>	
3.2.1	Carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral <sup>(6)</sup>	0,050
3.2.2	Carne de caballo, excluidos los despojos <sup>(6)</sup>	0,20
3.2.3	Hígado de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos <sup>(6)</sup>	0,50
3.2.4	Riñones de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos <sup>(6)</sup>	1,0
3.2.5	Carne de pescado <sup>(24)</sup> <sup>(25)</sup> , excluidas las especies enumeradas en los puntos 3.2.6 y 3.2.7	0,050
3.2.6	Carne de los siguientes pescados <sup>(24)</sup> <sup>(25)</sup> : anchoa ( <i>Engraulis species</i> ) bonito ( <i>Sarda sarda</i> ) mojarra ( <i>Diplodus vulgaris</i> ) anguila ( <i>Anguilla anguilla</i> ) lisa ( <i>Mugil labrosus labrosus</i> ) jurel ( <i>Trachurus species</i> ) luvaro ( <i>Luvarus imperialis</i> ) sardina ( <i>Sardina pilchardus</i> ) sardina ( <i>Sardinops species</i> ) atún ( <i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsinwonus pelamis</i> ) acedía o lenguadillo ( <i>Dicologlossa cuneata</i> )	0,10
3.2.7	Carne de pez espada ( <i>Xiphias gladius</i> ) <sup>(24)</sup> <sup>(25)</sup>	0,30
3.2.8	Crustáceos, excluida la carne oscura del cangrejo, así como la cabeza y el tórax de la langosta y de crustáceos similares de gran tamaño ( <i>Nephropidae</i> y <i>Palinuridae</i> ) <sup>(26)</sup>	0,50
3.2.9	Moluscos bivalvos <sup>(26)</sup>	1,0

**ANEXO: 5 Codex Alimentarius. Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos.**

CODEX STAN 193-1995 62

**METILMERCURIO**

Referencia al JECFA: 22 (1978), 33 (1988), 53 (1999), 61 (2003), 67 (2006)

Orientación toxicológica: ISTP 0,0016 mg/kg pc (2003, confirmado en 2006)

Definición del contaminante: Metilmercurio

Código de prácticas correspondiente: Código de prácticas sobre medidas aplicables en el origen para reducir la contaminación de los alimentos con sustancias químicas (CAC/RCP 49-2001)

Nombre del producto básico/producto	Nivel de referencia (NR) (mg/kg)	Parte del producto básico/producto a que se aplica el nivel máximo (NM)	Notas/observaciones
Pescado	0,5	Todo el producto (en general después de la extracción del tracto digestivo).	El NR no se aplica a los peces predadores Los niveles de referencia son para el metilmercurio en pescado fresco o elaborado y productos pesqueros destinados al comercio internacional
Peces predadores	1	Todo el producto (en general después de la extracción del tracto digestivo).	Peces predadores como el tiburón, el pez espada, el atún, el lucio y otros. Los niveles de referencia son para el metilmercurio en pescado fresco o elaborado y productos pesqueros destinados al comercio internacional

Se deberá considerar que los lotes cumplen los niveles de referencia si el nivel de metilmercurio en la muestra de análisis, tomada de la muestra a granel compuesta, no supera los niveles mencionados. Cuando estos niveles de referencia se superan, los gobiernos deben decidir si y en qué circunstancias los alimentos deben distribuirse en su territorio o jurisdicción y qué recomendaciones, si las hubiera, se deben dar por lo que se refiere a las restricciones sobre el consumo, especialmente de los grupos vulnerables como las mujeres gestantes.

## ANEXO 6: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS/ INSTRUMENTO	METODOLOGÍA
<p>¿En qué medida varía la concentración de Cadmio y Mercurio en las conservas de pescado enlatadas y conservas de pescado envasado en vidrio?</p> <p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <p>¿Cuáles serán las concentraciones de Cadmio en las muestras de conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expandidas en Lima?</p> <p>¿Cuáles serán las concentraciones de Mercurio en las conservas de pescado enlatadas y envasadas en vidrio expandidas en Lima?</p> <p>¿Cuál será la correlación entre la concentración de cadmio y la concentración de mercurio en las conservas de pescado expandidas en Lima?</p>	<p>Comparar la concentración de Cadmio y Mercurio en las conservas de pescado enlatadas y conservas de pescado envasadas en vidrio comercializadas en Lima.</p> <p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <p>- Comparar el contenido de Cadmio en las conservas de pescado comercializadas en Lima, con los indicadores establecidos por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.</p> <p>- Comparar el contenido de Mercurio en las conservas de pescado comercializadas en Lima, con los indicadores establecidos por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.</p> <p>- Establecer la correlación en cuanto a la presencia y contenido de Cadmio y Mercurio, en las conservas de pescado enlatadas y las conservas de pescado envasadas en vidrio expandidas en Lima.</p>	<p>Las conservas de pescado comercializadas en Lima presentan niveles de Cadmio y Mercurio que superan los límites máximos permitidos por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.</p> <p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <p>-Existe altas concentraciones de Cadmio en conservas de pescado enlatado y envasado en vidrio expandidas el Lima.</p> <p>-Existe altas concentraciones de Mercurio en conservas de pescado enlatado y envasado en vidrio expandidas el Lima.</p> <p>-Existe correlación de los niveles de Cadmio y Mercurio, entre las conservas de pescado enlatadas y las conservas de pescado envasadas en vidrio expandidas en Lima.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Conservas de pescado enlatado.</p> <p>Conservas de pescado envasadas en botella de vidrio.</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Concentración cuantitativa de Cadmio y Mercurio</p>	<p>-Sólido y Trozos en aceite vegetal.</p> <p>-Sólido y Trozos en agua.</p> <p>-Grated en aceite vegetal.</p> <p>-Anchoveta en aceite vegetal.</p> <p>-Grated de Jurel en agua y sal.</p> <p>-Trozos en aceite vegetal</p> <p>Comparación de cadmio y mercurio entre las conservas de pescado con el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera</p>	<p><b>Técnicas:</b></p> <p>-Espectroscopia de Absorción Atómica</p> <p>-Espectroscopia de absorción atómica de horno de grafito</p> <p><b>Instrumento:</b></p> <p>_Espectrofotómetro de absorción atómica con sistema de doble Haz</p> <p>- modelo ANALYST 600 PERKIN ELMER</p> <p>_Campana extractora</p> <p>_Balanza eléctrica</p>	<p><b>DISEÑO:</b> No experimental</p> <p><b>TIPO:</b> Descriptivo Correlacional</p> <p><b>NIVEL:</b> <b>Inductivo transversal</b> Cuantitativo - Comparativo</p> <p><b>Población:</b> <b>Infinita. Todas las muestra</b> de conservas de pescado expandidas en sus distintas marcas comercializadas en Lima metropolitana</p> <p><b>Muestra:</b> <b>10</b> Muestras de Conservas de pescado enlatadas. <b>5</b> conservas de pescado envasadas en vidrio.</p> <p><b>Procesamiento de datos:</b> _Manejo de datos _Interpretación de datos _Verificación de resultados</p> <p>Los datos serán presentados en tablas y gráficos estadísticos</p>