

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



DETERMINACION DEL CONTENIDO DE MERCURIO POR
ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA DE VAPOR FRIO EN
ATUN ENLATADO COMERCIALIZADO EN LA CIUDAD DE SANTA ANA

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

EDWIN ARMANDO CUELLAR MEJIA

KARLA GRISELL MENA DURAN

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA

MARZO DE 2010

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ

SECRETARIO GENERAL

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIA

MSc. MORENA LIZETTE MARTINEZ DE DIAZ

COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION

COORDINADORA GENERAL

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

ASESORA DE AREA DE ANALISIS DE ALIMENTOS: FISICOQUIMICO

Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano

**ASESORA DE AREA DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS
NATURALES**

MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez

DOCENTE DIRECTORA

Licda. María Luisa Ortíz de López

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestras mentes y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A nuestras familias por el apoyo, colaboración y cariño desinteresado ya que son la fuente de nuestra inspiración para salir adelante.

A nuestra docente directora Licda. María Luisa Ortiz de López y a nuestras asesoras de área, por su orientación, observaciones y disposición para completar nuestra investigación.

A la Licda Mirian de Amaya jefa de laboratorio de Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria CENTA, por el espacio en sus laboratorios para el desarrollo de la parte practica, al Ing. Juan Milton Flores, docente de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, por facilitarnos sus conocimientos y equipo necesario para desarrollar nuestra investigación y a los laboratorios de la Fundación Salvadoreña para la Investigación del Café PROCAFE, por su oportuna colaboración, al permitirnos culminar la parte practica en sus instalaciones.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de graduación y la finalización de mi carrera profesional a DIOS quien me ha permitido la vida, la salud y la capacidad para culminar esta etapa.

Gracias a mis padres, Elsa Luz Mejia y Armando Cuellar a quienes amo y me han brindado su amor y apoyo a lo largo de toda mi vida lo que me ha permitido cumplir con esta meta tan importante.

A mis hermanas Gisela, Jenny y Evelyn quienes con su cariño y palabras de aliento han sido determinantes en este largo camino.

A mis cuatro sobrinos, Kevin, Daniel, Camila y Jimena quienes han sido inspiración para salir adelante en mi vida, gracias a mi cuñado Miguel por su apoyo y a todas las personas que de alguna u otra forma me dieron fuerzas para seguir adelante.

Edwin Cuellar

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la capacidad y fortaleza de culminar mi trabajo de graduación y carrera profesional.

A mi madre María Carmen Durán, por su apoyo incondicional durante todo el proceso de este proyecto y durante toda mi vida.

A todas las personas, amigos, docentes e instituciones que contribuyeron al desarrollo de esta investigación y durante todo el proceso de mis estudios.

Karla Mena

INDICE

	Pág.
Resumen	
Capitulo I	
1.0 Introducción	xviii
Capitulo II	
2.0 Objetivos	
2.1 Objetivo General	
2.2 Objetivos Específicos	
Capitulo III	
3.0 Marco Teórico	23
3.1 Generalidades del atún	23
3.1.1 Tipos de presentación	24
3.1.2 Valor nutrimental	24
3.2 Proceso de enlatado del atún	24
3.3 Disposiciones especiales de etiquetado	26
3.4 Normas de seguridad e higiene de los alimentos	26
3.5 Metales pesados	27
3.6 Generalidades del mercurio	28
3.6.1 Características químicas de interés biológico	29
3.6.2 Fuentes de contaminación	30
3.6.3 Ciclo natural del mercurio	32
3.6.4 Ciclo antropogénico del mercurio	32
3.6.5 Ciclo de biotransformación	33
3.7 Toxicología del mercurio	34
3.7.1 Intoxicaciones agudas	34
3.7.2 Intoxicaciones crónicas	35
3.8 Tratamiento	36
3.8.1 Intoxicaciones por vapores de mercurio	36
3.8.2 Intoxicaciones por ingestión de mercuriales inorgánicos	36

3.8.2.1 Tratamiento evacuante	36
3.8.2.2 Tratamiento antidotito	36
3.8.2.3 Tratamiento sintomático	36
3.8.3 Intoxicaciones por mercuriales orgánicos	37
3.9 Espectrofotometría de Absorción Atómica	37
3.9.1 Componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica	38
3.9.2 Fundamento	39
3.9.3 Espectrofotometría de Absorción Atómica de Vapor Frío	40
3.10 Determinación Potenciométrica del valor de pH	41
Capitulo IV	
4.0 Diseño metodológico	44
4.1 Tipo de estudio	44
4.1.1 Experimental	44
4.1.2 Retrospectivo	44
4.2 Investigación bibliográfica	44
4.3 Investigación de campo	44
4.4 Investigación experimental	45
4.4.1 Tratamiento de la muestra	45
4.4.2 Determinación potenciométrica del valor de pH	46
4.4.2.1 Preparación de la solución de prueba	46
4.4.2.2 Calibración del potenciómetro	46
4.4.2.3 Calibración con soluciones buffer	47
4.4.2.4 Determinación de pH	47
4.4.3 Preparación de estándares de mercurio	48
Capitulo V	
5.0 Resultados y Discusión de resultados	52
5.1 Resultado de selección de marcas de atún enlatado	52
5.2 Resultado del contenido de mercurio en atún enlatado en agua	52
5.3 Resultados de lecturas de pH de muestras de atún enlatado en agua	56
5.4 Resultado de análisis de varianza	57

5.4.1 Cálculos de Análisis de Varianza	58
Capitulo VI	
6.0 Conclusiones	64
Capitulo VII	
7.0 Recomendaciones	67
Bibliografía	
Glosario	
Anexos	

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

1. Diagrama típico del enlatado de atún
2. Esquema de un equipo para la determinación de mercurio por Absorción Atómica de Vapor Frío
3. Esquema de Espectrofotómetro de Absorción Atómica de llama
4. Contenido máximo permitido de mercurio según Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08
5. Características químicas de control de calidad en pescado según Norma Técnica Ecuatoriana 0180:2009
6. Listado de material, equipo y reactivos utilizados en el análisis
7. Listado de marcas de atún en agua enlatado distribuidos en supermercado
8. Marcas de atún enlatado de mayor demanda, su procedencia y lote
9. Resultado de análisis del contenido de mercurio en atún en agua enlatado
10. Lecturas de pH de muestras de atún en agua enlatado
11. Secuencia fotográfica del tratamiento de la muestra
12. Cálculos de Conversión de partes por billón a partes por millón

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	Pág.
1. Esquema de tratamiento de muestra	50
2. Grafica de comparación del contenido promedio de mercurio en atún en agua enlatado entre cada muestra	56
3. Grafica de comparación del contenido promedio de mercurio en atún en agua enlatado con Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08	56
4. Grafico de razón F, ubicación del valor P para las medias del contenido de mercurio entre las muestras	62
5. Diagrama típico del enlatado del atún	
6. Esquema de un equipo para la determinación de mercurio por Absorción Atómica de Vapor Frío	
7. Esquema de Espectrofotómetro de Absorción Atómica de Llama	
8. Muestra escurrida y homogenizada	
9. Pesada de Muestras	
10. Proceso de digestión de Muestras	
11. Muestra cuando se torna oscura	
12. Muestra cuando se torna clara después de la adición de H ₂ O ₂ al 30 %	

INDICE DE TABLAS

TABLA Nº	Pág.
1. Condiciones del espectrofotómetro de absorción atómica de vapor frío	48
2. Resultados del contenido de mercurio de muestra de atún enlatado en agua identificada como SD	52
3. Resultados del contenido de mercurio de muestra de atún enlatado en agua identificada como PA	53
4. Resultados del contenido de mercurio de muestra de atún enlatado en agua identificada como CV	53
5. Resultados del contenido de mercurio de muestra de atún enlatado en agua identificada como BH	54
6. Resultados del contenido de mercurio de muestra de atún enlatado en agua identificada como VD	55
7. Promedio del contenido de mercurio por muestras de atún en agua enlatado	55
8. Lecturas promedio de pH para las muestras de atún en agua enlatado	56
9. Análisis de varianza para el contenido de mercurio por muestras de atún enlatado	57
10. Resultados del contenido de mercurio en atún en agua enlatado	58
11. Totales y Promedios obtenidos de los resultados de cada muestra de atún en agua enlatado	59
12. Análisis de varianza para el diseño completamente aleatorio	60
13. Contenido máximo permitido de mercurio según Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08	

14. Características químicas de control de calidad en pescado según Norma Técnica Ecuatoriana 0180:2009
15. Marcas de atún enlatado de mayor demanda, su procedencia y lote
16. Lectura de pH de muestras de atún en agua enlatado
17. Contenido de mercurio en ppb y ppm de muestras de atún en agua enlatado

ABREVIATURAS

ppm: partes por millón

mg / Kg: miligramo por cada kilogramo

ppb: partes por billón

nm: nanómetro

°C: grados celsius

µg / Kg: microgramos por cada kilogramo

mL: mililitros

g: gramos

s: segundos

g.l: grados de libertad

mV: milivoltio

BAL: Dimercaptopropanol

SC: Suma de Cuadrados

CM: Cuadrados Medios

Torr: milímetro de mercurio

RESUMEN

Debido a la poca información de estudios realizados en el país acerca de la calidad de los alimentos de origen marino especialmente del atún enlatado, se planteó como objetivo principal determinar el contenido de mercurio por espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío en atún enlatado comercializado en la ciudad de Santa Ana.

Se establecieron cinco diferentes marcas de atún en agua enlatado para ser sometidas al análisis, tomando tres latas de atún por cada una de las marcas seleccionadas

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.

Se recomienda realizar una investigación mas completa que abarque, otros metales pesados como otras presentaciones de atún enlatado, así como también otros alimentos de origen marino.

**CAPITULO I
INTRODUCCION**

1.0 INTRODUCCION

Entre los alimentos, el pescado esta considerado como una de las principales causas de ingesta de mercurio, debido a que la mayor fuente natural de este metal es la desgasificación de la corteza terrestre, las emisiones de los volcanes y la evaporación desde los cuerpos de agua, además de la contaminación causada por las industrias y los consultorios odontológicos.

Dentro de los productos derivados de la pesca de amplio consumo se encuentra el atún enlatado, por lo que se considera necesario conocer si éste no representa ningún tipo de riesgo para la salud de las personas que lo consumen, con el objetivo de comprobar el cumplimiento según las norma salvadoreña establecida en cuanto a su contenido.

Para comparar el nivel de mercurio contenido en el atún en agua enlatado se tomó en cuenta una zona específica del país, siendo esta la ciudad de Santa Ana, con el objeto de comprobar si los productos que se comercializan en esta ciudad cumplen o no con dicha norma; este estudio se realizó durante los meses de Abril a Agosto del año 2009, donde se establecieron cinco diferentes marcas de atún en agua enlatado como muestra, tomando tres latas por cada una de las marcas seleccionadas, las cuales fueron sometidas a un previo tratamiento en las instalaciones del laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y en el laboratorio de Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria CENTA, cuantificando posteriormente el contenido de mercurio utilizando el método de

espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío a una longitud de onda de 253.7 nm en el laboratorio de La Fundación Salvadoreña para la Investigación del Café PROCAFE. Los resultados obtenidos fueron comparados con la Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08 y sometidos a un estudio de análisis de varianza unifactorial.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar el contenido de mercurio por Espectrofotometría de Absorción Atómica de Vapor Frío en atún enlatado comercializado en la ciudad de Santa Ana.

2.2 Objetivos Específicos

2.2.1 Seleccionar las marcas de atún enlatado de mayor demanda a través de un estudio de preferencia de las marcas comercializadas en la ciudad de Santa Ana.

2.2.2 Cuantificar la cantidad de mercurio utilizando el método de espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío.

2.2.3 Comparar en base a los resultados de mercurio obtenidos en las muestras, si estos cumplen o no con los límites establecidos por la norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08.

2.2.4 Aplicar análisis de varianza unifactorial a los resultados obtenidos del contenido de mercurio

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1 Generalidades del Atún

El Atún es un pez muy abundante en el Océano Pacífico, éste es capturado por barcos pesqueros, provistos de equipos de frío para congelarlo y mantenerlo, evitando su deterioro hasta llegar a la planta de procesamiento en tierra firme. Las especies más importantes de atún son: Yellowfin (aleta amarilla), Big eye (patudo) y Skipjack (barrilete) ⁽²¹⁾.

Se entenderán por atún en conserva en agua o aceite (CODEX STAN 70-1981) los productos constituidos por la carne de cualquiera de las especies que se indicarán más adelante, envasadas con agua o aceite y condimentos en recipientes herméticamente cerrados y sometidos a tratamiento térmico para evitar su alteración. Especies de atún ⁽⁴⁾:

Thunnus alalunga

Thunnus obesus

Thunnus atlanticus

Thunnus thynnus orientalis

Thunnus thynnus maccoyii

Thunnus tongoll

Euthynnus affinis

Euthynnus alletteratus

Euthynnus lineatus

Euthynnus pelamis

Sarda chiliensis

(sin. De *Katsuwonus pelamis*)

Sarda sarda

Sarda orinetalis

Thunnus albacares

Sarda velox

3.1.1 Tipos de Presentación

Los tipos de presentación incluyen el precocido y el no precocido. Las formas de la masa del producto comprenden la compacta, en trozo o en trozos, en fibra o fibras, raspado o desmenuzado.

Los medios de cobertura comprenden aceite de oliva, otros aceites vegetales, agua potable, también podrán contener sal, proteína hidrolizada, especias, esencias, esencias de especias o extractos de especias, condimentos vegetales, aromatizantes naturales y vinagre ⁽⁴⁾.

Para la forma compacta, la proporción de fibras sueltas desprendidas durante el enlatado no deberá exceder el 18 por ciento del peso de la carne ⁽⁴⁾.

3.1.2 Valor nutrimental

El atún es un alimento rico en proteínas; contiene pocas grasas y es fuente importante de vitaminas, entre las que destacan las A, D y las del grupo B y de minerales como Yodo, Fósforo, Hierro, Magnesio y Potasio, entre otros. ⁽²⁰⁾

3.2 Proceso de Enlatado del Atún

El atún a ser procesado es revisado por un inspector de control de calidad para su evaluación, luego es clasificado de acuerdo a su peso en kilogramos, se colocan en contenedores y se almacenan en cava frigoríficas a temperaturas entre -16 y -20 °C.

De acuerdo a las necesidades de producción, se descongelan a temperatura ambiente en un lapso de tiempo entre 15 a 17 horas antes de ser sometidos a corte que le permita alcanzar una temperatura final entre -10 a 0 °C. Se efectúa

el corte/eviscerado cuando el tejido muscular aun es firme con el fin de evitar perdida de producto aprovechable. El corte depende del tamaño del atún y de la dimensión de la pieza que se desea obtener. Luego se limpia retirando cuidadosamente las vísceras, posteriormente se lavan los trozos provenientes del corte con abundante agua a temperatura ambiente para eliminar residuos de sangre, vísceras y otras partes no aprovechables. Una vez lavado, son transportados a los hornos de cocción, efectuándose en autoclaves horizontales, a una temperatura de 102 °C con una tolerancia entre (± 2 °C), en un tiempo de 3 horas aproximadamente, lo cual depende del tamaño del atún, luego se transportan a la sala de limpieza, ésta se inicia retirando la piel, espinas, grasa y demás residuos en una forma manual. Los lomos quedan listos para ser empacados ya sea en filetes (cortes de forma longitudinal al cuerpo del pescado) u otra forma de acuerdo a lo establecido para sus diferentes presentaciones. La piel, espinas y grasa se utilizan para producir harina de pescado, materia prima para la producción de alimentos para animales. Ya el atún limpio es empacado en envases sanitarios. A éste se le adiciona una dosis de salmuera y luego el líquido de cobertura (agua o aceite), controlándose el espacio libre de cabeza. El envase es cerrado herméticamente y se lavan con agua a presión a una temperatura de 50 a 70 °C. A continuación el producto es sometido a esterilización por acción del vapor directo a una temperatura de 118°C por un tiempo que depende del producto y presentación, luego es sometido al proceso de embalaje que se inicia con la recepción del mismo, se

verifican las condiciones óptimas para el proceso y para distribuirlo. El producto es sometido a chorros de agua caliente para eliminar restos de aceites y/o producto, una vez secado por escurrimiento, se colocan las etiquetas características de su formato, se codifica en la parte inferior de la lata para luego ser embalado en cartón o en plástico y es dispuesto sobre paletas para ser transportado al almacén. ⁽²¹⁾

3.3 Disposiciones especiales de etiquetado

El nombre del producto será “atún” o “bonito” y/o “bonito-atún”, calificado o no, de acuerdo con la ley y costumbre del país en que se venda el producto. El calificativo “blanco” se empleará únicamente para la especie *Thunnus alalunga* y el calificativo “oscuro” y “mezclado” se usarán únicamente de acuerdo con las normas que rijan en el país en que se comercialice el producto. En la etiqueta se indicaran la forma de la masa y el medio de cobertura, en cuanto a la forma de presentación “no precocido” se indicara en la etiqueta como “envasado sin cocción previa” o “envasado directamente de pescado sin elaborar”. ⁽⁴⁾

3.4 Normas de seguridad e Higiene de los Alimentos

La higiene y seguridad de los alimentos es de importancia primordial para la recogida, preparación, elaboración y almacenamiento de los alimentos en general. En el caso de los productos pesqueros en lata y conservados, la higiene y buenas prácticas de fabricación son especialmente importantes pues los productos son de bajo contenido de ácido y, por lo tanto, pueden

contaminarse con microorganismos patogénicos muy tóxicos si no se elaboran y manipulan debidamente. ⁽⁴⁾

3.5 Metales pesados

Tienen incidencia directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios. Los más importantes son: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn) ⁽²²⁾.

El desarrollo tecnológico, el consumo masivo e indiscriminado y la producción de desechos principalmente urbanos, ha provocado la presencia de muchos metales en cantidades importantes en el ambiente, provocando numerosos efectos sobre la salud y el equilibrio de los ecosistemas. Se incorporan con los alimentos o como partículas que se respiran y se van acumulando en el organismo, hasta llegar a límites de toxicidad. Si la incorporación es lenta se producen intoxicaciones crónicas, que dañan los tejidos u órganos en los que se acumulan. ⁽²²⁾

Los organismos acuáticos concentran las trazas de los metales pesados en sus cuerpos; tanto así que las concentraciones de sus tejidos exceden las encontradas en el agua misma. Al ser precipitados son tomados por adsorción y absorción por los organismos acuáticos. Las concentraciones de las trazas de metales en los cuerpos son reguladas y no cambian apreciablemente a menos que la concentración del agua también cambie. Sin embargo, si las concentraciones del ambiente exceden la habilidad biológica de regular la

concentración del tejido, podrá presentar efectos tóxicos en los organismos expuestos ⁽¹²⁾.

La concentración de las trazas de metales en los cuerpos de los organismos acuáticos depende de: su tamaño, localidad, estación del año, los órganos y tejidos del cuerpo. La mayoría de estos elementos se acumulan en los músculos de los peces siendo un peligro para los seres humanos ya que es la parte comestible del pez. ⁽¹²⁾

3.6 Generalidades del Mercurio

El mercurio es el único metal líquido a temperatura ambiente. Su abundancia relativa en la corteza terrestre es de 0,08 partes por millón (ppm). Se combina con otros metales formando aleaciones (amalgamas) y debido a esta propiedad, fue extensamente usado durante épocas pasadas en la minería del oro y aún en la actualidad, en explotaciones de tipo artesanal ⁽²²⁾.

Este uso del mercurio, cuando no es controlado debidamente, es el mayor responsable de la contaminación de aguas y sedimentos en ríos y lagos, atmósfera, suelos, vegetación y peces. En forma directa o indirecta también afecta a los seres humanos, provocándoles una enfermedad, aguda o crónica, que a veces alcanza niveles de envenenamiento, denominada mercurialismo.

Cuando se desea detectar la presencia de este elemento, se deben realizar muestreos sistemáticos que abarquen todos los sistemas posiblemente contaminados, ya que algunos de ellos, cuando las concentraciones no son elevadas, no resultan medios de muestreo efectivos. Se ha demostrado que

este tipo de contaminación causa un impacto grande y duradero en el ambiente y que luego de producida, aún cuando se controlen las fuentes de emisión, no siempre es posible restablecer el ecosistema original. (22)

3.6.1 Características Químicas de Interés Biológico

El mercurio se presenta en las cadenas tróficas en dos grupos de especies químicas, inorgánicas y orgánicas, con características toxicológicas diferentes. Las especies inorgánicas, dentro de las cadenas tróficas, están constituidas por el propio Mercurio metal, el óxido de mercurio HgO y dos especies iónicas, el catión mercúrico Hg^{2+} y el mercurioso Hg^+ ; mientras que las especies orgánicas son habitualmente tres: el dimetil mercurio $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$, el metil mercurio CH_3Hg^+ y el fenil mercurio $\text{C}_6\text{H}_5\text{Hg}^+$. (16)

La especie de Hg^{2+} , muy ácida y soluble en agua, está presente en las aguas de bebida. Una vez absorbido, por su característica de ácido blando, ya que esta es una especie química de gran tamaño con pequeña carga y alta polarizabilidad, forma complejos con ligandos biológicos, preferentemente con átomos dadores de azufre, siendo el aminoácido preferido, la cisteína, con el cual forma un complejo estable para su metabolización. El catión mercurioso Hg_2^{2+} (Hg^+-Hg^+), se oxida con facilidad a mercúrico, Hg^{2+} , y no es fácil que entre dentro de las cadenas tróficas, aunque sí está presente en algunos procesos industriales. Por su parte, tanto el Mercurio metal, como el Oxido de Mercurio, en forma de partículas, se encuentran en la atmósfera, y son fuentes continuas de contaminación. (16)

De las especies orgánicas, la que más interés tiene es el metil mercurio $(\text{CH}_3)\text{Hg}^+$, que es acumulado por los animales marinos, y por tanto incorporado a las cadenas tróficas con facilidad. El descubrimiento de esta especie en los peces dio lugar al esclarecimiento del ciclo biológico del mercurio. También son interesantes las propias sales del metil mercurio $(\text{CH}_3)\text{Hg X}(\text{Cl}, \text{Fosfatos})$ y el fenil mercurio y sus sales $\text{C}_6\text{H}_5\text{Hg X}(\text{Cl}, \text{acetato})$, usados en el tratamiento de semillas. Estas especies orgánicas son liposolubles y fácilmente absorbibles, acumulándose en glóbulos rojos y producen alteraciones importantes en el sistema nervioso central. ⁽¹⁶⁾

3.6.2 Fuentes de Contaminación

Las fuentes de contaminación pueden ser naturales o antropogénicas, como es habitual en estos metales tóxicos. ⁽¹⁶⁾⁽¹⁹⁾

La mayor fuente natural de mercurio es la desgasificación de la corteza terrestre, las emisiones de los volcanes y la evaporación desde los cuerpos de agua. No obstante, gran parte del mercurio encontrado en la atmósfera y en los ecosistemas hídricos, el cual puede ser transportado a las zonas urbanas por efecto de la deposición atmosférica, proviene de actividades antropogénicas, lo cual hace difícil valorar en forma cuantitativa la contribución relativa del mercurio de origen natural y antropogénico que son depositados en la biosfera.

Las fuentes antropogénicas son varias, entre ellas la utilización del mercurio como fungicida, herbicida y conservante de semillas en agricultura; las papeleras, la industria electroquímica, su uso en pinturas y pilas, la industria de

los catalizadores, la combustión de carbones, los vertidos industriales y las alcantarillas son las más importantes. ⁽¹⁶⁾⁽¹⁹⁾

A pesar de la amplia utilidad del mercurio, este elemento y todos sus compuestos son tóxicos, volátiles, persistentes en el medio ambiente y rápidamente dispersados en la atmósfera, en particular las especies de halogenuros de metil mercurio, que corresponden a las formas más tóxicas existentes del metal. ^{(16) (19)}

El metil mercurio en los ecosistemas es originado principalmente a partir de la metilación del mercurio inorgánico. En general, todas las formas de mercurio que entran en los sistemas acuáticos son susceptibles de convertirse en metilmercurio. ⁽¹⁹⁾

Este puede ser directamente bioacumulado por organismos acuáticos y biomagnificado a través de la cadena alimenticia. La bioacumulación es el proceso mediante el cual una sustancia química es acumulada en una especie determinada en función de la concentración del químico presente en el medio. Por su parte, la biomagnificación involucra el incremento en la concentración del químico de organismo a organismo a medida que la especie aparece en niveles ascendentes de la cadena alimenticia. Bajo este contexto, las especies carnívoras son colocadas en un nivel trófico superior con respecto a las especies no carnívoras. ⁽¹⁹⁾

El consumo de peces contaminados con metilmercurio es la principal fuente de exposición a este metal y es considerado como una amenaza para la salud

humana.⁽¹⁹⁾

Una vez que el metilmercurio es liberado por los microorganismos, entra en contacto con la biota acuática a través de una rápida difusión, donde es fuertemente unido a sus proteínas. El metilmercurio es bioacumulado y biomagnificado por las especies de la cadena alimenticia. De esta forma, las especies depredadoras contienen niveles de mercurio mucho más altos que las especies no depredadoras. ⁽¹⁹⁾

3.6.3 Ciclo Natural del Mercurio

Es un ciclo atmosférico, la principal incorporación del mercurio a la atmósfera es debida al vulcanismo y al proceso de desgasificación del mercurio metal por sublimación. A partir de la atmósfera, se inhala directamente, o se incorpora a las cadenas tróficas mediante el ciclo del agua. ⁽¹⁶⁾

3.6.4 Ciclo Antropogénico del Mercurio

La incorporación del mercurio a las cadenas tróficas, por esta vía, es más variada que la anterior. El mercurio puede entrar en un ciclo atmosférico por los vertidos industriales atmosféricos o por la combustión de carbones, desde donde se introduce en las cadenas tróficas por el ciclo del agua, o ya sea por inhalación directa.

También entra directamente en el ciclo del agua mediante el vertido de residuos a las aguas de los ríos y mares, a través de vertidos industriales o domésticos (alcantarillado). Por último, debido al uso agrícola del mercurio, está presente

como contaminante del suelo, desde donde se incorpora a las cadenas tróficas.⁽¹⁶⁾

3.6.5 Ciclo de Biotransformación

El mercurio es biotransformado, en especial en el agua de los ríos por microorganismos, e incorporado a las cadenas tróficas como metil mercurio, muy tóxico. En la atmósfera, la especie predominante es la de Hg^{2+} , formada a partir de otras especies de mercurio, como el dimetil mercurio, el Oxido de Mercurio HgO o el propio Mercurio metal, en diferentes procesos químicos; mientras que en el agua, como se ha mencionado, se biotransforma a metil mercurio. ⁽¹⁶⁾

El ciclo acuático de biotransformación merece un tratamiento más amplio. La especie predominante es la de Hg^{2+} , muy soluble, y puede ser bioacumulado directamente por los peces, o seguir un proceso de biotransformación, realizado por microorganismos acuáticos, dando lugar a dos especies orgánicas, el dimetil mercurio volátil, que se recicla a la atmósfera y el metilmercurio, que se bioacumula en los peces, y por tanto es incorporado a las cadenas tróficas. A su vez, el metil mercurio formado puede transformarse en Hg^+ , el cual se oxida a Hg^{2+} , siguiendo su ciclo de biotransformación, o en Hg metal, que se deposita en forma de sedimentos. ⁽¹⁶⁾

Se pueden establecer las siguientes pautas de comportamiento del mercurio en las aguas:

- Todas las formas de Hg se transforman en Hg^{2+} en el agua por reacción con O_2 . Además existe Hg^{2+} de su propia incorporación por el ciclo del agua. Las especies oxidadas de mercurio se reducen a Hg^0 por la acción de bacterias pseudomonas en un proceso anaeróbico y se sedimenta. ⁽¹⁶⁾
- El Hg^{2+} se metila en aguas continentales o litorales, bien por metilación aeróbica en numerosos microorganismos y bacterias, producida por metilación del complejo homocisteína-Hg en los procesos celulares que normalmente producen metionina, o por metilación anaerobia de bacterias metanogénicas o por derivados de metilcobalamina. ⁽¹⁶⁾

3.7 Toxicología del Mercurio

La toxicología del mercurio es diferente, según su especie química, y si la intoxicación es aguda o crónica. ⁽¹⁶⁾

3.7.1 Intoxicaciones agudas

El Hg metal presenta un cuadro clínico de debilidad, escalofríos, sabor metálico, náuseas, vómitos, diarrea, tos y opresión torácica (sensación de aumento de presión en el tórax acompañada de disnea). Basta una exposición breve al vapor de Hg para producir los síntomas en pocas horas.

El Hg^{2+} precipita proteínas de las mucosas y da un aspecto ceniciento a la boca, faringe e intestino, con dolor intenso y vómitos por el efecto corrosivo sobre la mucosa del estómago, que produce shock y muerte. La recuperación se produce sólo con un tratamiento rápido.

Los derivados orgánicos no suelen producir intoxicaciones agudas, y cuando éstas tienen lugar son irreversibles y producen la muerte del individuo. ⁽¹⁶⁾

3.7.2 Intoxicaciones crónicas

El Hg metal produce efectos neurológicos y el llamado síndrome vegetativo asténico, cuyos efectos son: bocio, taquicardia, pulso lábil, gingivitis, irritabilidad, temblores, pérdida de memoria y salivación intensa. Estos efectos son reversibles. ⁽¹⁶⁾

El Hg^{2+} presenta un cuadro clínico de fuerte sabor metálico, estomatitis, gingivitis, aflojamiento de dientes, aliento fétido, así como una toxicidad renal grave por necrosis tubular renal. Típica de los efectos tóxicos de este catión y de los calomelanos es la llamada enfermedad rosa o acrodinia, que es una reacción de hipersensibilidad con eritema en extremidades tórax y cara, fotofobia, taquicardia y diarrea. Estos cuadros clínicos presentan una buena recuperación. ⁽¹⁶⁾

Los derivados orgánicos producen una reducción del campo visual irreversible, dificultad auditiva, asimismo irreversible, ataxia, parálisis y muerte. Los efectos dependen de la dosis, produciéndose los dos primeros a bajas concentraciones y los últimos a altas concentraciones del tóxico. Además son teratógenos y afectan al feto, con retardo mental y deficiencias neuromusculares. ⁽¹⁶⁾

3.8 Tratamiento

3.8.1 Intoxicaciones por vapores de mercurio

En la intoxicación por vapores del metal no se puede instaurar un tratamiento evacuante, la actuación terapéutica deberá limitarse a un tratamiento sintomático con corticoides, oxigenoterapia y antídotos adecuados. (5)

3.8.2 Intoxicaciones por ingestión de mercuriales inorgánicos

3.8.2.1 Tratamiento evacuante

Solo es posible si la terapéutica se inicia precozmente, es aconsejable el empleo del lavado gástrico, a ser posible realizado por neutralizantes (albúmina que forma albuminados insolubles; sustancias azufradas, etc.) (5)

3.8.2.2 Tratamiento antidotico

El antídoto de elección en estas intoxicaciones es el BAL o Dimercaptopropanol, que actúa por el mismo mecanismo de las intoxicaciones arsenicales. (5)

Dosis terapéutica: administrar 4 mg/Kg de peso, por vía intramuscular, inyectando una dosis cada 4 o 6 horas, durante 5 días.

Después se pasa a otro quelante con la N-acetil-D-penicilamina, a razón de 250 mg/dosis, cuatro veces al día. (5)

3.8.2.3 Tratamiento sintomático

Los profundos trastornos locales y generales inducidos por el mercurio exigen la adopción de medidas sintomáticas, que pueden ser muy variadas según los

casos. En el curso de la intoxicación se pueden presentar tres tipos de complicaciones graves:

1. La insuficiencia renal, que puede requerir la instauración de una hemoperfusión
2. Trastornos hidroelectrolíticos secundarios vómitos y diarreas: acidosis e hipocloremia
3. Shock ⁽⁵⁾

3.8.3 Intoxicaciones por mercuriales orgánicos

En las intoxicaciones por organomercuriales no debe emplearse el BAL(Dimercaptopropanol). Se recomienda administrar N-acetil-D-penicilamina. Las lesiones del sistema nervioso central son irreversibles y solo se puede instaurar un tratamiento sintomático. ⁽⁵⁾

3.9 Espectrofotometría de Absorción Atómica

La Espectrofotometría de Absorción Atómica se basa en la absorción de radiación electromagnética por las partículas atómicas. Para ello, es necesario atomizar la muestra, es decir, convertir las moléculas constituyentes de la muestra en partículas gaseosas elementales. El espectro de absorción de un elemento atomizado está constituido por una cantidad limitada de líneas discretas a longitudes de onda características para cada elemento.

En la espectroscopia atómica, las muestras se vaporizan a temperaturas muy altas y la concentración de los átomos del elemento de interés se determina midiendo la absorción a sus longitudes de onda características. ^{(12) (13) (14)}

3.9.1 Componentes de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica

- **Lámpara:** es una fuente de radiación que emite una línea específica correspondiente al elemento en estudio para efectuar una transición en los átomos del elemento analizado.
- **Nebulizador:** por aspiración de la muestra líquida, forma pequeñas gotas para una atomización más eficiente.
- **Quemador:** a través de la temperatura que alcanza en la combustión y por la reacción de combustión misma, se favorece la formación de átomos a partir de los componentes en solución.
- **Sistema óptico (Monocromador):** se encarga de separar la radiación de longitud de onda de interés, de todas las demás radiaciones que entran a dicho sistema.
- **Detector o transductor:** transforma, en relación proporcional, las señales de intensidad de radiación electromagnética, en señales eléctricas o de intensidad de corriente.
- **Amplificador o Sistema Electrónico:** se encarga de amplificar la señal eléctrica producida, para que en el siguiente paso pueda ser procesada con circuitos y sistemas electrónicos comunes.

Sistema de lectura: la señal de intensidad de corriente es convertida a una señal que el operario pueda interpretar (ejemplo: absorbancia). (12) (14)

El espectrofotómetro de absorción atómica de llama, es a la fecha la técnica más ampliamente utilizada para determinar elementos metálicos y metaloides. Esta técnica tienen grandes convenientes y es de costo relativamente bajo, pudiéndose aplicar tal técnica a una gran variedad de muestras.

Acoplado un instrumento de absorción atómica a un horno de grafito o a un generador de hidruros se alcanzan límites de detección hasta de ppb, lo cual lo hace indispensable en áreas como estudios de contaminación ambiental, análisis de alimentos, análisis de aguas potables y residuales, diagnóstico clínico, entre otros. (14) (19)

3.9.2 Fundamento

La muestra a analizar debe ser previamente tratada para asegurar que todos los iones a determinar se encuentren libres en solución, en el caso de muestras acuosas este no es el problema pero en el caso de alimentos u otras matrices sólidas debe realizarse un tratamiento previo de mineralización.

La solución a analizar se hace pasar, por medio de aspiración en forma de niebla gracias al sistema de nebulizador. Los iones y átomos son excitados por la energía recibida en la llama y al ser atravesados por el haz de luz proveniente de la lámpara absorben parte de la energía necesaria para volver a su estado electrónico fundamental. Un monocromador compuesto por una red de difracción selecciona la longitud de onda específica del elemento.

La diferencia entre la cantidad de energía proveniente de la lámpara que llega al detector inicialmente y mientras la muestra lo atraviesa es una medida cuantificable al alcanzar el amplificador y registrador del equipo.

La señal se traduce en unidades de concentración del analito mediante una lectura previa de una curva de calibración del analito deseado e interpolando los valores obtenidos. (12) (14)

3.9.3 Espectrofotometría de Absorción Atómica de Vapor Frío

Uno de los métodos más útiles para la determinación de mercurio está basado en la absorción atómica de la radiación del vapor del mercurio metálico a 254 nm. En la figura N° 3 se muestra un dispositivo empleado en su determinación por la técnica de vapor frío. El método está basado en la baja solubilidad del mercurio en la mezcla de reacción y en su alta presión de vapor (2×10^{-3} torr a 25°C). El límite de detección del método es menor de 0.001 ppm (1 µg/Kg) y se utiliza para detectar mercurio en alimentos y muestras ambientales. El método tiene la ventaja de ser sensible, sencillo y opera a temperatura ambiente.

La muestra a analizar se digiere en una mezcla de ácido nítrico y sulfúrico. Este tratamiento convierte al mercurio en sales de mercurio (II). El mercurio de estas sales se reduce a su estado metálico por medio de un agente reductor como el Cloruro de Estaño. Una vez finalizado el proceso de reducción, se bombea aire a través de la disolución para llevar el vapor resultante que contiene mercurio, a través de un tubo de secado, al interior de la celda de observación. El vapor de agua es atrapado en el desecador de modo que a la celda solo llega mercurio y

aire. El monocromador del espectrómetro de absorción atómica se ajusta a 253.7 nm. La absorbancia obtenida es directamente proporcional a la concentración de mercurio en la celda, la cual es a su vez proporcional a la concentración de mercurio en la muestra original. La cuantificación se realiza comparando los resultados con muestras patrón de concentración de mercurio conocida. (12)(14)

3.10 Determinación Potenciométrica del Valor de pH

La escala de pH es una serie de números que expresan el grado de acidez (o alcalinidad) de una solución, en comparación con la cantidad total de ácido o base de algún material previamente determinado, por medio de una titulación acidimétrica (o alcalimétrica).

Esta prueba se basa en la determinación de la actividad de iones hidrógeno, empleando un instrumento potenciométrico, con sensibilidad para producir valores de pH de 0.05 unidades usando un electrodo indicador al ión hidrógeno como electrodo de vidrio y un electrodo de referencia apropiado, tal como el de calomel o el de cloruro de plata-plata. El equipo debe de detectar el potencial en Mv y en unidades de pH a través del par de electrodos.

El pH se define convencionalmente como el logaritmo negativo de la concentración del ión hidrógeno:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Para las mediciones de pH, se utiliza ampliamente el electrodo de vidrio, porque da una respuesta inmediata a los cambios rápidos de las concentraciones de

iones hidrógeno aún en soluciones poco reguladas. Como el mecanismo de este electrodo no implica un cambio de electrones, resulta ser el único electrodo sensible a los iones hidrógeno, al cual no perturban los agentes de oxidación o reducción. Los valores de pH, de las soluciones o suspensiones que son solo parcialmente acuosas y que pueden considerarse solamente como “Valores aparentes de pH” pueden medirse con un electrodo adecuado y normalizado adecuadamente al medidor de pH.

El electrodo de vidrio es una herramienta muy versátil para la medida de pH en diversas condiciones. El electrodo se puede utilizar sin interferencias en disoluciones que contienen oxidantes fuertes, reductores, gases y proteínas (en presencia de proteínas se utiliza un electrodo de referencia de calomelanos en vez de un electrodo de plata / cloruro de plata, debido a que los iones plata reaccionan con las proteínas); se puede determinar el pH de fluidos viscosos e incluso semisólidos.

Como los valores de pH dependen de la temperatura, las mediciones se deben efectuar a determinadas temperaturas constantes. Las soluciones empleadas para determinar el pH se deben preparar con agua exenta de dióxido de carbono. (11)

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de estudio: Experimental, retrospectivo.

4.1.1 Experimental: Se llevó a cabo el tratamiento de muestras en los laboratorios de la facultad de Ciencias Agronómicas y del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria CENTA y su lectura en el laboratorio de PROCAFE comparando los resultados con parámetros establecidos.

4.1.2 Retrospectivo: Este estudio se basa en investigaciones anteriores de este metal pesado.

4.2 Investigación bibliográfica:

- Biblioteca “Benjamín Orozco” de la Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador.
- Unidad Bibliotecaria del Área de Ingeniería y Arquitectura Universidad de El Salvador.
- Biblioteca de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer, USAM.

4.3 Investigación de campo:

- **Universo:** El universo para la investigación está constituido por todas las marcas de atún en agua enlatado, comercializadas en un supermercado específico en la ciudad de Santa Ana.
- **Muestra:** En base a una investigación realizada en el supermercado para verificar la demanda de cada una de las marcas de atún se estableció la

muestra de la investigación como las cinco marcas de atún de mayor demanda en dicho supermercado. El muestreo fue dirigido y se realizó tomando tres latas de atún en agua, del mismo lote por cada una de las cinco marcas seleccionadas.(ver anexo N° 8)

4.4 Investigación experimental

4.4.1 Tratamiento de la muestra

- Limpiar la lata de atún, luego abrir y transferir su contenido en un beaker de 600 mL.
- Homogenizar bien utilizando un agitador de vidrio, luego colocar el contenido sobre una malla para escurrir hasta eliminar el líquido por completo.
- Posteriormente pesar 5.0 gramos de la muestra, y colocar en balón de digestión, adicionar 5.0 mL de HNO_3 concentrado y luego 5.0 mL H_2SO_4 concentrado para inicie la reacción.
- Al disminuir la reacción, calentar en el aparato digestor a una temperatura de 60 °C por 30 minutos.
- Remover el balón del calor y dejar enfriar, luego adicionar 10.0 mL de HNO_3 concentrado y retornar el balón al aparato digestor con una temperatura de 120°C.
- Incrementar la temperatura a 150 °C por 6 horas aproximadamente y remover el balón cuando la muestra se torne oscura.

- Dejar enfriar y adicionar 1.0 mL de H₂O₂ al 30%, produciendo una reacción fuerte. Continuar la adición de H₂O₂ al 30% hasta que la solución se torne clara.
- Transferir el contenido del balón a un balón volumétrico de 50.0 mL y llevar a volumen con agua desionizada.
- Posteriormente cuantificar el contenido de mercurio utilizando el espectrofotómetro de absorción atómica de vapor frío. ⁽⁹⁾

4.4.2 Determinación Potenciométrica del Valor de pH

4.4.2.1 Preparación de la solución de prueba:

Pesar 2.50 g de muestra húmeda en un beaker de 50.0 mL, y adicionar 25 mL de agua libre de CO₂, homogenizar la solución y dejar reposar por 15 minutos, luego filtrar. ⁽¹¹⁾

4.4.2.2 Calibración del Potenciómetro

Calibración Automática de Temperatura

- Colocar el electrodo en buffer pH 7.0, presionar MODE – TEMP, aparece Log R.
- Con la tecla ↑↓ colocar ON, presionar YES, luego presionar CAL, aparece 2P – 7. Presionar YES.
- Aparece CAL 1, esperar Ready y medir la temperatura ambiente con un termómetro. Con la tecla ↑↓ colocar la temperatura medida, presionar YES. Aparece CAL 2.

- Colocar el electrodo en buffer pH 4.01, el cual debe estar a una temperatura al menos 5°C menos que el buffer pH 7.0; colocar un termómetro en el buffer pH 4.01 y medir su temperatura.
- Cuando aparece Ready, bajar la temperatura con la tecla $\uparrow\downarrow$ hasta la temperatura leída con el termómetro. Presionar YES.
- Aparece C. Con este paso se finaliza la calibración de temperatura. ⁽¹¹⁾

4.4.2.3 Calibración con Soluciones Buffer

- Colocar el electrodo en buffer pH 7.0. Estabilizar a la temperatura ambiente medida inicialmente.
- Presionar MODE – CAL, aparece SLP – 100, 7 – 4. Presionar YES. El equipo pide pH 7.0. Aparece Ready, presionar YES.
- El equipo pide buffer pH 4.01, introducir el electrodo en buffer pH 4.01 y al aparecer Ready, presionar YES. Aparece dato SLP.
- El equipo está calibrado. ⁽¹¹⁾

4.4.2.4 Determinación de pH

Se realizaron las lecturas de pH del filtrado de las muestras a 20°C, introduciendo el electrodo de KCl en el filtrado de la solución de atún en agua enlatado al 10% p/v. Se tomó el dato de lectura directa de pH. ⁽¹¹⁾

4.4.3 Preparación de Estándares de Mercurio

Para la preparación de los estándares se utilizó una solución de 1000.0 ppm de Mercurio, de la cual se tomaron las alícuotas de 3.0 mL y 6.0 mL para los estándares de 30.0 ppm Hg y 60.0 ppm Hg respectivamente y posteriormente se llevaron a un volumen de 100.0 mL ⁽¹⁰⁾

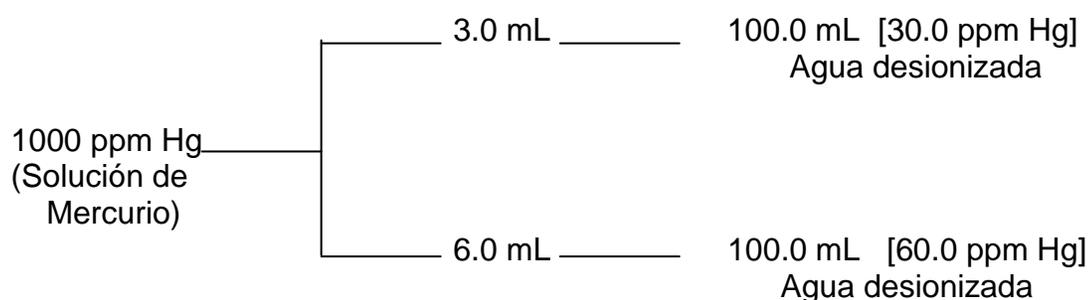


Tabla Nº 1 CONDICIONES DE ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA DE VAPOR FRIO ⁽¹⁰⁾

ESPECIFICACIONES	MERCURIO (Hg)
Técnica	Absorción Atómica por Vapor Frío
Tiempo de Integración (s)	20
Procesamiento de Datos	Altura máxima de suavización 0.5 sec. ó 19 puntos
Lámpara	Cátodo Hueco de Mercurio(HCL ó EDL)
Slit (nm)	0.7 (bajo ó Alto)
Longitud de Onda (nm)	253.7
Gas de Arrastre	Argón

Especificaciones

Se utilizó un Espectrofotómetro de Absorción Atómica modelo 3300 Perkin Elmer y un Generador de Hidruros Perkin Elmer FIAS 100.

Para la calibración del equipo se utilizaron estándares de las siguientes concentraciones, 30.0 µg/L y 60.0 µg/L, preparados a partir de una solución de 1000 ppm de Mercurio. ⁽¹⁰⁾

Para el proceso de digestión de las muestras se utilizó un digestor marca LABCONCO. Y para la toma de pH un pH-metro Corning pH meter 245

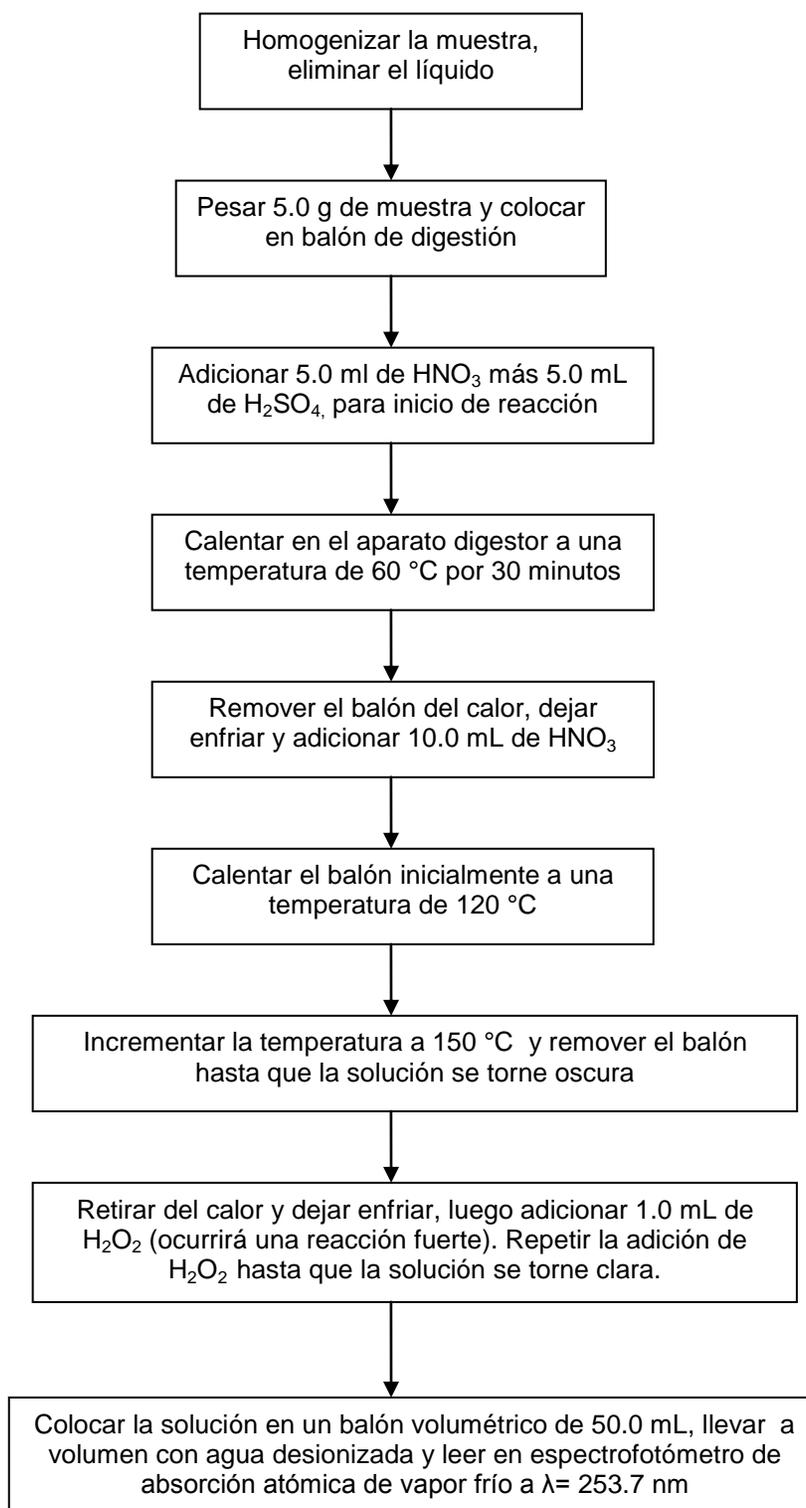


Figura Nº 1. ESQUEMA DE TRATAMIENTO DE MUESTRA (9)

CAPITULO V
RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Resultado de selección de marcas de atún enlatado de mayor demanda

En base a la investigación realizada en un supermercado específico de la ciudad de Santa Ana (ver anexo N° 7), se eligieron cinco marcas de mayor demanda por la población seleccionada, para someterlas a estudio.

5.2 Resultados del contenido de mercurio en atún enlatado en agua

Los resultados obtenidos por parte del laboratorio de análisis PROCAFE fueron proporcionados en unidades de $\mu\text{g/L}$ (ppb) por lo que se convirtieron en unidades de mg/L (ppm) para su comparación con la Norma Salvadoreña.

Tabla N° 2 RESULTADOS DEL CONTENIDO DE MERCURIO DE MUESTRA DE ATUN EN AGUA ENLATADO IDENTIFICADA COMO SD

Identificación de muestra	Lote	Resultado Hg (ppm)	Concentración permitida Hg (ppm) Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08
SDA	CJGBE4812W	0.002078	1.0
SDB	CJGBE4812W	0.001829	
SDC	CJGBE4812W	0.002549	

En la tabla N° 2 se presentan los resultados del análisis de la muestra SD, el cual se realizó tomando tres latas de atún en agua del mismo lote identificadas como SDA, SDB y SDC, al compararlos con la concentración permitida de 1.0 ppm que establece la Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08, se observan que están conformes con el límite permitido de mercurio en atún, especificado por dicha norma.

Tabla N° 3 RESULTADOS DEL CONTENIDO DE MERCURIO DE MUESTRA DE ATUN EN AGUA ENLATADO IDENTIFICADA COMO PA

Identificación de muestra	Lote	Resultado Hg (ppm)	Concentración permitida Hg (ppm) Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08
PAA	08LW510082A	0.000455	1.0
PAB	08LW510082A	0.002888	
PAC	08LW510082A	0.002833	

En la tabla N° 3 se presentan los resultados del análisis de la muestra PA, el cual se realizó tomando tres latas de atún en agua del mismo lote identificadas como PAA, PAB y PAC, al compararlos con la concentración permitida de 1.0 ppm que establece la Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08, se observa que están conforme con el límite permitido de mercurio en atún, especificado por dicha norma.

Tabla N° 4 RESULTADOS DEL CONTENIDO DE MERCURIO DE MUESTRA DE ATUN EN AGUA ENLATADO IDENTIFICADA COMO CV

Identificación de muestra	Lote	Resultado Hg (ppm)	Concentración permitida Hg (ppm) Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08
CVA	172NLP	0.000247	1.0
CVB	172NLP	0.000314	
CVC	172NLP	0.003539	

En la tabla N° 4 se presentan los resultados del análisis de la muestra CV, el cual se realizó tomando tres latas de atún en agua del mismo lote identificadas como CVA, CVB y CVC, de los cuales los datos de las repeticiones CVA y CVB pertenecen a una misma lata de atún, debido a la pérdida de la muestra original durante el proceso del análisis perteneciente a la repetición CVB, por lo que se obtuvieron dos lecturas de mercurio de la repetición CVA para obtener tres datos

de la muestra. Estos resultados junto con los de la repetición CVC al compararlos con la concentración permitida de 1.0 ppm que establece la Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08, se observa que están conforme con el límite permitido de mercurio en atún, especificado por dicha norma.

Tabla N° 5 RESULTADOS DEL CONTENIDO DE MERCURIO DE MUESTRA DE ATUN EN AGUA ENLATADO IDENTIFICADA COMO BH

Identificación de muestra	Lote	Resultados Hg (ppm)	Concentración permitida Hg (ppm) Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08
BHA	29LW510082A	0.077820	1.0
BHB	29LW510082A	0.002649	
BHC	29LW510082A	0.000780	

En la tabla N° 5 se presentan los resultados del análisis de la muestra BH, el cual se realizó tomando tres latas de atún en agua del mismo lote identificadas como BHA, BHB y BHC, el resultado de la repetición BHA es el resultado del promedio del rango de datos proporcionados en la hoja de resultados de análisis (ver anexo N° 9 y N° 12), el cual, al igual que las replicas BHB y BHC al compararlos con la concentración permitida de 1.0 ppm que establece la Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08, se observa que están conforme con el límite permitido de mercurio en atún, especificado por dicha norma.

Tabla N° 6 RESULTADOS DEL CONTENIDO DE MERCURIO DE MUESTRA DE ATUN EN AGUA ENLATADO IDENTIFICADA COMO VD

Identificación de muestra	Lote	Resultados Hg (ppm)	Concentración permitida Hg (ppm) Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08
VDA	FW310024A	0.002733	1.0
VDB	FW310024A	0.002147	
VDC	FW310024A	0.005256	

En la tabla N° 6 se presentan los resultados del análisis de la muestra VD, el cual se realizó tomando tres latas de atún en agua del mismo lote identificadas como VDA, VDB y VDC, de los cuales los datos de las repeticiones VDA y VDB pertenecen a una misma lata de atún, debido a la pérdida de la muestra original durante el proceso del análisis perteneciente a la repetición VDB, por lo que se obtuvieron dos lecturas de mercurio para la repetición VDA para obtener tres datos de la muestra. Estos resultados junto con los de la repetición VDC al compararlos con la concentración permitida de 1.0 ppm que establece la Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08, se observa que están conforme con el límite permitido de mercurio en atún, especificado por dicha norma.

Tabla N° 7 PROMEDIO DEL CONTENIDO DE MERCURIO POR MUESTRAS DE ATUN EN AGUA ENLATADO

Identificación de muestra	Lote	Resultado Hg (ppm)	Concentración permitida Hg (ppm) Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08
SD	08 LW510082A	0.002152	1.0
PA	29 LW510082A	0.002058	
CV	172 NLP	0.001367	
BH	CJGBE4812W	0.027083	
VD	12 FW310024A	0.003378	

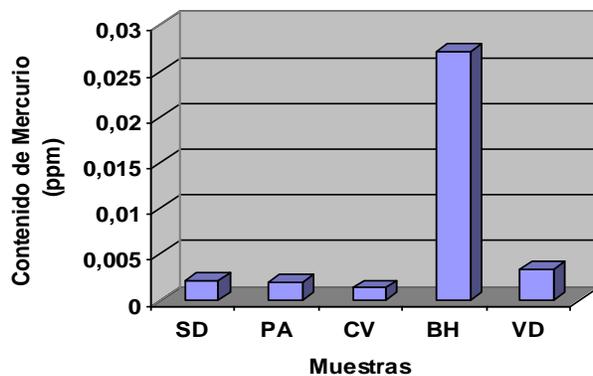


Figura N° 2. Gráfica de comparación del contenido promedio de mercurio en atún en agua enlatado entre cada muestra.

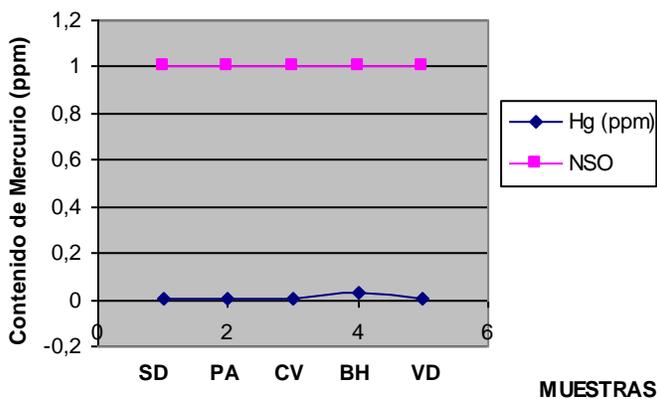


Figura N° 3. Grafica de comparación del contenido promedio de mercurio en atún en agua enlatado con Norma Salvadoreña NSO 67.32.01:08.

5.3 Resultado de lecturas de pH de muestras de atún enlatado en agua

Tabla N° 8 LECTURAS PROMEDIO DE PH PARA LAS MUESTRAS DE ATUN EN AGUA ENLATADO

CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS (PROMEDIO)	ESPECIFICACION (NTE 0180:2009)
SD	5.96	5.5 – 6.5
BH	5.96	
PA	6.22	
CV	5.84	
VD	5.51	

En la tabla N° 8 se presentan los promedios de los resultados de pH obtenidos por triplicado de las muestras de atún en agua enlatado, según lo establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 0180:2009 referida a pescado fresco, debido a la no existencia de norma salvadoreña para este parámetro, demostrando que manteniéndose el rango de pH, los niveles de mercurio se mantienen de acuerdo a lo establecido en la norma. (7)

5.4 Resultado de Análisis de varianza

Establecimiento de la existencia o no de diferencias significativas del contenido de mercurio entre las cinco diferentes marcas de atún en agua enlatado evaluadas por medio del análisis estadístico (ANOVA). Por medio del método de diseño unifactorial completamente aleatorio, recomendado para muestras que reúnen características similares dentro de la investigación.

El valor p en el análisis de varianza, determina si hay diferencias significativas entre las medias. El análisis de varianza (ANOVA) se ha realizado al 95% de confianza entre las cinco marcas de atún enlatado en estudio.

En la siguiente tabla se muestran los resultados derivados del ANOVA, realizados al contenido de mercurio en las cinco muestras de atún analizadas, utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion.

Tabla N° 9 ANALISIS DE VARIANZA PARA EL CONTENIDO DE MERCURIO POR MUESTRAS DE ATUN ENLATADO

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Razón F	Valor P
Tratamientos	0.00148762	4	0.000371905	0.96	0.4708
Error	0.00387910	10	0.000387910		
Total (Corr.)	0.00536672	14			

La tabla ANOVA descompone la varianza del contenido de mercurio en dos componentes: un componente de tratamientos y un componente del error. La razón-F, que en este caso es igual a 0.958740, es el cociente entre el estimado de tratamientos y el estimado del error. Puesto que el valor-P de la razón-F (0.4708) es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media del contenido de mercurio entre un nivel de una marca a otra, con un nivel del 95.0% de confianza.

5.4.1 Cálculos de Análisis de Varianza

Tabla N° 10 RESULTADOS DEL CONTENIDO DE MERCURIO EN ATUN EN AGUA ENLATADO

MUESTRA	CONTENIDO DE MERCURIO/MUESTRA(ppm)		
	A	B	C
SD	0.002078	0.001829	0.002549
PA	0.000455	0.002888	0.002833
CV	0.000247	0.000314	0.003539
BH	0.077820	0.002649	0.000780
VD	0.002733	0.002147	0.005256

1. En función de los resultados obtenidos se determina si el contenido de mercurio difiere significativamente entre cada muestra

Nivel de significancia (α) de 0.05

2. Contraste de hipótesis

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \text{ (en al menos un par)}$$

3. Criterio de decisión

Debe rechazarse H_0 si $F_o > F_{\alpha}^{k-1, N-k}$

4. Cálculos

Tabla N° 11 TOTALES Y PROMEDIOS OBTENIDOS DE LOS RESULTADOS DE CADA MUESTRA DE ATUN EN AGUA ENLATADO

MUESTRA	CONTENIDO DE			TOTAL	PROMEDIO
	MERCURIO/MUESTRA(ppm)				
SD	0.002078	0.001829	0.002549	0.006456	0.002152
PA	0.000455	0.002888	0.002833	0.006176	0.002058
CV	0.000247	0.000314	0.003539	0.004100	0.001366
BH	0.077820	0.002649	0.000780	0.081249	0.027083
VD	0.002733	0.002147	0.005256	0.010136	0.003378
Total				∑ = 0.108117	0.007207

Suma de Cuadrados de Tratamientos $SC_{\text{Tratamientos}}$

$$SC_{Tx} = \frac{(0.006456)^2 + (0.006176)^2 + (0.004100)^2 + (0.081249)^2 + (0.010136)^2 - (0.108117)^2}{3 \quad 15}$$

$SC_{\text{Tratamientos}} = 0.00148762$

Suma de Cuadrados del Error y Suma de Cuadrados Total (SC_{Error} y SC_{Total})

$$SC_{\text{Total}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N} = 0.006146 - 0.00077928$$

$SC_{\text{Total}} = 0.00536672$

$$SC_{\text{Error}} = SC_{\text{Total}} - SC_{\text{Tratamientos}}$$

$$SC_{\text{Error}} = 0.00536672 - 0.00148762$$

$SC_{\text{Error}} = 0.00387910$

Tabla N° 12 ANALISIS DE VARIANZA PARA EL DISEÑO COMPLETAMENTE ALEATORIO ⁽⁸⁾

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados medios(CM)	Estadístico(F_p)
Tratamiento	k-1	SC _{Tratamientos}	SC _{Tratamientos} /k-1	
Error	N-k	SC _{Error}	SC _{Error} /N-k	$F_o = \frac{CM_{Tratamientos}}{CM_{Error}}$
Total	N-1	SC_{Total}		

Donde: **N = 15; n = 3; k = 5**

Grados de Libertad

Tratamiento = k-1

Error = N – k

Tratamiento = 5-1

Error = 15 – 5

Tratamiento = 4

Error = 10

Media de Cuadrados para los Tratamientos

$$CM_{Tratamientos} = \frac{SC_{Tratamientos}}{k-1}$$

$$CM_{Tratamientos} = \frac{0.00148762}{5-1}$$

$$CM_{Tratamientos} = 0.000371905$$

Media de Cuadrados debida al Error

$$CM_{Error} = \frac{SC_{Error}}{N - k}$$

$$CM_{Error} = \frac{0.00387910}{15 - 5}$$

$$CM_{Error} = 0.000387910$$

Estadístico F_o

$$F_o = \frac{CM_{Tratamientos}}{CM_{Error}}$$

$$F_o = \frac{0.000371905}{0.000387910}$$

$$F_o = 0.958740429 \approx 0.96$$

Curva de distribución F

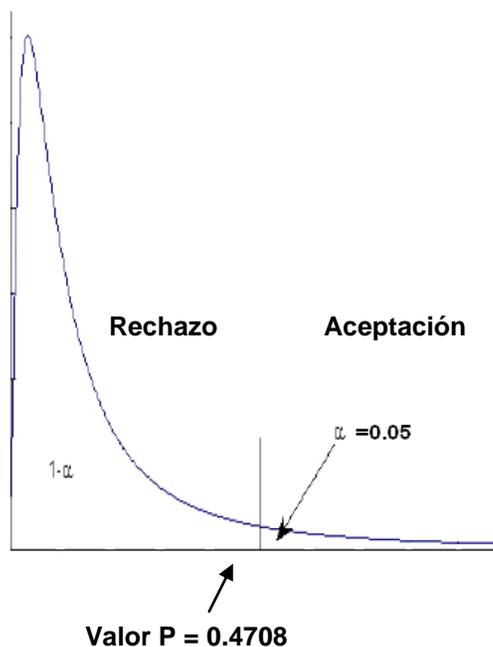


Figura N° 4. Grafico de razón F, ubicación del valor P para las medias del contenido de mercurio entre las muestras

En la tabla N° 9 de los resultados, se muestra la razón $F = 0.96$ que corresponde a un valor $P = 0.4708$, este valor P es mayor que el nivel de significancia de 0.05 , por lo tanto se rechaza que existen diferencias significativas entre las medias del contenido de mercurio entre cada una de las muestras.

**CAPITULO VI
CONCLUSIONES**

6.0 CONCLUSIONES

1. A partir del sondeo realizado para determinar las marcas de atún en agua enlatado con mayor demanda, se estableció un espacio muestral mas definido que permitió a la investigación obtener resultados dirigidos a cinco marcas de mayor consumo, las cuales se identificaron a través de códigos y al someterlas al análisis se demostró que están conforme con el nivel de mercurio establecido por la norma salvadoreña NSO 67.32.01:08.
2. El atún en agua enlatado de las cinco marcas sometidas al análisis comercializado en un supermercado de la ciudad de Santa Ana presenta bajos niveles de mercurio, comparados con el límite de 1.0 ppm permitido por la norma salvadoreña NSO 67.32.01:08.
3. Debido a los resultados obtenidos del contenido de mercurio, los cuales denotan una escasa presencia de este metal en las muestras de atún en agua enlatado, se considera que el control de calidad por parte de las empresas ofrece una garantía al consumidor de obtener un producto alimenticio libre de sustancias peligrosas, que representen un riesgo a la salud de la población.

4. La baja concentración de mercurio es un indicador de que el lugar de donde se obtiene el atún para su procesamiento se encuentra en aceptables condiciones ambientales.
5. El resultado de pH de las muestras está conforme con lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 0180:2009, por lo que al mantenerse estos valores dentro del rango permitido las concentraciones de mercurio se mantienen de igual manera.
6. El análisis de varianza reveló que el contenido de mercurio en atún en agua enlatado de las cinco diferentes marcas analizadas no varían significativamente entre una marca a otra, debido a que el valor P de la razón F es mayor que el nivel de significancia.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. Realizar sondeos sobre las marcas de alimentos de mayor consumo entre la población con el objeto de que al momento del muestreo este sea más puntual, para obtener así resultados que permitan dar a conocer sobre la inocuidad del alimento que las personas consumen con mayor frecuencia.
2. Investigar a nivel nacional los niveles de mercurio que presentan los productos marinos frescos y las presentaciones enlatadas.
3. Realizar análisis de otros metales pesados en atún enlatado para verificar de manera completa el contenido de estos contaminantes en este alimento de gran consumo por la población.
4. Aplicar el método de análisis empleado para la determinación de mercurio en atún enlatado a otras presentaciones de este alimento, para tener una cobertura mas amplia acerca del cumplimiento de normas establecidas para los niveles de mercurio.
5. Realizar en futuras investigaciones mayor cantidad de repeticiones por muestra (6), para obtener valores mas confiables y con mayor representatividad.

6. Que la entidad responsable de garantizar la salud de la población y la inocuidad de los alimentos realice estudios sobre otros metales pesados que pudieran estar presentes en el atún enlatado.

7. Que se determine el grado de contaminación por mercurio en otros alimentos enlatados de origen marino.

BIBLIOGRAFIA

1. AOAC (Asociation of Official Analytical Chemists). (Nº 25.105) Inc.1984. Official Methods of Analysis.14th Edition. Arlington, Virginia. U.S.A. 451-452 p
2. CONACYT. (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). 2008. Valores y Métodos de Toma de Muestras para el control Oficial de los niveles de Plomo, Cadmio, Mercurio, Estaño Inorgánico y se fija el contenido máximo de cada uno en determinados productos pesqueros. Primera Actualización. San Salvador, El Salvador. 6p
3. Cuadra Zelaya, CD. 2006. Aplicación de Biomonitores para Evaluar la Contaminación por Metales Pesados en el Lago de Suchitlan. Trabajo de Graduación. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
4. FAO/OMS (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud). 1992. Codex Alimentarius Roma, Italia. 7.7 -7.8, 7.27 p
5. Gisbert Calabuig, JA y otros. 2005. Medicina Legal y Toxicología. 6 ed. España. Elsevier España. 935 p. 1394 p.

6. Gispert C. 1996. Océano Uno Color Diccionario Enciclopédico. Edición Ilustrada. Barcelona España. Océano.
7. INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. 1975. Norma Técnica Ecuatoriana (INEN) 0180:2009 Conservas Envasadas de Pescado, Ensayos Físicos y Organolépticos. Ecuador.
8. Montgomery, D.C. 1991. Diseño y Análisis de Experimentos. México. Grupo Editorial Iberoamérica. Cap. 3
9. Perkin Elmer Corporation.1994. Analytical methods for Atomic Absortion Spectrometry. E.U.A. 197 p
10. Perkin Elmer.1998-2000. Flow Injection Mercury/ Hydride Analyses. Recommended Analytical Conditions and General Information. Singapore. 2-12, 2-13 p
11. Ramos Alvarenga, RF. Y otros. 2004. Propuesta de Métodos Analíticos para Determinar la Calidad de la Jalea Real producida por la Abeja (***Apis mellifera***) y Comercializada en El Salvador. Trabajo de Graduación. Universidad de El Salvador. San Salvador. El Salvador. 59 - 60p Anexo 5.6

12. Rodríguez Seoane, KC. 2001. Determinación de niveles de Mercurio, Arsénico, Aluminio, Cadmio, Cromo y Plomo en muestras de agua, pescado y sedimento, colectadas en algunas cuencas hidrográficas en El Salvador. Trabajo de Graduación. Universidad Salvadoreña "Alberto Masferrer". San Salvador, El Salvador. 13 p, 34-35 p

13. Salomón Urbina, SJ. 1988. Determinación por Espectrofotometría de Absorción Atómica de Cadmio, Estaño y Plomo en Conservas de Pescado, Elaboradas en el País. Trabajo de Graduación. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.

14. Sogorb Sánchez, MA y otros. 2004. Técnicas Analíticas de Contaminantes Químicos Aplicaciones Toxicológicas, Medioambientales y Alimentarias. España. Ediciones Díaz de Santos. 99-101 p. 110-111 p.

15. Antuña IP. 2007. Efectos Toxicológicos e Impacto Ambiental del Mercurio (en línea) Santa Fe, Argentina. Consultado: 10 julio 2009. Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos53/impacto-ambientalmercurio/impacto-ambiental-mercurio2.shtml>

16. Doadrio Villarejo A. 2004. Ecotoxicología y Acción Toxicológica del Mercurio (en línea). AN. R. ACAD. NAC. FARM. Consultado 7 marzo. 2009. Disponible en: <http://ranf.com/pdf/arti/mercurio.pdf>

17. EFE. Agencia Española de Noticias. 2007. Ecologistas en Acción. Alerta de la Contaminación por Mercurio en el Pescado (en línea). Consultado: 12 Marzo. 2009. Disponible en:
www.elsalvador.com
http://www.elsalvador.com/mwedh/nota/nota_completa.asp?idCat=6329&idArt=1138421

18. Groth E. ZERO MERCURY WORKING GROUP. 2009. Mercurio en pescado (en línea). NY E.U.A. Consultado 15 Marzo. 2009. Disponible en: www.zeromercury.org

19. LTA. Licenciatura en Tecnología Ambiental. 2008. Mercurio en peces y algas (en línea). Buenos Aires. Argentina. Consultado 5 feb. 2009. Disponible en: <http://lictecnologiaambiental.blogspot.com/2008/04/mercurio-en-peces-y-algas.html>

20. PROFECO. Procuraduría Federal del Consumidor. 2005. Atún Enlatado (en línea). México. Consultado 15 mar. 2009. Disponible en: http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_05/atun_mzo05.pdf

21. Rodríguez Guerrero, MA. 2007. Conservas de pescado y sus derivados (en línea). Cali – Valle – Colombia. Consultado 20 marzo 2009. Disponible en:<http://www.monografias.com/trabajos-pdf/conservapescado/conserva-pescado.pdf>

22. Thiel I. Breve Enciclopedia del Ambiente (en línea). Consultado: 5 feb. 2009. Disponible en:
<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/MetalesPes.htm>

23. Velásquez González, O. 2001. Contenido de Mercurio y Arsénico en Atún y Sardinias Enlatadas Mexicanas (en línea). Durango, México. Consultado 15 de marzo. 2009. Disponible en:http://www.atmosfera.unam.mx/editorial/contaminacion/acervo/vol_17_1/4.pdf

GLOSARIO ⁽⁶⁾

Absorción: Difusión de gases en líquidos y sólidos o de líquidos en sólidos.

Acido blando: Se aplica a aquellas especies que son grandes, tienen estado de oxidación o carga pequeña, y son fuertemente polarizables.

Acidosis: dolencia en la cual hay exceso de ácido en los líquidos del cuerpo, ésta puede ser respiratoria o metabólica.

Adsorción: Fijación de gases y sustancias disueltas en la superficie de cuerpos sólidos.

Acrodinia: Hipersensibilidad de las plantas de los pies y palmas de las manos con hormigueo y erupción eritematosa.

Autoclave: dispositivo que sirve para esterilizar material de laboratorio, utilizando vapor de agua a alta presión y temperatura.

Aleación: mezcla de un metal con otro u otros y con elementos no metálicos.

Amalgama: aleación del mercurio con otro metal.

Antídoto: Medicina o sustancia que contrarresta los efectos nocivos de otra.

Antropogénico: Efectos, procesos o materiales que son el resultado de la actividad humana.

Ataxia: Trastorno caracterizado por la disminución de la capacidad de coordinar los movimientos.

Bacterias metanogénicas: grupo especializado de bacterias anaerobias obligadas que descompone la materia orgánica y forma metano.

Bioacumulación: proceso mediante el cual una sustancia química es acumulada en una especie determinada en función de la concentración del químico presente en el medio.

Biomagnificación: incremento en la concentración del químico de organismo a organismo a medida que la especie aparece en niveles ascendentes de la cadena alimenticia.

Biotransformación: Conversión de una sustancia en otros compuestos por los organismos.

Cadena trófica: Proceso de transferencia de energía alimenticia a través de una serie de organismos, en el que cada uno se alimenta del precedente y es alimento del siguiente.

Deposición atmosférica: Contaminación que se desplaza a través del aire y cae sobre la tierra y la superficie del agua.

Desgasificación: El proceso de eliminación de gases disueltos en agua, usando aspiración o calor.

Esterilización: conjunto de procedimientos físicos o químicos por los cuales se eliminan todos los organismos vivos de un objeto.

Estomatitis: inflamación de la mucosa bucal.

Hemoperfusión: consiste en la eliminación de toxinas o metabolitos de la circulación de la sangre por medio de la diálisis a través de un circuito extra corpóreo adecuado y el uso de sustancias absorbentes.

Intoxicación: envenenamiento producido por sustancias químicas, por microorganismos patógenos o parásitos que se desarrollan en los alimentos.

Intoxicación aguda: es aquella que se produce por corto periodo de exposición al agente tóxico. Se produce una manifestación rápida de las alteraciones del organismo, precedida de una absorción rápida del tóxico.

Intoxicación crónica: se produce por la exposición reiterada del individuo al tóxico. La exposición produce su efecto a largo plazo y en ocasiones es difícil de solucionar o incluso incurable.

Liposoluble: Se aplica a la sustancia que es soluble en las grasas o aceites.

Longitud de onda: Es la distancia que recorre la onda en el intervalo de tiempo transcurrido entre dos máximos consecutivos de una de sus propiedades.

Mercurialismo: También conocido como hidrargirismo es el conjunto de los trastornos patológicos debidos a una intoxicación aguda o crónica producida por el mercurio.

Metilación: es la adición de un grupo metilo ($-\text{CH}_3$) a una molécula.

Polarizabilidad: tendencia relativa de una distribución de cargas.

Salmuera: es agua con una alta concentración de sal disuelta.

Sedimentos: materia que habiendo estado suspendida en un líquido, se posa en el fondo de este por su mayor gravedad.

Teratógeno: sustancias y agentes físicos que producen malformaciones congénitas.

Traza: cantidad minúscula de una sustancia en una mezcla

ANEXOS

ANEXO N° 1

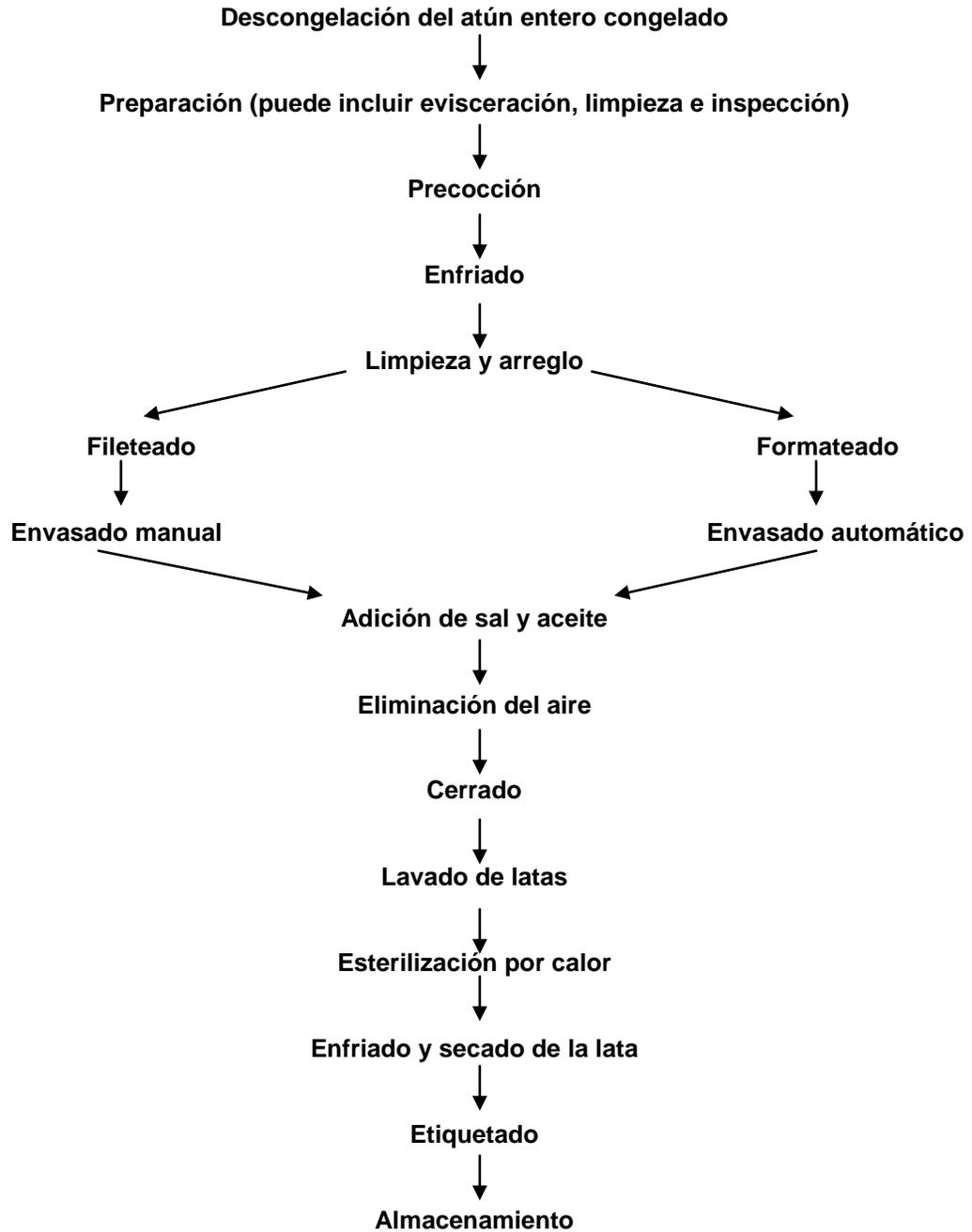


Figura N° 5. DIAGRAMA TIPICO DEL ENLATADO DE ATUN ⁽²¹⁾

ANEXO N° 2

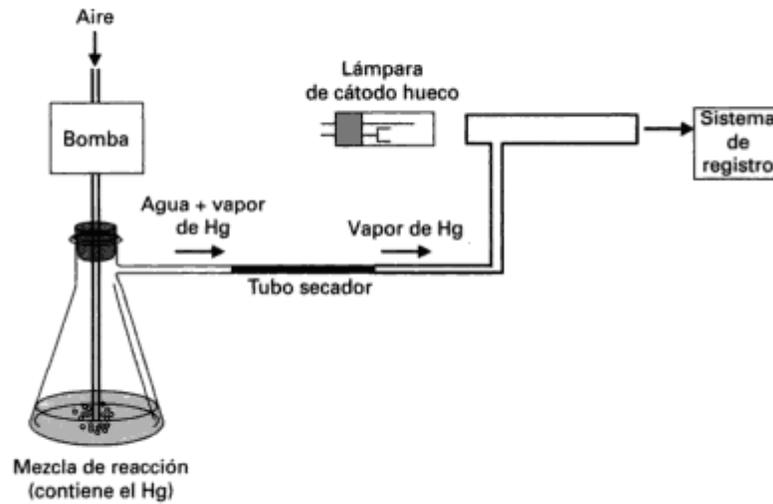


Figura N° 6. ESQUEMA DE UN EQUIPO PARA LA DETERMINACION DE MERCURIO POR ABSORCION ATOMICA DE VAPOR FRIO (14)

ANEXO N° 3

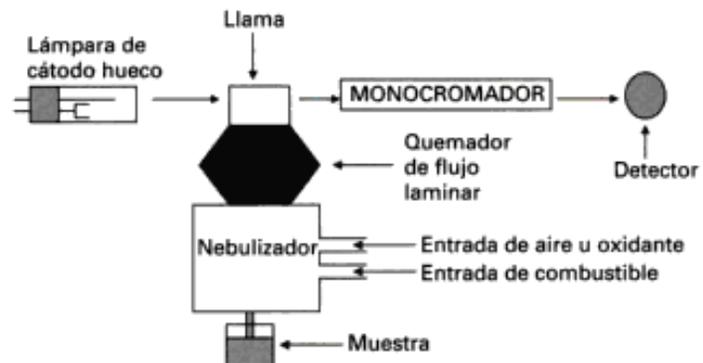


Figura N° 7. ESQUEMA DE ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA DE LLAMA (14)

ANEXO N° 4

**Tabla N° 13 CONTENIDO MAXIMO PERMITIDO DE MERCURIO SEGUN
NORMA SALVADOREÑA NSO 67.32.01:08 ⁽²⁾**

Producto	Contenido Máximo (mg fresco / kg peso)
1. Productos de la pesca excepto los contemplados en el inciso 2	0,5
2. ANGUILA (<i>Anguila spp</i>) ATÚN (<i>Thunnus spp, Euthynnus species, Katsuwonus pelamis</i>) BACORETA (<i>Euthynnus spp</i>) BONITO (<i>Sarda, sarda</i>) BESUGO o ALIGOTE (<i>Pagellus spp</i>) ESCOLAR NEGRO o SIERRA (<i>Lepidocybium Flavobrunneum, Ruvettus pretiosus, Gempylus serpens</i>) ESPADILLA (<i>Lepidopus caudatus, Aphanopus carbo</i>) ESTURION (<i>Acipenser spp</i>) FLETAN (<i>Hipoglossus hipoglossus</i>) GALLINETA NORDICA (<i>Sebastes marinus, S. mentella, S. viviparus</i>) GALL (<i>Lepidorhombus spp</i>)	1,0 Para todas las especies contempladas en este inciso

ANEXO N° 5

**Tabla N° 14 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE CONTROL DE CALIDAD EN
PESCADO SEGUN NORMA TECNICA ECUATORIANA
0180:2009⁽⁷⁾**

Ceniza	Cloruro de Sodio	Humedad	Histamina	Bases Volátiles	Metales pesados			pH
%		mg / 100 g		mg/Kg				
				Cadmio	Mercurio	Plomo		
1.95	2.5	69.7	5.0	50	0.10	1.0	0.30	5.5 – 6.5

ANEXO N° 6

Listado de Material, Equipo y Reactivos utilizados en el análisis

Reactivos:

- Acido Nítrico HNO_3 concentrado
- Acido Sulfúrico H_2SO_4 concentrado
- Peroxido de Hidrogeno H_2O_2 al 30%

Materiales:

- Balón volumétrico de 50 mL
- Tubo de digestión
- Probetas de 10 mL
- Beaker de 100 mL
- Beaker de 600 mL
- Agitador de vidrio
- Pipeta volumétrica de 10 mL
- Pipeta volumétrica de 5 mL
- Pipeta volumétrica de 1 mL
- Perilla de hule
- Espátula

Equipo:

- Balanza Analítica
- Equipo Digestor
- Espectrofotómetro de
Absorción Atómica con
generador de Hidruros

ANEXO N° 7
LISTADO DE MARCAS DE ATUN EN AGUA ENLATADO
DISTRIBUIDOS EN SUPERMERCADO



Super Selectos sucursal Colón
Tel: 2440-8660
Dirección: Av.Fray Felipe de Jesús Moraga sur y 11 C.pt. Santa Ana

Santa Ana, 01 de Julio de 2009

Las siguientes marcas de atún enlatado en agua son distribuidas por el supermercado, y se presentan con sus respectivas unidades vendidas en el período comprendido desde el 1 de abril al 28 de abril del 2009.

Marcas de Atún enlatado en agua	Unidades Vendidas
Pacifico azul	58
Calvo	17
Del Norte	5
Sardimar	34
Sirena	5
Bahía	12
Verdemar	9
Gaviota	4



ANEXO N° 8

Tabla N° 15 MARCAS DE ATUN ENLATADO DE MAYOR DEMANDA, SU PROCEDENCIA Y LOTE

MARCA	*DEMANDA (UNIDADES VENDIDAS)	PROCEDENCIA	CODIGO DE MUESTRA	CODIGO DE REPETICIONES POR MUESTRA	LOTE
SARDIMAR	34	COSTA RICA	SD	SDA	CJGBE4812W
				SDB	
				SDC	
PACIFICO AZUL	58	COSTA RICA	PA	PAA	08LW510082A
				PAB	
				PAC	
CALVO	17	EL SALVADOR	CV	CVA	172NLP
				CVB	
				CVC	
BAHIA	12	TAILANDIA	BH	BHA	29LW510082A
				BHB	
				BHC	
VERDEMAR	9	COSTA RICA	VD	VDA	FW310024A
				VDB	
				VDC	

*Proporcionado por el departamento de computo y ventas de supermercado Super Selectos sucursal Colón. Santa Ana

ANEXO N° 9
RESULTADO DE ANALISIS DEL CONTENIDO DE MERCURIO EN
ATUN EN AGUA ENLATADO



FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA INVESTIGACIONES DEL CAFÉ

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALITICOS

SECCIÓN ESPECIALES



INFORME No. : EC-133

PROPIETARIO: KARLA GISELL MENA DURAN
DIRECCIÓN: CIUDAD ARCE LA LIBERTAD
TELÉFONO: 71077246

FECHAS	
RECEPCIÓN:	13/07/09
ANÁLISIS:	31/07/09
EMISIÓN:	31/07/09

RESULTADOS DE ANÁLISIS EN MUESTRAS DE LECTURA DE SOLUCIONES

CÓDIGO DEL LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	LECTURA MERCURIO µg/L
EC-1007	SARDIMAR A	2.078
EC-1008	SARDIMAR B	1.829
EC-1009	SARDIMAR C	2.549
EC-1010	PACIFICO AZUL A	0.455
EC-1011	PACIFICO AZUL B	2.888
EC-10.12	PACIFICO AZUL C	2.833
EC-1013	CALVO A	0.247
EC-1013	CALVO A	0.314
EC-1015	CALVO C	3.539
EC-1016	BAHIA A	75.50 – 80.14
EC-1017	BAHIA B	2.649
EC-1018	BAHIA C	0.780
EC-1019	VERDEMAR A	2.733
EC-1019	VERDEMAR A	2.147
EC-1021	VERDEMAR C	5.256

NOTA ACLARATORIA: El resultado del análisis corresponde a la muestra enviada por usted (es) a este Laboratorio. El muestreo es responsabilidad del usuario. El Laboratorio no autoriza la reproducción parcial sin la debida autorización por escrito.

Estandar 30.0 y 60.0 µg/L Absorbancias 6.0 y 11.0




Lic. Reina Elizabeth Funes de Cruz
Coordinador del Laboratorio de Servicios Analíticos


Lic. Julio César Chávez
Técnico Analista

El Café es Vida

Avenida Manuel Gallardo, y 13 Calle Poniente, Santa Tecla, la libertad, El Salvador, C.A.
PBX: (503)2288-3088, FAX(503) 2228-0669, E-mail info@procafe.com.sv, <http://www.procafe.com.sv>

ANEXO Nº 10

Tabla Nº 16 LECTURA DE pH DE MUESTRAS DE ATUN EN AGUA ENLATADO ⁽⁷⁾

CODIGO DE MUESTRA	ESPECIFICACION (NTE 0180:2009)	RESULTADOS
SDA	5.5 – 6.5	6.00
SDB	5.5 – 6.5	5.98
SDC	5.5 – 6.5	5.90
BHA	5.5 – 6.5	5.85
BHB	5.5 – 6.5	6.18
BHC	5.5 – 6.5	5.84
PAA	5.5 – 6.5	6.18
PAB	5.5 – 6.5	6.25
PAC	5.5 – 6.5	6.23
CVA	5.5 – 6.5	5.62
CVB	5.5 – 6.5	5.95
CVC	5.5 – 6.5	5.94
VRA	5.5 – 6.5	5.43
VRB	5.5 – 6.5	5.54
VRC	5.5 – 6.5	5.55

ANEXO N° 11
SECUENCIA FOTOGRAFICA DEL TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

ANEXO Nº 11



Figura Nº 8. Muestra Escurrida y Homogenizada



Figura Nº 9. Pesada de muestras



Figura N° 10. Proceso de digestión de muestras



Figura N° 11. Muestra cuando se torna oscura

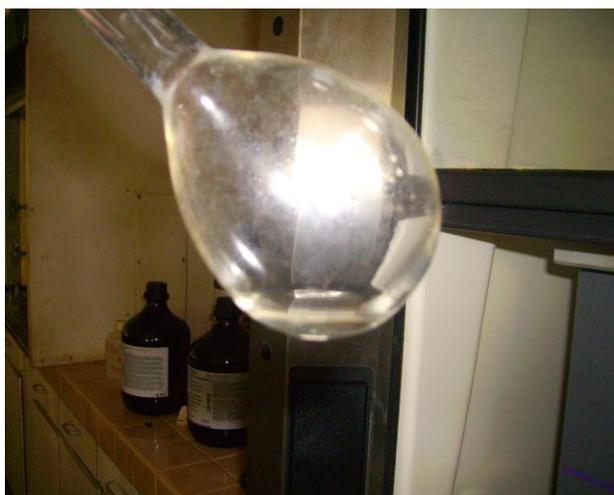


Figura N° 12. Muestra cuando se torna clara después de la adición de H_2O_2 al 30%

ANEXO N° 12

Cálculos de Conversión de partes por billón a partes por millón

Tabla N° 17 CONTENIDO DE MERCURIO EN PPB Y PPM DE MUESTRAS DE ATUN EN AGUA ENLATADO

MUESTRA	Contenido de Mercurio (ppb)	Contenido de Mercurio (ppm)
SDA	2.078	0.002078
SDB	1.829	0.001829
SDC	2.549	0.002549
PAA	0.455	0.000455
PAB	2.888	0.002888
PAC	2.833	0.002833
CVA	0.247	0.000247
CVB	0.314	0.000314
CVC	3.539	0.003539
BHA	77.82*	0.077820
BHB	2.649	0.002649
BHC	0.780	0.000780
VDA	2.733	0.002733
VDB	2.147	0.002147
VBC	5.256	0.005256

Ejemplo de conversión de partes por billón (ppb) a partes por millón (ppm)

MUESTRA SDA

$$2.078 \cancel{\mu\text{g}}/\text{L} \times \frac{1.0 \text{ mg}}{1000 \cancel{\mu\text{g}}} = 0.002078 \text{ mg/L (ppm)}$$

$$2.078 \cancel{\mu\text{g}}/\cancel{\text{L}} \times \frac{1.0 \cancel{\text{L}}}{1000 \text{ ml}} = 0.002078 \mu\text{g/ml (ppm)}$$

MUESTRA BHA*

Rango (75.50 – 80.14) ppb

$$(75.50 + 80.14) \text{ ppb} = 155.64 \text{ ppb}$$

$$155.64 \text{ ppb} / 2 = 77.82 \text{ ppb}$$

El rango de resultado de la muestra BHA se sumó y se dividió entre dos, para obtener un solo dato.