



**Universidad
Norbert Wiener**

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Escuela Académico Profesional de Farmacia y Bioquímica

Tesis

**“Evaluación de la concentración de mercurio y plomo en *Sarda
chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus*
 (“caballa”) expendido en el terminal pesquero de Ventanilla–
Lima, 2019”**

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico


Autoras:

Br. De la Cruz Toribio, Lisseth

Br. Lazo Solano, Yanira Johaira

Lima-Perú


2020

 Universidad Norbert Wiener	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	
	CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033	VERSION: 01 REVISIÓN: 01


Yo, Lisseth De La Cruz Toribio y Yanira Johaira Lazo Solano egresado de la Facultad de Farmacia y Bioquímica y Escuela Académica Profesional de Farmacia y Bioquímica/ Escuela de Posgrado de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo académico **“Evaluación de la concentración de mercurio y plomo en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) expendido en el terminal pesquero de Ventanilla– Lima 2019”**. Asesorado por el docente: Jesús Víctor Lizano Gutierrez DNI 09148490 ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8926-1893> tiene un índice de similitud de 15 (quince) % con código oid:14912:226672299 verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:


1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.



 Firma de autor 1
 Lisseth De La Cruz Toribio
 DNI: 40698911



 Firma de autor 2
 Yanira Johaira Lazo Solano
 DNI: 48669714



 Firma
 Jesús Víctor Lizano Gutierrez
 DNI: 09148490

Lima, 19 de mayo de 2023

Tesis

Evaluación de la concentración de mercurio y plomo en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) expendido en el terminal pesquero de Ventanilla– Lima 2019

Asesor

Mg. LIZANO GUTIÉRREZ, JESÚS VÍCTOR

Código ORCID

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado al santo criador por facultar el cumplimiento de la carrera profesional con prestigio, brindarme fortaleza para obtener mis aspiraciones, asimismo su generosidad y amor.

A mis progenitores, Lucio y Eugenia por su soporte incondicional para la culminación de mis estudios.

A mis hermanos, quienes me brindan la confianza, consejos, oportunidad y recursos para lograr culminar la carrera en la Escuela Académica Profesional de Farmacia y Bioquímica.

Lisseth, De la Cruz Toribio

Dedico este trabajo a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres por ser el pilar más importante en la base de mi formación, que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me brindaron su apoyo para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Gracias a mis hermanos por su apoyo, amor y estar ahí en los momentos más importantes de mi vida.

A mi abuela Onoria, que con sus sabias palabras me alentó a jamás rendirme y seguir adelante.

Este logro es para ustedes.

A mi compañera de tesis por siempre estar conmigo apoyándome en todo momento y motivándome a seguir adelante.

Yanira Johaira, Lazo Solano

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo reconocimiento a mi Universidad Privada Norbert Wiener y a toda la Facultad de Farmacia y Bioquímica, a mis catedráticos en especial al Dr. José Antonio Llahuilla Quea, Dr. Ernesto Torres Veliz y Dr. Juan Manuel Parreño Tipian, quienes con su preciado entendimiento originaron que pudiéramos crecer día en día como personas letradas, agradecemos a nuestros catedráticos por su tolerancia y soporte incondicional.

Por último, agradecemos su apoyo infinito a nuestro asesor de Tesis, Q.F. Toxicólogo Jesús Víctor Lizano Gutiérrez por su gran colaboración durante todo este proceso, quien, bajo su jefatura, erudición faculto el progreso de la tesis.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
INDICE GENERAL	V
RESUMEN.....	XI
SUMMARY	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPITULO I. EL PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Justificación	5
1.4.1. Justificación teórica.....	5
1.4.2. Justificación práctica.....	5
1.5. Limitaciones de la investigación.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	9
2.2. Bases teóricas.....	12
2.2.1. Definición de términos.....	12
2.2.2. Metales pesados.....	12
2.2.3. Mercurio.....	13

2.2.4. Plomo.....	23
2.2.5. <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”).....	28
2.2.6. <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”).....	29
2.2.7. Marco legal.....	30
2.3. Formulación de la Hipótesis.....	31
2.3.1. Hipótesis General.....	31
2.3.2. Hipótesis específicas.....	31
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	32
3.1. Tipo	33
3.2. Diseño.....	33
3.3. Enfoque.....	33
3.4. Método.....	33
3.5. Población, muestra y muestreo.....	33
3.5.1. Población.....	33
3.5.2. Muestra.....	34
3.5.3. Muestreo.....	34
3.5.4. Criterios de inclusión y exclusión.....	35
3.6. Variable(s) de estudio.....	36
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
3.8. Procesamiento y análisis de datos.....	37
3.8.1. Métodos de análisis de datos estadísticos.....	37
3.8.2. Determinación de Mercurio mediante espectrofotometría de absorción atómica.....	38
3.8.3. Determinación de Plomo en alimentos por espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito.....	41
3.9. Aspectos bioéticos.....	43
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	44
4.2. Discusión de resultados.....	56

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
5.1. Conclusiones.....	60
5.2. Recomendaciones.....	61
REFERENCIAS.....	61
ANEXOS.....	70

INDICE DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Concentraciones máximas de mercurio y plomo en “caballa” y “bonito” según Codex Alimentarius, SANIPES y Unión Europea.....	31
Tabla 2: Definición de variables de estudio.....	36
Tabla 3: Distribución de las muestras de “bonito” y “caballa” que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla-Lima 2019 según valores permisibles Plomo y mercurio.....	44
Tabla 04: Concentración de Plomo mg/kg en <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla-Lima 2019.....	47
Tabla 05: Concentración de Plomo mg/kg en <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla-Lima 2019.....	48
Tabla 06 Concentración de mercurio mg/kg en <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla-Lima 2019.....	49
Tabla 07: Concentración de mercurio mg/kg en <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla-Lima 2019.....	50
Tabla 8: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov.....	52
Tabla 9: Comparación de la distribución de los valores de plomo y mercurio mg/kg en “bonito” y “caballa” que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla-Lima 2019	53

INDICE DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Toxicodinamia de la toxicidad renal inducida por mercurio	22
Figura 2: Toxicocinética del plomo.....	26
Figura. 3. Toxicodinamia de la toxicidad renal inducida por plomo.....	28
Figura 3: Distribución de las muestras de “bonito” y “caballa” que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019 según valores permisibles Plomo y mercurio	46
Figura 04: Distribución de la concentración de Plomo mg/kg en <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019.....	47
Figura 05: Distribución de la concentración de Plomo mg/kg en <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima en el año 2019.....	48
Figura 06: Distribución de la concentración de mercurio mg/kg en <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019.....	49
Figura 07: Distribución de la concentración de mercurio mg/kg en <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima en el año 2019.....	50
Figura 08: Distribución de la concentración de Plomo mg/kg en “bonito” y “caballa” que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima en el año 2019.....	51
Figura 09: Distribución de la concentración de mercurio mg/kg en “bonito” y “caballa” que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima en el año 2019	52

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	71
ANEXO B: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	73
ANEXO C: PROTOCOLO DE ANALISIS TOXICOLOGICO DE “CABALLA”	74
ANEXO D: PROTOCOLO DE ANALISIS TOXICOLOGICO DE “BONITO”	75
ANEXO E: IMÁGENES DE TOMA DE MUESTRA Y PARTE EXPERIMENTAL	76
ANEXO F: CURVA DE CALIBRACION PARA LA CUANTIFICACION DE MERCURIO.....	79
ANEXO G: CURVA DE CALIBRACION PARA LA CUANTIFICACION DE PLOMO	80

RESUMEN

La presente investigación tuvo el objetivo de evaluar la concentración de mercurio y plomo en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla, siguió un diseño no experimental, descriptivo y de tipo transversal, se utilizó el método cuantitativo para determinar la concentración de mercurio y plomo en las muestras analizadas de los puestos encontrados en el terminal pesquero de Ventanilla. Las muestras fueron analizadas por el método de espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados obtenidos se compararon con los valores establecidos por el Codex Alimentarius, SANIPES y la Unión Europea. La concentración máxima y mínima de plomo en mg / kg de las muestras de *Sarda chiliensis chiliensis* fue 0,397 y 0,0 respectivamente. En las muestras de *Scomber japonicus peruanus* la concentración máxima y mínima fue 0,369 y 0,102 respectivamente. Con respecto al mercurio la concentración máxima y mínima en mg / kg de las muestras de *Sarda chiliensis chiliensis* fue 0,558 y 0,110 respectivamente. En las muestras de *Scomber japonicus peruanus* la concentración máxima y mínima fue 0,410 y 0,058 respectivamente. Las concentraciones de plomo en muestras en *Sarda chiliensis chiliensis* y *Scomber japonicus peruanus* superan el 10 % (n=1) y en 20 % (n=2) respectivamente los valores máximos permisibles. Con respecto a mercurio ninguna muestra superó los valores máximos permisibles. Se concluye que las muestras de *Sarda chiliensis chiliensis* y *Scomber japonicus peruanus* expendidos en el terminal pesquero de Ventanilla presentan concentraciones de plomo y mercurio, siendo la concentración de plomo superior a los límites máximos permisibles.

Palabras clave: metales pesados, mercurio, plomo, “caballa”, “bonito”.

SUMMARY

The present investigation had the objective of evaluating the concentration of mercury and lead in *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) and *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) that are sold in the Ventanilla fishing terminal, followed a non-experimental, descriptive and transversal design, The quantitative method was used to determine the concentration of mercury and lead in the samples analyzed from the posts found in the Ventanilla fishing terminal. The samples were analyzed by the atomic absorption spectrophotometry method. The results obtained were compared with the values established by the Codex Alimentarius, SANIPES and the European Union.

The maximum and minimum concentration of lead in mg / kg of the *Sarda chiliensis chiliensis* samples were 0,397 and 0.0 respectively. In the *Scomber japonicus peruanus* samples the maximum and minimum concentrations were 0,369 and 0,102 respectively. With respect to mercury, the maximum and minimum concentration in mg / kg of the *Sarda chiliensis chiliensis* samples were 0,558 and 0,110 respectively. In the samples of *Scomber japonicus peruanus* the maximum and minimum concentration were 0,410 and 0,058 respectively. Lead concentrations in samples of *Sarda chiliensis chiliensis* and *Scomber japonicus peruanus* exceed 10 % (n = 1) and 20 % (n = 2) respectively the maximum permissible values. Regarding mercury, no sample exceeded the maximum allowable values.

It is concluded that the samples of *Sarda chiliensis chiliensis* and *Scomber japonicus peruanus* expended at the Ventanilla fishing terminal show lead and mercury concentrations, the lead concentration being higher than the maximum permissible limits

Keywords: heavy metals, mercury, lead, “caballa”, “bonito”

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en el medio ambiente, plantas, animales y seres humanos son expuestos a altos niveles de metales pesados e incluso más alto de lo que nunca se había registrado históricamente. Esto es debido a su uso industrial y a los desechos derramados en las aguas de ríos, mares, lago, etc. Entre los minerales tóxicos existentes tenemos el arsénico, cadmio, plomo y mercurio, siendo pernicioso en la salud de los vivientes de la faz de la tierra incluidos los seres humanos.

Los peces son considerados como parte fundamental de la dieta bien equilibrada que proporciona energía saludable, proteínas de alta calidad y vitaminas.

En contraposición de los beneficios del consumo para la salud resulta de vital importancia tomar en cuenta los contaminantes químicos que se encuentran en estos productos, por ser de preocupación principalmente para los consumidores habituales.

En consecuencia, la polución por metales pesados es una amenaza para la salud pública; pudiendo ser acumulado en organismos marinos mediante la exhibición a metales existentes en el agua, sedimentos y en la cadena alimentaria. En consecuencia, la dieta es el camino principal de la exhibición a estos metales para la población en general.

El mercurio es un elemento de especial preocupación porque su forma inorgánica se transforma biológicamente en los ambientes acuáticos en metilmercurio (MeHg), un compuesto orgánico lipofílico que se bioacumula y se biomagnifica a medida que avanza en la cadena alimentaria.

CAPITULO I. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El avance del conocimiento ha traído beneficios al ser humano, pues muchos de esos avances han beneficiado al desarrollo de las poblaciones mundiales, sin embargo, no todo ha sido beneficioso, si no por el contrario ha traído problemas como los ambientales que en los últimos años ha venido generando muchos perjuicios al hombre. En la actualidad una de ellas es el problema de la contaminación de la especie marina por metales pesados, por lo cual muchas veces es inevitable debido a la descarga de los relaves mineros, pesticidas y la industrialización. Como consecuencia de ello, se estima que cerca del 50% de los recursos hídricos incumplen uno o más estándares de calidad asociados con su uso para el consumo humano. Como resultado, las poblaciones humanas con una ingesta dietética tradicionalmente elevada de pescados tienen la mayor exposición potencial a mercurio y plomo, teniendo un mayor riesgo al desarrollar efectos tóxicos.¹

El Perú tradicionalmente ha sido un país pesquero y bastante consumidor de pescado, Gustavo Ferreyros, gerente comercial de la pesquera TASA², afirma que el peruano se alimenta con 22 kilos de pescado anuales, ubicándolo en el primer puesto, por encima de Chile con 13 kilos, teniendo como preferencia al “jurel”, “caballa”, “bonito” y la “pota”.

Uno de los metales pesados más peligrosos que afectan al hombre y a los seres marinos es el mercurio. El mercurio es un tóxico ambiental ampliamente distribuido y existe en varias formas. El metilmercurio (MeHg) es la forma más común dentro de los organismos vivos, y se acumula a lo largo de la cadena alimentaria. La principal fuente de metilmercurio para los

humanos es a través de la ingesta dietética de pescado contaminado. Por lo tanto, la ingesta de pescado con alto contenido de metilmercurio es motivo de gran preocupación³.

Gonzales, et al⁴ y Ramírez⁵ afirman que con respecto a la toxicocinética del mercurio se sabe que desde la atmósfera se va acumular en el espacio terrestre mediante las lluvias o nieve, y cuando el mercurio efluye desde la tierra hacia el agua, bioacumulándose en los microorganismos y en los sedimentos en donde tienden a convertirse en metilmercurio, siendo el más tóxica.

Nifla⁶ afirma que conforme a la fase de bioacumulación es continúa, la concentración del mercurio se incrementara en la cadena alimentaria de los peces adultos con gran tamaño siendo las ballenas, tiburones, atún, bonito que se acumulan en altas 1concentraciones de mercurio a diferencia de los peces de menor tamaño.

Otro de los metales que causan problemas al ser humano y a los animales acuáticos es el plomo. Bustinza⁷ confirma el origen de la emisión del plomo, son las industrias que se encarga en la fabricación de baterías, colorantes, explosivos, reactivos químicos, antidetonante en gasolina, sin embargo, aunque es tóxico, se ha encontrado o incorporado en diferentes productos incluyendo pinturas, cintas de agua, cosméticos, combustible, etc. por sus diferentes propiedades, como bajo punto de fusión, resistencia a la corrosión⁷.

El plomo causa una alteración crítica en diferentes condiciones de la etapa fetal. Como resultado, gastrointestinal, hematológico se han registrado trastornos reproductivos e inmunológicos. El riñón es uno de los sitios específicos de toxicidad de plomo por ser una importante ruta de excreción del cuerpo y facilita el daño renal a través del estrés oxidativo y peroxidación lipídica⁸.

Estudios en el Perú como el de Rivas⁹, Bertolotti y Noé¹⁰ han demostrado que la magnitud del mercurio en el agua de la piscina supera los límites máximos permisibles del *Códex Alimentarius*, Comunidad Europea y Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES),

además de encontrarse concentraciones de estos metales en los peces por encima de los límites máximos permisibles, por lo que formulamos las siguientes preguntas de investigación.

Formulación del problema

1.1.1. Problema general

¿Los pescados *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) expendidos en el terminal pesquero de Ventanilla - Lima en el año 2019, presentan concentraciones de mercurio y plomo que supera el límite máximo permisible según normativa del Codex *Alimentarius*, SANIPES y Unión Europea?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿La concentración de mercurio en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera el límite máximo permisible según normativa del Codex *Alimentarius*, SANIPES y Unión Europea en el año 2019?
- ¿La concentración de mercurio en *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera el límite máximo permisible según normativa del Codex *Alimentarius*, SANIPES y Unión Europea en el año 2019?
- ¿La concentración de plomo en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera el límite máximo permisible según normativa del Codex *Alimentarius*, SANIPES y Unión Europea en el año 2019?
- ¿La concentración de plomo en *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera el límite máximo

permisible según normativa del Codex *Alimentarius*, SANIPES y Unión Europea en el año 2019?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la concentración de mercurio y plomo en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) expendidos en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la concentración de mercurio en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019.
- Determinar la concentración de mercurio en *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima en el año 2019
- Determinar la concentración de plomo en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019
- Determinar la concentración de plomo en *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019
- Comparar las concentraciones de mercurio y plomo en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla con los límites establecidos por el Codex *Alimentarius*, SANIPES y Unión Europea.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

Los peces juegan un rol muy importante en las cadenas tróficas de los ríos y mares, ya que ellos se alimentan de animales y plantas de niveles tróficos inferiores asimilando sus nutrientes y transformándola en energía útil que podrá ser aprovechada por organismos superiores de la cadena trófica como el ser humano al consumirla. Battino et al¹¹ señalan que el pescado *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) presenta por cada 100 g de porción comestible un contenido proteico de 23,40 g, calcio 24 mg, hierro 0,7 mg y vitamina C 1,6 mg. Los mismo autores¹² señalan que la especie *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) presenta por cada 100 g de porción comestible un contenido proteico de 19,5 g; por lo que su consumo resulta importante para la nutrición de la población peruana, sin embargo, también se ha demostrado que el agua y los peces pueden bioacumular metales pesados en su interior pudiendo ser transmitidas al ser humano al ingerir dichos peces, esto podría poner en peligro la salud de los consumidores¹³. Por lo tanto, es importante determinar si los peces que consumimos presentan sustancias toxicas como el mercurio y plomo y si estos superan los límites máximos permisibles según el Codex *Alimentarius*, Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) y Unión Europea.

1.3.2. Justificación práctica

Si bien el desarrollo de la minería genera divisas y puestos de trabajo para nuestro país, se ha demostrado que también genera contaminación al no realizar una correcta eliminación de los desechos producidos en su actividad, pudiendo generar perjuicios a la población al contaminar el agua y alimentos que ellos consumen para su alimentación^{13,14}.

La presente investigación servirá para poder determinar si los peces que consumen la población poseen concentraciones superiores a los límites permitidos de mercurio y plomo, por lo que los resultados obtenidos servirán para que se puedan implementar medidas que

eviten la contaminación y con ello evitar posibles patologías en las personas que los consumen.

1.4. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones del estudio de investigación están relacionadas al tipo y diseño de investigación, al ser un estudio descriptivo, los resultados obtenidos no se pueden generalizar de manera total a otras realidades, pues estos resultados dependen directamente de la zona geográfica donde se toma la muestra de investigación.

Con respecto al costo económico de la investigación, esta llega a ser una limitante para poder realizar más pruebas que aporten más datos a la investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

Rivas. (2018) realiza su estudio de indagación que tuvo como objetivo “*determinar la concentración de metales pesados en las muestras de “trucha”, agua y pienso que fueron recolectadas de las piscigranjas ubicadas en la jurisdicción del distrito de Pachangara, Provincia de Oyón, Región Lima – Perú.*”. El método utilizado fue el análisis por espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados obtenidos se compararon con los niveles fijados por el *Códex Alimentarius*, Comunidad Europea, SANIPES y la Norma Técnica Peruana. Obteniéndose como resultados que las aglutinaciones límites y diminutas de mercurio en los ejemplares de “trucha” estuvieron de 0,600 ppb y 0,100 ppb. Las aglutinaciones límites y diminutas de plomo en los ejemplares de “trucha” estuvieron de 1,140 ppb y 0,510 ppm. Concluye que al confrontar y examinar el resultado de los niveles de mercurio en agua de granja de peces que sobre pasan los límites máximos permisibles del *Códex Alimentarius*, Comunidad Europea y Norma Técnica Peruana (1,00 ppb), pero no en los ejemplares examinados de “trucha” y pienso. Los valores de plomo en ejemplares de “trucha” sobre pasan los límites máximos permisibles del Codex Alimentario, SANIPES, Norma Técnica Peruana y la Comunidad Europea .⁹

Bertolotti et al. (2018) realizan su estudio de investigación teniendo como objetivo “*determinar y cuantificar la concentración de Pb, Hg y Cd en músculo de Cinco peces destinado a consumo humano y de muestras de agua de río en tres localidades (A=Catac, B=Taricá y C=Palмира) de la ciudad de Huaraz*”. El método de cuantificación fue realizado mediante la técnica de Absorción Atómica de Flama. Obtiene como resultados

en la aglutinación de plomo en tejidos musculares de los peces fueron 1,826; 0,321 y 0,709 mg / kg para las áreas A, B y C correlativamente. En el mismo orden, la aglutinación de mercurio fue 0,344; 0,433 y 0,284 mg / kg y de Cd, 0,001, 0,0 y 0,002 mg / kg correlativamente. Concluyen que, en las tres áreas, las aglutinaciones de plomo fueron por encima de los valores facultados por la Comisión Reguladora Europea¹⁰.

Bustinza, (2018) realiza su estudio de investigación que tuvo como objetivo “*determinar y evaluar las concentraciones de Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) en Orestias Aggassii y Luteus (“carachi negro” y “amarillo”) y compararla con la normativa peruana y norma europea*”. En este método tomo en cuenta a los ejemplares de las muestras , en tres sectores de muestreo, siendo trasladado para ser examinados en el Laboratorios Analíticos del Sur (LAS). Los resultados de mayor concentración de Plomo y Mercurio hallándose en la dermis y en el tejido muscular de “*Orestias Aggassii y Luteus*” al ser confrontados con la normativa peruana de Sanidad Pesquera - SANIPES y Norma de la Unión Europea no sobrepasan a los límites en metales pesados en especies para el consumo humano, los valores de aglutinación de Plomo hallados son de 0,052 mg / kg y las aglutinaciones encontrados para el Mercurio ,son de 0,0082 mg / kg. Se concluye que los valores de aglutinación de Plomo, Mercurio, Arsénico y Cadmio al ser confrontados con los límites facultados en el Manual del SANIPES y con la normativa de la Unión Europea se mantienen dentro de los contenidos límites permitidos⁷.

Cajaleon et al. (2018) realizaron su estudio de investigación que tuvo como objetivo “*determinar la concentración de arsénico y mercurio en hígado y tejido muscular en peces y en el agua procedentes del mar de Huacho y Chorrillos*”. Elaboraron un diseño cuasi experimental, y se cuantificó utilizando el método de Espectrofotometría de absorción

atómica. La Población y las muestras fueron los peces “liza”, “cabrilla”, “lorna”, “merluza” y “caballa”. Los resultados obtenidos de los promedios de las aglutinaciones de Arsénico en el musculo fueron de 0.00265 mg / kg y de mercurio en el hígado resultando con 0.03945 mg / kg; estas aglutinaciones confrontadas con la normativa de la Unión Europea, Codex Alimentarius y la normativa técnica peruana resultando por debajo del nivel máximo permisible. Concluyen que los valores de aglutinación de arsénico y mercurio en el agua de mar no superan los límites permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente¹⁵.

Nifla (2017) realiza su estudio con el objetivo de “*evaluar la concentración de mercurio acumulado en el tejido muscular en pescados de importancia comercial *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”), *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”), que se expenden en el mercado de Ventanilla 2013*”. El método utilizado en la cuantificación para los límites del mercurio se realiza mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica por vapor frío. Obteniéndose como resultado en músculos de los ejemplares de “bonito” fue de 0,3999 y en la “caballa” 0,3365, siendo inferiores en comparación con los límites máximos facultados por la OMS. Concluye que poseen diferencia significativa de aglutinaciones de mercurio concentrados en los músculos siendo mínimas al nivel máximo de 0,5 mg / kg de Hg facultado por la Organización Mundial de Salud⁶.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Ramírez et al. (2017) realizan su investigación con el objetivo de “*evaluar y estimar la concentración de Hg total en cuatro variedades de pescado comercializados en el Área Metropolitana de Monterrey provenientes del Golfo de México*”. El método utilizado para la cuantificación fue mediante la Espectrometría de Absorción Atómica. Entre los resultados obtenidos se tienen que el mayor contenido de Hg se detectó en las muestras analizadas de

Ameiurus melas (“bagre”) con $0,3361 \pm 0,3336$ mg / kg de Hg. Se concluye que el promedio de mercurio estimado sobrepasa los niveles aceptables teniendo un efecto acumulativo y que probablemente la causa sea el sitio de captura la cual presenta altos niveles de contaminación¹⁶.

Cedeño (2016) realiza su estudio teniendo objetivo “*determinar y correlacionar los niveles de plomo a partir de las muestras de tejido muscular e hígado en cinco especies de peces marinos comerciales*”. La técnica se desarrolló para cuantificar los límites en metales pesados con una técnica denominada espectrometría de absorción atómica. Obtiene como resultados que el pescado más comercializado es la *Katsuwonus pelamis* (“atún”); Siendo analizadas se detectó una concentración de plomo significativa de 35,84, $p < 0,05$, en tejido muscular. Concluye que el plomo se acumuló más en el tejido muscular y en menos cantidad en el hígado¹⁷.

Gia (2015) realiza su investigación que tuvo como objetivo “*evaluar los niveles de Hg en pescados que más se expenden en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar y los comparó con los niveles permisibles de Hg dados por OMS*”. El método utilizado fue la cuantificación mediante la técnica de espectrometría para la absorción atómica. Resultando en 5 ejemplares diferentes que consumen la población del Mercado Municipal de Puerto Bolívar, las concentraciones de Hg encontradas son: “Cachema” $< 0,09$ mg/kg, “Bagre” $< 0,09$ mg / kg, “Carita” $< 0,09$ mg / kg, “Lisa” $< 0,09$ mg / kg, siendo diferente a la “Corvina”, resultando con $0,52$ mg / kg $\pm 0,022$ siendo el más alto de todos los ejemplares analizados. Concluye que la “Corvina” es la variedad de pescado que sobre pasa el límite máximo (0,5 ppm)¹⁸.

Vergara et al. (2015) realizan su estudio con el objetivo de “*determinar la presencia y concentración de metales pesados en hígado, branquias y tejido muscular de*

Oreochromis niloticus". El método seguido para determinarlos fue la espectrometría por absorción atómica. Se obtienen como resultados que el nivel más alto de la aglutinación para Hg se registró en el tejido hepático y branquias de 5 mg / kg, y la menor en el tejido muscular que fue de 0,01 mg / kg, con respecto a Pb y cobre las aglutinaciones muy elevadas estuvo de 0,51 mg / kg en branquias y 3,2 mg / kg en el tejido hepático correlativamente. Concluyen que los ejemplares no sobrepasan los niveles facultados de la colombiana, y a lo reportado en otros estudios¹⁹.

Ortega (2014) realiza su estudio con el objetivo de "*determinar los niveles de plomo y mercurio, se tomaron en Villavicencio (Colombia)*". El pescado importado analizado fue tilapia; los ejemplares de pescados frescos: "bagre rayado", "bagre amarillo" y "bocachico". El método seguido para analizar al Hg total fue por la técnica de espectrometría de absorción atómica con vapor frío y para determinar los niveles de Pb total fue la espectrometría de absorción atómica. Se obtienen como resultados de cuatro a diferencia de los once ejemplares que se halló Hg, manteniéndose dentro de los límites facultados para la alimentación del tejido muscular de pescado en Colombia. Concluye que los ejemplares no poseen trazas de Pb²⁰.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Definición de términos

- **Bioacumulación:** Proceso de almacenamiento de elementos químicos en los organismos vivos en donde adquieren concentraciones muy elevadas en comparación a las concentraciones de los alimentos; a medida que avanza en su consumo en la cadena alimenticia²¹.
- **Biomagnificación:** Inclinación de los elementos químicos que se acumulan a largo plazo en la cadena trófica, evidenciando niveles altos al elevar el nivel trófico. La concentración del producto en los consumidores es de altas concentraciones del mismo producto consumido²¹.
- **SANIPES:** Organismo Nacional de Sanidad Pesquera
- **Toxicocinética:** Grupo de fenómenos que analizan el tóxico desde su punto de ingreso a un organismo hasta su eliminación.
- **Cadena alimentaria:** Secuencia de transmisión de materia y energía de organismo a organismo en forma comestible.
- **Taxonomía:** Ciencia que se encarga en el estudio de los principios, métodos y fines de la clasificación; se utiliza frecuentemente dentro de la biología para la ordenación jerarquizada y sistemática de los grupos de animales y de vegetales.

2.2.2. Metales pesados

El Ministerio para la Transición Ecológica ²² de España afirma que existen varias maneras de definir el término “metal pesado”, una de las cuales está referida a la masa atómica y define a un metal pesado como un elemento químico que está comprendido entre el cobre con una masa de 63,55 uma y el mercurio con una masa 200,59 uma; Otra

manera de poder definirla se refiere a los metales de densidad comprendida entre 4 g / cm³ hasta 7 g / cm³.

La contaminación por metales pesados es una de las formas más peligrosas para los ecosistemas acuáticos, debido a que son elementos que se degradan poco o casi nada, además tienden a bioacumularse en los tejidos de animales, manteniéndose en ellos por períodos de tiempo prolongados, produciendo en ellos procesos de biomagnificación y acciones toxico dinámicas, pudiendo generar alteraciones metabólicas, mutaciones y transformaciones anatómicas en las especies animales, incluyendo al hombre ^{23,24}.

2.2.3. Mercurio

El mercurio (Hg) y su principal mineral, cinabrio (HgS), se han utilizado en una amplia variedad de aplicaciones a lo largo de la historia humana. El más temprano uso documentado de cinabrio proviene de Italia y España, donde se utilizó como conservante para huesos humanos durante el Neolítico (4000– 3000 antes de Cristo). El rojo vivo del color del cinabrio también lo convirtió en la antigüedad en un pigmento muy buscado (bermellón), y fue utilizado para la decoración de tumbas egipcias y villas romanas, y para hacer colorettes y otros productos de belleza. La Extracción de mercurio elemental de cinabrio por destilación (es decir, tostado de cinabrio, seguido de la condensación de mercurio) y la propiedad de amalgamación fueron documentados por primera vez por el escritor romano, Vitruvius, en el siglo I antes de Cristo²⁵.

La simplicidad del mercurio en los métodos de destilación y amalgamación llevaron rápidamente a su uso generalizado durante el siglo I antes de Cristo, y un aumento concomitante en la demanda de mercurio hizo que la extracción de mineral de cinabrio

sea el mayor del mundo como por ejemplo en la mina en Almadén, España, donde comenzó alrededor de 430 antes de Cristo y en muchas otras áreas del mundo.

Esta minería y las actividades de fundición liberaron grandes cantidades de mercurio a la atmósfera, y también dio lugar a una contaminación generalizada del agua, el suelo, los sedimentos y biota en la vecindad de estos distritos mineros.

La toxicidad de mercurio fue reconocida en tiempos antiguos, y el conocimiento más original de los efectos de la exposición a mercurio en la salud humana se basaron en estudios de mineras de mercurio. Las primeras técnicas mineras y metalúrgicas no ofrecían protección contra mercurio vapores y esclavos romanos y criminales convictos enviados a trabajar en las minas españolas fueron reportados como muertos por exposición a humos de mercurio.

El proceso de amalgamación para el tratamiento de plata de bajo dio como resultado un aumento masivo en la demanda de mercurio, que fue enviado principalmente desde España, Perú y Eslovenia a minas agrícolas en todo el sur y centro América. El uso generalizado de este Hg resultó en niveles sin precedentes de contaminación por mercurio, que puede ser en parte responsable de los elevados niveles de mercurio que están presentes en todo el mundo²⁶.

El mercurio es registrado en el Grupo 12 (IIB) de la tabla periódica y tiene siete isótopos estables y 35 isótopos e isómeros inestables, muchos de los cuales tienen semividas medidas en segundos.

El Hg es el único metal en situaciones ambientales. Este comportamiento inusual resulta de la relativa contracción de los orbitales 6s (es decir, en átomos de mercurio, estos electrones de valencia se mantienen muy cerca del núcleo y no participan fácilmente en

las reacciones químicas), lo que conduce a enlaces débiles Hg-Hg, y el característico bajo punto de fusión y ebullición de mercurio).

Gonzales, et al⁴ afirman que en la actualidad el mercurio existen en tres estados de oxidación (0, + 1, +2):

- Hg (0). Conocido como Hg elemental o metálico

- Hg (I). También llamado “mercurioso”

- Hg (II). También llamado “mercúrico”

Reyes, et al²⁷ afirma que, en situaciones ambientales, el Hg es el único metal líquido que existe en estado líquido o como gases elementales, así como derivados inorgánicos y orgánicos.

El mercurio es un tóxico ambiental ampliamente distribuido y existe en varias formas. El metilmercurio (MeHg) es la forma más común dentro de los organismos vivos, y se acumula a lo largo de la cadena alimentaria. La principal fuente de metilmercurio para los humanos es a través de la ingesta dietética de pescado contaminado. Por lo tanto, la ingesta de pescado con alto contenido de metilmercurio es motivo de gran preocupación, sin embargo, el pescado también es una fuente de ácidos grasos poliinsaturados esenciales de cadena larga, que son importantes para el desarrollo y las funciones del cerebro. Por lo tanto, se deben establecer pautas para un nivel de consumo oral seguro de metilmercurio²⁸.

Los avances en el conocimiento de la distribución y la especiación del mercurio en las aguas oceánicas muestran mayores concentraciones de compuestos de mercurio metilado en el agua de mar encontrándose entre los 200 y 1000 metros de profundidad

que absorben la energía solar en donde la temperatura se convierte vertiginosamente. Los estudios de modelado indican que el dimetilmercurio (DMHg) y el metilmercurio (MeHg) se producen en aguas subterráneas de bajo oxígeno a través de la metilación mediada por microbios de mercurio reactivo (HgR) suministrado por la eliminación del mercurio en partículas de la mezcla. Las principales reacciones involucradas son: formación de DMHg a partir de HgR; descomposición de DMHg en MeHg; y descomposición de MeHg en mercurio elemental (Hg⁰). DMHg ha sido detectado solo en aguas oceánicas sub-termoclinas, y si se está formando DMHg en la superficie (La formación de DMHg puede ocurrir en condiciones subóxicas / óxicas), fotodegradación y pérdida debido al resultado del intercambio de gas sin acumulación detectable de DMHg. Los tiempos prolongados de permanencia del agua de mar lejos de la superficie permite que el DMHg se acumule hasta niveles detectables, siendo este el compuesto de mercurio metilado dominante en tales aguas²⁹.

El mercurio y su ciclo biogeoquímico son únicos entre los metales de interés para sus efectos ambientales potencialmente dañinos. El mercurio forma fuertes enlaces covalentes en los sistemas biológicos. A diferencia de la mayoría de los otros metales tóxicos, el mercurio inorgánico se biotransforma eficientemente en formas orgánicas (metilmercurio) en varios compartimentos del medio ambiente acuático. El mercurio se bioacumula en organismos acuáticos, es decir, las concentraciones en los tejidos de los organismos aumentan a un alto equilibrio dinámico. Se bioacumula constantemente mediante la cadena trófica, es decir, los cardúmenes adultos concentran en gran cantidad de metales en los tejidos de las especies marinas. Aunque los factores que controlan la acumulación de mercurio en los organismos acuáticos son poco conocidos, se reconoce ampliamente que la acumulación de metilmercurio de los alimentos o el agua de mar es mucho mayor que la del mercurio inorgánico²⁹.

Con respecto a los límites de exposición, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) anunció una dosis de alusión oral para MeHg siendo 0,0001 mg / kg de peso corporal por día. Los Expertos de la Organización Mundial de la Alimentación y la Agricultura / Organización Mundial de la Salud en Aditivos Alimentarios (JECFA) estableció un valor de consumo semanal para MeHg es de 0,0016 mg / kg de peso corporal por semana, que es suficiente para proteger al embrión y al feto del desarrollo neurológico toxicidad. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) reevaluó este valor de referencia y estableció una ingesta semanal tolerable (TWI) de 0,0013 mg / kg de pc por semana después de considerar los efectos perjudiciales a los ácidos grasos omega-3 en el pescado³⁰.

2.2.3.1. Toxicocinética del mercurio

Gonzales, et al⁴ y Ramírez, ¹⁶ afirman que con respecto a la toxicocinética del mercurio se sabe que en la atmósfera se acumulan en el espacio terrestre mediante las lluvias o nieve, cuando el mercurio efluye desde la tierra hacia el agua, sedimentos y los microorganismos que tienden a convertirse en MeHg, siendo altamente más tóxico. El origen de la exposición del metilmercurio en humanos, mamíferos marinos y crustáceos. Debido a que la exposición del MeHg se produce casi en su totalidad a través del consumo de pescado y varía según los tipos de pescado consumidos, las variaciones en la exposición al MeHg. A continuación, se presentan las principales características con respecto a la toxicocinética del mercurio.

A. Absorción

Con respecto a los peces, los más pequeños ingieren el mercurio y metilmercurio sintetizado por los microorganismos, y a su vez, los animales de mayor tamaño se alimentan de los pequeños, ingiriendo así el metilmercurio, acumulándose de esta manera siguiendo un proceso de biomagnificación.

Con respecto al ser humano, la exposición y posteriormente absorción puede darse principalmente por dos vías:

Vía respiratoria. Por esta vía el mercurio ingresa en forma de gas por inhalación, siendo esta vía una de las más importantes y a su vez peligrosas.

Vía digestiva. Por esta vía el mercurio ingresa por ingestión, el mercurio inorgánico se absorbe en pequeñas cantidades, sin embargo, el metilmercurio se puede absorber casi en su totalidad.

B. Distribución

En relación a la distribución, absorbido el mercurio es transportado por la sangre en una ratio glóbulo rojo/plasma entre 1,5 a 3. La vida media del mercurio metálico es de 23 a 40 días y de mercurio orgánico de aproximadamente 70 días, sin embargo, este tiende a acumularse con facilidad.

Nifla⁶ afirma que conforme el proceso de bioacumulación continúa, la concentración de mercurio se incrementa cuando se avanza en la cadena trófica o alimentaria. Los peces mayores o de gran tamaño de la cadena alimentaria, como son los tiburones y los peces espada, acumulan altas concentraciones de mercurio que aquellos peces pequeños en la parte inferior de la cadena trófica. Este fenómeno se da tanto en los peces de agua salada como de agua dulce. Los seres humanos y los animales se contaminan mediante la ingesta de la porción cárnica de pescado y mariscos que poseen metilmercurio.

C. Biotransformación

En los peces la biotransformación del mercurio se realiza por metilación del mercurio inorgánico. Se desconoce el lugar exacto de esta metilación, aunque se supone pueda ser el hígado.

D. Excreción

El metilmercurio y etilmercurio son eliminados por las heces, aun cuando el aclaramiento es muy rápido para el etilmercurio teniendo una vida media en sangre muy corta en comparación con el metilmercurio.

2.2.3.2. Toxicodinámica del mercurio

Ramirez⁵ et al. Sostiene que el Hg es tóxico, debido a que altera a las proteínas que son sintetizadas por las neuronas inhibiendo a los grupos sulfidrilo de las enzimas esenciales siendo las catalasas plasmáticas, colinesterasa globular, glutatión, reductasa globular, galactoxidasa y dopadecarboxilasa alterando a los sistemas metabólicos y enzimáticos inhibiéndoles a la síntesis de las proteínas mitocondriales alterando en la producción de energía. En los riñones reduce la actividad de la fosfatasa alcalina de túbulo proximal en el segmento S₂ precipitando al transporte de la ATP-asa de la membrana. Por lo mencionado el metilmercurio causa lesiones en las organelas a concentraciones altas.

Mercurio y riñón

Como se explicó anteriormente, el mercurio es ubicuo en la naturaleza y está disponible en tres formas: elemental mercurio, mercurio orgánico como metilmercurio y etilmercurio, y finalmente mercurio inorgánico, es decir, mercurio mercúrico. Todas las formas se caracterizan por tener efectos notorios en los órganos, incluidos los riñones, donde los hombres son más susceptibles sobre las mujeres. El ser humano puede estar expuesto a mercurio a través de muchas formas como alimentos contaminados, industria de baterías o amalgama dental y manipulación de productos que contienen mercurio

incluida la minería. "Enfermedad de Minamata" en Japón y desastre que sucedió en Irak de 1955 a 1972 donde se identificó el efecto perjudicial en humanos⁸.

Mercurio y proteinuria

También se informó proteinuria en la toxicidad de mercurio. Un estudio experimental reveló que las hembras son más vulnerables a la toxicidad renal cuando son expuestas a mercurio y supone que el efecto sobre las células tubulares rectas contribuye en la proteinuria, además de los daños de la célula tubular proximal y libremente accesible a través del filtro del glomérulo, la sensibilidad del lisosoma podría también atribuir la proteinuria⁸.

En diferentes órganos principalmente en los riñones, el Hg produce la metalotioneína almacenándose en exceso produciría alteraciones en el sitio de almacenamiento, así mismo el metilmercurio puede causar efectos adversos para la salud en el sistema nervioso, el hígado, los riñones y los órganos reproductivos de los humanos, afectando principalmente al sistema nervioso central del feto, lo que produce toxicidad en el desarrollo neurológico⁸.

2.2.3.3. Toxicidad del mercurio

La exposición a largo plazo del mercurio orgánico e inorgánico es perjudicial para la salud, incluyendo el riñón. De la circulación sistémica, mercurio es tomado por el transporte aniónico orgánico 1 (Oact1) y el anión por el transporte orgánico 3 (Oact3) al riñón, especialmente en los túbulos proximales. Es aquí la división del enlace carbono-mercurio que se convierte lo orgánico en mercurio inorgánico por procesos enzimáticos y no enzimáticos. Simultáneamente, la deposición del mercurio se relaciona por la reproducción del oxígeno reactivo (ROS), generando muerte celular programada y perjudicando a los riñones principalmente en los túbulos proximales⁸.

El transporte de aniones orgánicos 1 (Oact1) y transporte de aniones orgánicos 3 (Oact3) se localiza principalmente en el lisosoma del túbulo proximal, absorbe mercurio en el riñón. Como Hg^{2+} ya que posee alta proximidad de enlazarse a la coenzima A, lipoamida, glutatión y cisteína, produciéndoles oxidación irreversible; lo que da como resultado el agotamiento del contenido total del grupo tioles y estrés oxidativo. La inactivación de la constitución de las moléculas de los grupos tioles, es producida por la bomba $Na^+ / K^+ - ATPase$, así mismo dañan en su totalidad del tejido celular. Por lo tanto, sus consecuencias se observaron con la generación de radicales libres (actividad mieloperoxidasa y MDA), proteínas y urea (actividades de la N-acetil-beta-D-glucosaminidasa (NAG)).

La escasez del selenol tiol reduce la actividad antioxidante, es decir, la tiorredoxina reductasa (TrxR), facilitando que los túbulos proximales se dañen. Es interesante notar que el factor nuclear potenciador de las cadenas ligeras kappa de las células B activadas (NF- κ B) también desempeñan un papel crucial en la apoptosis relacionada con el daño renal incrementando la perceptibilidad de la muerte celular programada encontrándose en los análisis in vitro como in vivo, pero no hay defecto inmunológico o daño glomerular a baja dosis de Hg inorgánico⁸.

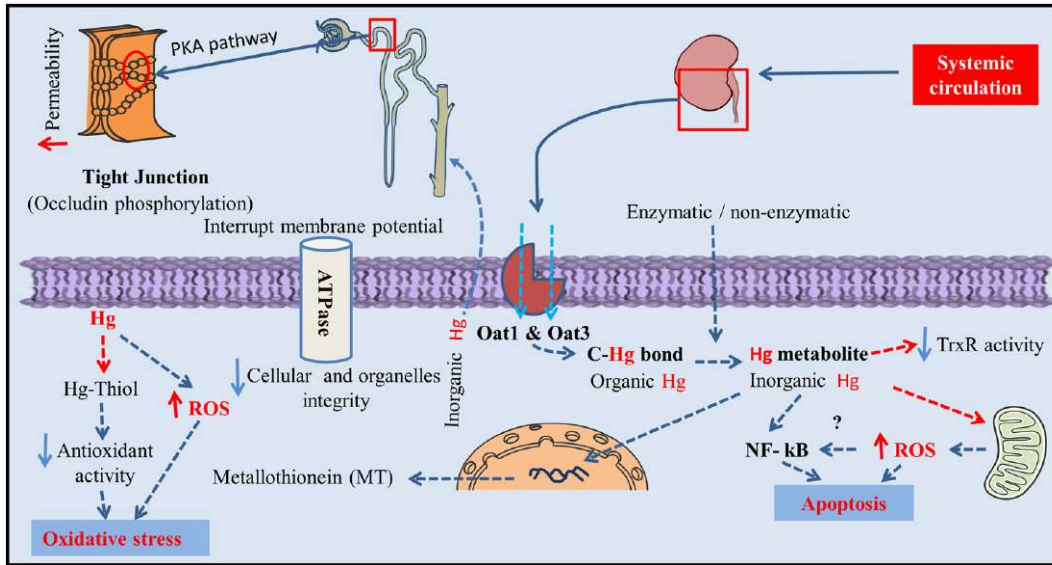


Figura 1. Toxicodinamia de la toxicidad renal inducida por mercurio

- **Intoxicación aguda**

La exposición en corto tiempo en humo de Hg metálico, siendo inhalados se depositan en los bronquios y epitelio alveolar, ocasionando inflamación y edema pulmonar no cardiogénico. La ingestión en periodos reducidos las sales de Hg inorgánico, pueden provocar el desarrollo de un sabor metálico, dolor orofaríngeo localizado, náuseas, vómitos, diarrea hemorrágica e insuficiencia renal.

- **Intoxicación crónica**

El envenenamiento crónico por aspiración se determina por el síndrome neuro - psiquiátrico que se interpreta por temblor fino en manos y cara incluyéndose pérdida de memoria, fatiga, anorexia e insomnio.

El síndrome renal que se interpreta como nefropatía intersticial evolutiva que produce insuficiencia renal crónica, hipertensión arterial y retención de líquido.

2.2.4. Plomo

El Plomo se caracteriza por su símbolo Pb perteneciente al grupo P de los metales de la tabla periódica, es de color gris azulado, su estado habitual es sólido en el medio ambiente. Pb es un metal que consta de cuatro isótopos estables, ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb y ^{208}Pb . Los tres últimos surgen de la descomposición de la serie radiactiva. ^{238}U , ^{235}U y ^{232}Th respectivamente. El plomo rara vez se encuentra en estado elemental, se encuentra comúnmente como galena (PbS), carbonato (PbCO_3) y anglesita (PbSO_4)⁷.

El uso del plomo comenzó en la era neolítica, alrededor del 3500 antes de Cristo, de modo que la historia del uso del plomo abarca unos 5000 años. El plomo es el metal más ubicuo y al que se le ha encontrado muchos usos. Como ocurre en minerales altamente concentrados de los que se extrae fácilmente, la disponibilidad de plomo es mucho mayor de lo que su abundancia natural podría sugerir. Su importancia ambiental deriva de su utilidad y disponibilidad³¹.

En épocas más actuales se utiliza para mejorar las clasificaciones de octano de la gasolina. El uso de plomo para mejorar la calidad del vidrio probablemente se originó en Egipto como se ha evidenciado en las pinturas murales encontradas en Tel-el-Emara mostrando las diversas etapas de la fabricación del vidrio. El plomo también se usa ampliamente en baterías de plomo-ácido, en tuberías, soldadura, revestimiento de cables, radiación blindaje y municiones mientras el 'plomo blanco', fue muy ampliamente utilizado hasta hace relativamente poco como un importante componente de pintura blanca para interiores³².

Las principales fuentes de emisión del plomo, son la industria que se encarga de la elaboración de la batería, colorantes, explosivos, antidetonante en gasolina, cellocord AP, recubrimiento de cable, tuberías, cisternas, aislamiento para radiaciones, fabricación de municiones, pigmentos para pinturas y barnices⁷.

2.2.4.1. Toxicocinética del plomo

La toxicocinética del Pb para los humanos se ha estudiado ampliamente en varios modelos que es publicado simulando la absorción y distribución compleja y eliminación del plomo en la sangre, tejidos blandos y huesos³³.

a) Absorción

- **Tracto respiratorio:** El Pb en partículas submicroscópicas pueden ser absorbidas en su totalidad mediante la vía respiratoria a diferencia de las partículas grandes que puede moverse después del depósito en el tracto respiratorio por aclaramiento mucociliar hacia la orofaringe y luego ser nuevamente tragado³³.
- **Tracto gastrointestinal:** La fracción de plomo ingerida y absorbida del tracto gastrointestinal depende de muchos factores, incluida la edad, la dieta, la nutrición gastrointestinal de Pb acontece en el duodeno por mecanismos de saturación.
- **Dérmica:** El Plomo en su forma inorgánica se absorben después de la exposición por vía inhalatoria, vía oral y dérmica, hay que resaltar que la exposición por vía dérmica es muy lenta que las dos antes mencionadas, de acuerdo a los análisis desarrollados en animales han demostrado que el plomo en su forma orgánica también se absorbe por la vía dérmica o piel.

b) Distribución

La distribución de plomo en el cuerpo es independiente de la ruta y, en adultos, aproximadamente el 94 % de la carga corporal total de plomo se encuentra en los huesos en comparación con aproximadamente el 73 % en niños.

El plomo en la sangre se encuentra principalmente en los glóbulos rojos. Condiciones como embarazo, lactancia, la menopausia y la osteoporosis aumentan la resorción ósea y, en consecuencia, también aumentan el plomo en sangre. El plomo se puede

transferir de la madre al feto y también de la madre a los bebés a través de leche materna³³.

Luego de su absorción el plomo se distribuye en compartimentos, en primer lugar, circula en sangre unido a los glóbulos rojos, el 95 % del plomo está unido al eritrocito, luego se distribuye a los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blanco de su toxicidad. De entre todos los compartimentos el esqueleto es quien contiene la gran mayoría del plomo almacenado. La vida media del plomo en el hueso es de 20 a 30 años

- **Metabolismo**

El metabolismo del plomo inorgánico consiste en la formación de complejos con una variedad de proteínas y ligandos no proteicos. Los compuestos orgánicos de plomo se metabolizan activamente en el hígado por desalquilación oxidativa por Enzimas P-450.

- **Excreción**

El plomo llega a eliminarse esencialmente por la orina y las heces, individualmente por la vía de exposición. En menor cantidad por las vías de excreción que incluyen transpiración, secreción salival, cabello, uñas, lactancia y el semen.

La eliminación del Pb por diferentes fases es el reflejo a los depósitos de Pb en diferentes movimientos de las retenciones. El tiempo medio de eliminación aparente en sangre varía con la edad e historial de exposición y varía de 1 semana a 2 años. Se produce la eliminación de plomo del hueso con un tiempo medio aparente de 1 a 2 décadas.³⁴. En la figura 2 se puede ver esquemáticamente la toxicocinética del plomo³⁵.

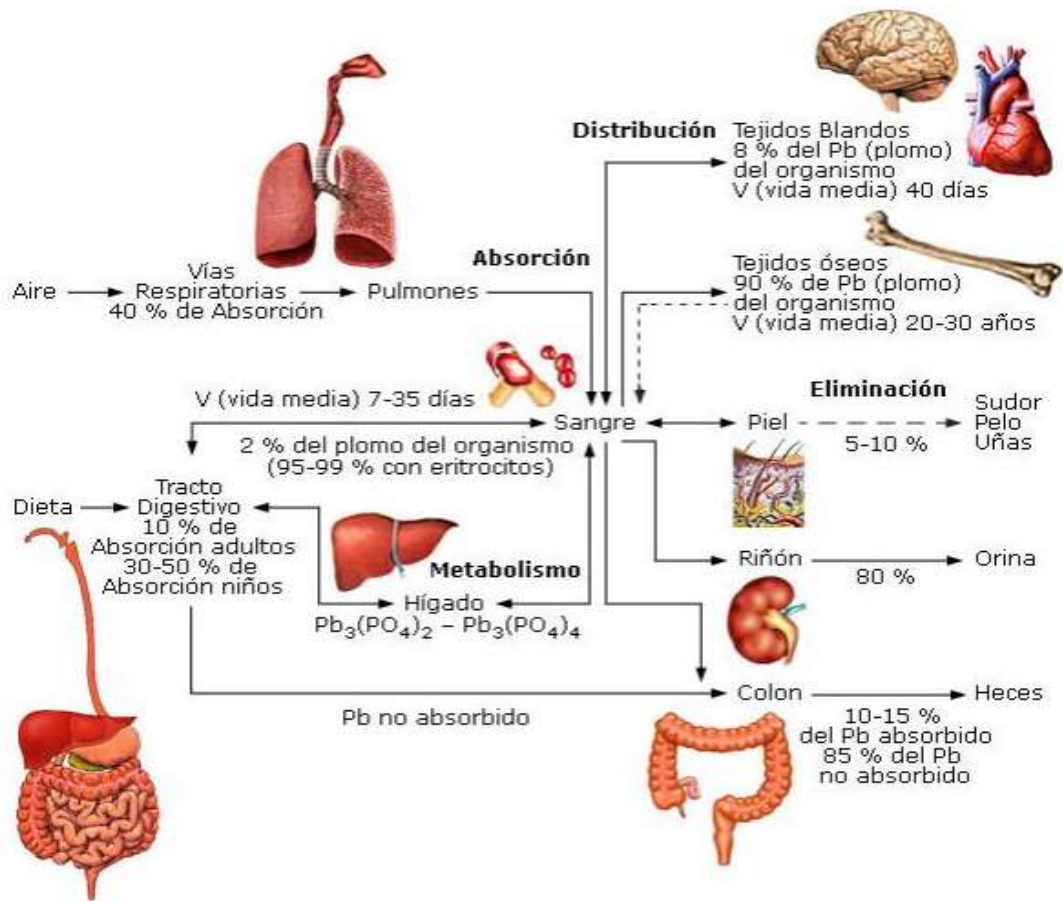


Figura 2: Toxicocinética del plomo

2.2.4.2. Toxicodinámica del plomo

El plomo (Pb) puede ser fácilmente absorbido por el intestino, el pulmón y con menos frecuencia a través de la piel y casi el 90 % se une a las proteínas de los eritrocitos (albúmina). A través de endocitosis y / o eritrofagocitosis situándose en el tejido hepático y renal en el que se exhibe los daños oxidativos en las células y tejidos, y orgánulos celulares (por ejemplo, desacoplando la cadena respiratoria en las mitocondrias).

Se ha formulado una hipótesis para describir la toxicodinámica del riñón por toxicidad por Pb. Hipotéticamente, Pb^{2+} compete con Ca^{2+} y se desregula la homeostasis del calcio. Como resultado, la liberación de Ca^{2+} de las mitocondrias es estimulado al iniciar la

apertura de la mitocondria por un poro transicional; a su vez, produce daños mitocondriales totales, generación de especies reactivas y estrés oxidativo incluyendo metabolismo lipídico alterado³⁶.

Entre las células, los túbulos proximales son más susceptibles a la inducción del daño celular seguido de apoptosis. Estudios sobre cultivos primarios de células tubulares proximales de rata (rPT) sugirieron que Pb^{2+} eleva la concentración de calcio mitocondrial citosólico, $[Ca^{2+}]$ y agota el retículo endoplásmico (ER) $[Ca^{2+}]$ al actuar sobre el aceptor de 1,4,5-trifosfato (IP3R) el inositol. Desde el punto de vista diferente, Pb también dificulta la integridad de uniones célula-célula (unión apretada) y modificar la estructura celular. La polaridad alterada y el transporte vectorial de las células epiteliales también podrían ser una posible consecuencia de la estructura atípica de unión célula-célula después de reducción de la luz del túbulo proximal renal y pérdida de microvellosidades³⁶.

El mecanismo molecular de la toxicidad aún no está bien definido del Pb ya que posee una afinidad para el grupo sulfhidrilo, estas enzimas son dependiente de Zinc, como la D-amino levulínico-deshidratasa, coproporfirinógeno oxidasa y ferroquelatasa; dando el resultado al aumento del Zinc- protoporfirina y la anemia. La influencia del Pb en el flujo y el evento regulado por Ca^{+} van estimular a la calmodulina y cAMP fosfodiesterasa, perfeccionando a la fosforilación de la proteína que es el mecanismo de la calmodulina en la vesícula sináptica e interfiriendo con el metabolismo del Ca^{+} , un segundo mecanismo es la capacidad para inducir al estrés oxidativo; implicando la producción de las reacciones de oxígeno y nitrógeno, que es una reducción directa de la reserva de antioxidante y la disminución de la concentración del glutatión³⁷.

- Plomo y riñón

El plomo es un xenobiótico tóxico que causa una alteración crítica en diferentes condiciones en la etapa fetal. Aunque es tóxico, se ha encontrado o incorporado en diferentes productos incluyendo pinturas, cintas de agua, cosméticos, combustible, etc. por sus diferentes propiedades, como bajo punto de fusión, resistencia a la corrosión. Como resultado, gastrointestinal, hematológico se han registrado trastornos reproductivos, inmunológicos. El riñón es uno de los sitios específicos de toxicidad de plomo por ser una importante ruta de excreción del cuerpo y facilita el daño renal a través del estrés oxidativo y peroxidación lipídica⁷, observándose en la figura 3.

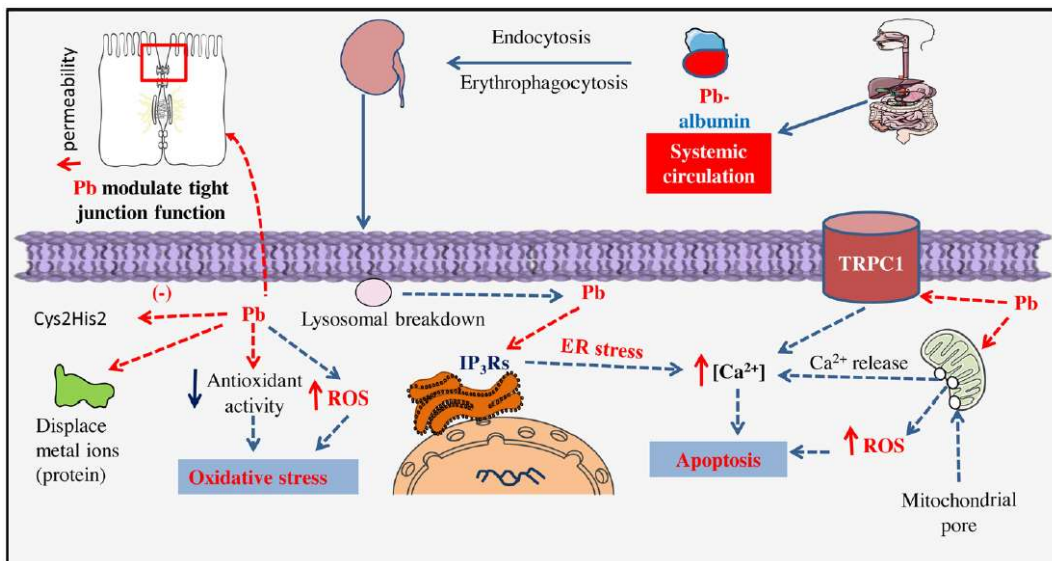


Figura. 3. Toxicodinamia de la toxicidad renal inducida por plomo

2.2.5. *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”)

a) Taxonomía¹⁵

Reino: *Animalia*

Filo: *Chordata*

Clase: *Actinopterygii*

Orden: *Perciformes*

Familia: *Scombridae*

Género: *Scomber*

Especie: *S. scombrus*

b) Hábitat y distribución

La “caballa” vive usualmente en aguas cálidas, con rango de temperatura que oscilan 14°C y 23°C. La salinidad del agua varía entre 34,80 y 35.25ups, sin embargo, esta especie prefiere temperatura que varían 15°C a 19°C, con una salinidad que puede variar desde 34,90 a 35,20 ups y oxígeno de 2,0 a 6,0 mL / L. Los cardúmenes de la “caballa” se dividen y se concentran en relación a la alteración que interactúa en las aguas que están frente al litoral que se acercan a la costa en el verano o en fenómenos de El Niño y se distancia a lo largo del invierno o en los fenómenos de La Niña¹⁵.

c) Alimentación

La “caballa”, durante el período 1977 - 1981, se alimenta preferentemente de la anchoveta, zooplancton y fitoplancton, hay que resaltar que en el fenómeno El Niño entre los años 1982 - 1983, sus alimentos se han pluralizado en algunos peces de la familia *Myctophidae*¹⁵.

d) Importancia para el hombre

El principal beneficio del pescado “caballa”, es su alto contenido ácido graso poliinsaturado de cadena larga de la serie omega, su nombre químico es ácido eicosapentaenoico y el ácido docosahexaenoico, los cuales actúan protegiendo el corazón y el sistema cardiovascular, previniendo una gran variedad de patologías cardiovasculares¹⁵.

2.2.6. *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”)

a) Taxonomía⁶

Reino: *Animalia*

Filo: *Chordata*

Clase: *Actinopterygii*

Orden: *Perciformes*

Familia: *Scombridae*

Género: *Sarda*

Especie: *S. chiliensis*

b) Hábitat y distribución

Forma agrupaciones como cardúmenes en aguas costeras y cerca de arrecifes oceánicos. Su distribución va desde el norte del Perú hasta Talcahuano (Chile)⁶.

c) Alimentación

El “bonito” es un pescado pelágico que poseen ácidos grasos omega 3 que se alimentan por peces pequeños siendo las “sardinias”, “anchoas” y “jureles” al que le atacan los cardúmenes⁶.

d) Importancia para el hombre

El pescado *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) presenta por cada 100 g de porción comestible un contenido proteico de 23,40 g, calcio 24 mg, hierro 0,7 mg y vitamina C 1,6 mg, siendo una gran fuente de nutrientes para el ser humano, debido a su alto contenido proteico¹¹.

2.2.7. Marco legal

La Norma Técnica Peruana que regula la concentración de tóxicos en los alimentos de consumo humano es emitida por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES); según Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016 SANIPES-DE 23 JUN 2016, en donde se incluye el Manual "Indicadores Sanitarios y de Inocuidad

para los Productos Pesqueros y Acuícolas para Mercado Nacional y de Exportación", los contenidos máximos permitidos de metales pesados en productos pesqueros y acuícolas de consumo humano directos son los siguientes:

Tabla 1. Concentraciones máximas de mercurio y plomo en “caballa” y “bonito” según Codex Alimentarius, SANIPES y Unión Europea

Concentración de mercurio en “caballa”	1,0 mg / kg.
Concentración de plomo en “caballa”	0,30 mg / kg.
Concentración de plomo en “bonito”	0,30 mg / kg.
Concentración de mercurio en “bonito”	1,0 mg / kg.

2.3. Formulación de la Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

Los pescados *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) expendidos en el terminal pesquero de Ventanilla-Lima, presentan concentraciones de mercurio y plomo que superan los límites máximos permisibles según el Codex *Alimentarius*, SANIPES y Unión Europea.

2.3.2. Hipótesis específicas

- a. La concentración de mercurio en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera los límites establecidos por el Codex *Alimentarius*, SANIPES y Unión Europea en Lima el año 2019.
- b. La concentración de mercurio en *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera los límites establecidos por el Codex *Alimentarius*, SANIPES y Unión Europea en Lima el año 2019.

- c. La concentración de plomo en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera los límites establecidos por el Codex *Alimentarius*, SANIPES y Unión Europea en Lima el año 2019.
- d. La concentración de plomo en *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera los límites establecidos por el Codex *Alimentarius*, SANIPES y Unión Europea en Lima el año 2019.
- e. Las concentraciones de mercurio y plomo en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) es superior a las concentraciones en *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) en los pescados que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

En el presente capítulo se describe el método de investigación utilizado para el estudio realizado y los materiales, equipos y técnicas utilizadas para el análisis de las muestras.

3.1. Tipo

El estudio realizado es de tipo aplicada, pues busca desarrollar una aplicación práctica para satisfacer necesidades concretas

3.2. Diseño

Tomando como referencia a Hernández³⁸ el estudio sigue un diseño no experimental, pues no se realizó una manipulación de las variables de estudio, observacional de tipo descriptivo y transversal, ya que la medición solo se realizó una sola vez en un solo periodo de tiempo.

3.3. Enfoque

El estudio sigue un enfoque cuantitativo para determinar los niveles de concentración de mercurio y plomo en las muestras de “bonito” y “caballa”, pues para el análisis se tomarán datos numéricos de concentraciones de mercurio y plomo para compararlos con los límites establecidos.

3.4. Método

El estudio realizado sigue un método deductivo, pues de los resultados obtenidos es posible deducir la contaminación de metales pesados de la población de peces del mar de Ventanilla.

3.5. Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población

La población de estudio estuvo constituida por los pescados *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) expendidos en el terminal pesquero de Ventanilla.

3.5.2. Muestra

Para la toma de muestras se consideró los promedios de peso y talla para cada especie. Para el caso de Sarda *chiliensis chiliensis* (“bonito”) se consideró un tamaño de 40 a 50 cm y 1,5 a 2,8 kg de peso. Para pescados de *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) se consideraron peces con un tamaño de 24 a 30 cm y de 0,244 a 0,300 kg de peso.

3.5.3. Muestreo

El muestreo fue aleatorio tomando como población los puestos de expendio de pescado encontrados en el terminal de Ventanilla. Se tomó como referencia la tabla de muestreo de la NTP ISO 2859-1:2013, Procedimientos de Muestreo para Inspección por Atributos³⁹, siendo el plan de muestreo: Nivel de inspección S1 nivel de calidad aceptable (NCA).

La determinación del tamaño de la muestra biológica para estimar la concentración promedio de mercurio y plomo fue la siguiente fórmula.

$$n \geq \frac{Z^2 \times S^2}{e^2}$$

Dónde:

Z= 1.96, Valor de la distribución normal estándar para asegurar un nivel de confianza del 95% para la estimación de la concentración promedio de mercurio.

S= 0.0042 ppm, desviación estándar de la concentración de mercurio

e= 0.003 ppm, valor fijado de la precisión u error de estimación.

$$n \geq \frac{1.96^2 \times 0.0042^2}{0.003^2} = 8$$

Luego se necesitó como mínimo 8 unidades elementales (pescados) para estimar la concentración promedio de mercurio.

De manera similar se determinó el tamaño mínimo para estimar la concentración promedio de plomo ($s = 0.0048$).

$$n \geq \frac{1.96^2 \times 0.0048^2}{0.003^2} = 10$$

Luego se necesitó como mínimo 10 unidades elementales (pescados) para estimar la concentración promedio de plomo.

De esta manera el tamaño de muestra estuvo comprendido en el total de veinte muestras 10 de *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y 10 *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) expendidos en el terminal pesquero de Ventanilla.

3.5.4. Criterios de inclusión y exclusión

3.5.4.1. Criterios de inclusión

- a) Pescados con ojos salientes, de color claro y una pupila negra y brillante. Piel firme de color claro, las escamas no se desprenden con facilidad. Branquias de color rojo intenso o rosado, olor típico a mar y algas, mucho hielo para mantenerlo fresco.
- b) Pescados de *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) de 40 a 50 cm y de 1,5 a 2,8 kg de peso.
- c) Pescados de *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) de 24 a 30 cm y de 0,244 a 0,300 kg de peso.

3.5.4.2. Criterios de exclusión

Quienes no cumplan con los criterios de inclusión antes mencionados.

3.6. Variable(s) de estudio

Tabla 2: Definición de variables de estudio

	Definición Conceptual	Definición Operacional	Escala
Variable 1 Concentración de mercurio y plomo mg/kg peso húmedo	Cantidad de metal pesado por kilogramo de peso húmedo que se encuentra en los pescados contaminados	Concentración máxima de mercurio y plomo según Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea	Cuantitativa continua
Variable 2 Pescados <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) y <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”)	Especies marinas propias del litoral costero del mar peruano	Pescado <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) y <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) extraído de las costas del mar de ventanilla y que cumple los criterios para ser	cualitativa

		incluido en el estudio	
--	--	------------------------	--

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

No se utilizaron instrumentos para recolección de datos de las muestras, se utilizaron los reportes de los análisis de las muestras emitidos por el laboratorio del Centro de Información, Control Toxicológico y apoyo a la gestión ambiental (CICOTOX) de la UNMSM.

3.8. Procesamiento y análisis de datos

Se tomaron muestras al azar de los puntos de venta en la terminal de Ventanilla y se recolectaron en un recipiente hermético de hielo seco para la conservación de la cadena de frío. Luego las muestras fueron llevadas al laboratorio del Centro de Información, control Toxicológica y apoyo a la gestión ambiental de la UNMSM, donde fueron analizadas y se obtuvo información la concentración de mercurio y plomo de las especies de peces estudiadas.

3.8.1. Métodos de análisis de datos estadísticos

En el análisis estadístico de datos se usó hojas de cálculo de Microsoft Excel para la consolidación de los datos y el SPSS V25 para el procesamiento estadístico, Se obtuvieron las estadísticas descriptivas de la concentración de mercurio y plomo (mediana, promedio, coeficiente de variación, desviación estándar) en tablas de frecuencias, gráficos y diagramas de cajas. Para la prueba de hipótesis se utilizó primero la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, se determinó que las muestras no siguen una distribución normal. Por tanto, en la comparación no se pudo usar pruebas paramétricas (prueba T de Student)

y se optó por la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, la cual no requiere distribución normal.

3.8.2. Determinación de Mercurio mediante espectrofotometría de absorción atómica

Bender G⁴⁰ afirma que se fundamenta en la medida de las radiaciones absorbidas por los átomos en su estado basal, absorbiendo una radiación de energía de onda específica emitida por una lámpara que contiene un cátodo. La diferencia entre energía incidente y la transmitida se recoge en un detector, permitiendo realizar la determinación cuantitativa del elemento.

3.8.2.1. Reactivos y estándares

- a. Agua ultrapura
- b. Ácido nítrico concentrado al 65% purificado
- c. Ácido clorhídrico concentrado al 37% purificado
- d. Ácido sulfúrico concentrado grado análisis
- e. Solución patrón de mercurio 1000 mg/L
- f. Permanganato de potasio p.a.
- g. Hidroxilamina p.a.
- h. Persulfato de sodio p.a.
- i. Borohidruro de sodio p.a.
- j. Hidróxido de sodio p.a.
- k. Gas argón UHP

3.8.2.2. Equipos y materiales

- a. Equipo de absorción atómica Thermo Scientific Marca y modelo THERMO SCIENTIFIC ICE 3000 equipado con generador de hidruros
- b. Balanza analítica

- c. Plancha de calentamiento
- d. Micropipetas de 100, 1000 μ L
- e. Pipetas 1,2,5 y 10 mL
- f. Tubos de vidrio con tapa rosca
- g. Fiolas 5,10,50 y 100 mL

3.8.2.3. Condiciones espectrofotométricas

- a. Longitud de onda 253,7 nm
- b. Ranura 0,5 nm
- c. Corrección de fondo: Sin corrección de fondo
- d. Corriente de lampara: 6 Ma (miliamperios)
- e. Tiempo de lectura: 4 segundos
- f. Fuente de luz: Lampara de cátodo hueco de mercurio
- g. Medida de señal: Absorbancia
- h. Flujo de gas argón: 25 mL/min

3.8.2.4. Procedimiento operatorio

a) Preparación de la curva de calibración

Los estándares para la curva de calibración se preparan como sigue:

A partir de una solución stock de mercurio 1000ppm de mercurio se toma 1 mL en una fiola de 100 mL y se lleva a volumen con agua ultrapura, la solución estándar obtenida tiene una concentración de 10ppm. Luego se procede a preparar una solución estándar de 500 ppb en una fiola de 100mL tomando una alícuota de 5mL de la solución estándar preparada previamente (10ppm) y se enraza con agua ultrapura. A partir de la solución de 500ppb se tomaran alícuotas de 0,1mL, 0,5mL, 1mL y 2mL y se llevan a fiolas de 25mL, a continuación se agregan a cada una de las fiolas 4mL de ácido sulfúrico

concentrado y 1mL de ácido nítrico concentrado, se lleva a baño maría por 60 minutos y luego a baño de hielo a 4 °C se adiciona 5mL de permanganato de potasio al 5% y 5mL de persulfato de potasio al 10%, se deja en reposo toda la noche y finalmente se agrega 5mL de hidroxilamina al 12%, todas las soluciones son homogenizadas y llevadas a volumen con agua ultrapura. Las soluciones estándares tienen concentraciones de 2, 10, 20 y 40ppb.

b) Preparación de la muestra para mercurio

- a. Pesar 0,3g de muestra previamente homogenizada en un tubo de vidrio con tapa rosca.
- b. Adicionar a todas las muestras 4mL de ácido sulfúrico concentrado y 1mL de ácido nítrico concentrado.
- c. Luego llevar a baño maría a 50°C por 60 minutos para dar inicio a la digestión.
- d. Posteriormente se lleva a un baño de hielo a 4 °C se adiciona 5mL de permanganato de potasio al 5% y 5mL de persulfato de potasio al 10%,
- e. Se deja en reposo toda la noche
- f. Finalmente se agrega 5mL de hidroxilamina al 12%, llevar a 25mL con agua ultrapura y homogenizar, debe quedar una solución traslucida sin impurezas.

c) Análisis en el equipo de absorción atómica

Procesamiento de los estándares de la muestra

Aspirar directamente las soluciones estándares y muestras por el generador de hidruros. Usar como Carrier una solución de ácido clorhídrico al 10% V/V. Usar como agente reductor una solución que contenga borohidruro de

sodio al 1.5% y 0.5% de hidróxido de sodio. Proceder a realizar la lectura correspondiente según las condiciones descritas en el ítem 2.5.1.3.

3.8.3. Determinación de Plomo en alimentos por espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito.

Ruiz I⁴¹ explica que este método permite la determinación de plomo, que se basa en la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico. Por lo que se mide la disminución de la intensidad de la luz como resultado de la absorción. La muestra hasta la atomización comprende las siguientes etapas: Secado, Calcinado y Atomización.

3.8.3.1. Reactivos y estándares

- a. Todos los reactivos utilizados deben especificar “para análisis” y el agua debe ser ultrapura.
- b. Ácido clorhídrico al 35 % y 37% purificado
- c. Solución patrón de plomo 1000 mg/L
- d. Solución modificadora de matriz fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) al 10%
- e. Gas argón UHP

3.8.3.2. Equipos y materiales

- a. Equipo de absorción atómica Thermo Scientific Marca y modelo THERMO SCIENTIFIC ICE 3000 equipado con horno de grafito
- b. Balanza analítica
- c. Mufla eléctrica
- d. Plancha de calentamiento
- e. Micropipetas de 1000 μL

- f. Viales de polipropileno de 1,5mL
- g. Fiolas de 10, 25 y 100mL.

3.8.3.3. Condiciones espectrofotométricas

- a. Longitud de onda: 217,0 nm
- b. Ranura (Slit): 0,1 nm
- c. Corrección de fondo: Lámpara de deuterio (D2)
- d. Corriente de lámpara: 10 mA(miliamperios)
- e. Tubo de grafito: Normal
- f. Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de plomo
- g. Medida de señal: Área de pico

3.8.3.4. Procedimiento operatorio

a) Preparación de la curva de calibración

Los estándares para la curva de calibración se preparan como sigue:

A partir de una solución stock de plomo 1000 ppm de mercurio se toma 1 ml y se prepara una solución a una concentración de 10000 ppb con agua ultrapura en una fiola de 100 mL. Luego se tomarán alícuotas de 0,05mL, 0,1 mL, 0,2 mL, 0,3 mL para preparar soluciones de 50, 100,200 y 300 ppb en fiolas de 10 mL. Luego se lleva a volumen con agua ultrapura.

b) Preparación de soluciones

Solución modificadora de plomo

- a. Adicionar 2 mL de fosfato de amonio 10 % en una fiola de 100 mL
- b. Llevar a volumen con agua ultrapura y homogenizar

c) Preparación de la muestra

- a. Pesar 6 g previamente homogenizada y transferirlo a un crisol
- b. Colocar los crisoles y secar en una estufa a 105 °C por 3 horas

- c. Colocar los crisoles en plancha de calentamiento e incrementar la temperatura gradualmente a 350 °C aproximadamente hasta completar la precalcificación.
- d. Llevar las muestras precalcificadas a una mufla y elevar la temperatura gradualmente hasta 500 °C y calcinar a esta temperatura por 8 horas.
- e. Enfriar y adicionar una solución de ácido clorhídrico 6 M, calentar en una planta termostática por 5 minutos y transferir a una fiola de 25 mL y llevar a volumen con agua ultrapura.
- f. Filtrar un volumen necesario por un filtro de membrana de 0.45 µm y proceder a realizar las lecturas.

d) Lectura en el equipo de absorción atómica

Se toma una alícuota de 900 µL de solución modificadora de plomo y 100 µL de blancos estándares y muestras según corresponda en viales de polipropileno, luego homogenizar. Se colocan los viales en el autoestrador del horno de grafito y proceder a realizar la lectura correspondiente según las condiciones descritas en el ítem 3.8.3.3.

3.9. Aspectos bioéticos

No aplica

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Tabla 3: Distribución de las muestras de “bonito” y “caballa” que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019 según valores permisibles Plomo y mercurio.

Estado	n	Casos no permisibles	Porcentaje no permisibles	Mediana
--------	---	----------------------	---------------------------	---------

Concentración de Plomo mg / kg	“bonito”	10	1	10,0	0,030
	“caballa”	10	2	20,0	0,173
	Total	20	3	15,0	0,136
Concentración de Mercurio mg / kg	“bonito”	10	0	0,0	0,248
	“caballa”	10	0	0,0	0,125
	Total	20	0	0,0	0,194

La tabla 3 muestra que, según Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea el 10 % (n = 1) de las muestras de *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) contenían valores de plomo mayores al máximo permisible (> 0,3 mg / kg); mientras que en el caso de las muestras de *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) este porcentaje se elevó al 20 % (n=2).

Con respecto a la concentración de mercurio, ambas especies *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) contenían valores de mercurio permisibles (<1,0 mg / kg).

El valor mediano nos indica la concentración máxima del 50 % de las muestras.

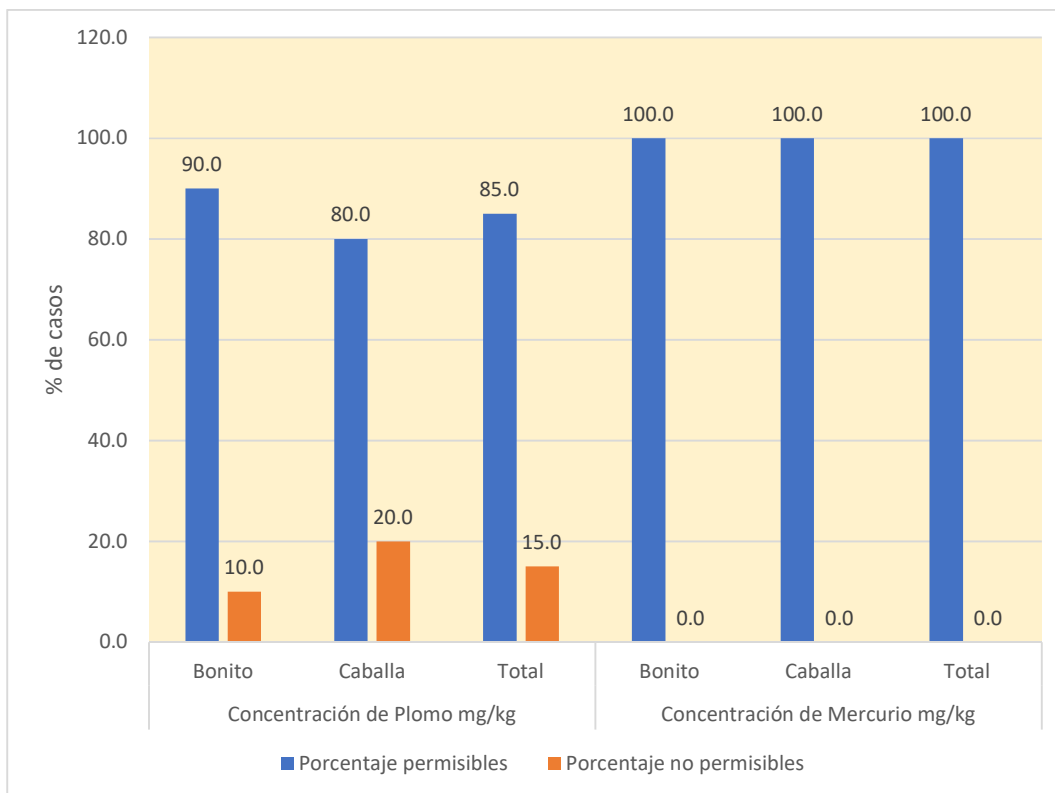


Figura 3: Distribución de las muestras de “bonito” y “caballa” que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019 según valores permisibles Plomo y mercurio. Elaboración propia

La figura 3 muestra que el 10 % (n = 1) de las muestras de *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) contenían valores de plomo mayores al máximo permisible (> 0,3 mg / kg); mientras que en el caso de las muestras de *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) este porcentaje se elevó al 20 % (n = 2).

Con respecto a la concentración de mercurio, ambas especies *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) contenían valores de mercurio permisibles (<1,0 mg / kg)

Tabla 04: Concentración de Plomo mg/kg en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019.

Pescado	n	Media	Desviación estándar	CV%	Mínimo	Máximo
“bonito”	10	0,086	0,129	149,7%	0,000	0,397

La tabla 4 indica que la concentración promedio de plomo en las muestras de “bonito” fue de 0,086 mg / kg con una desviación estándar de 0,129 mg / kg lo cual junto con el coeficiente de variación (CV) indica una alta variabilidad en la concentración de este metal (CV=149,7 %). El valor máximo alcanzado en una muestra fue de 0,397 mg / kg el cual supera el límite máximo permisible de plomo.

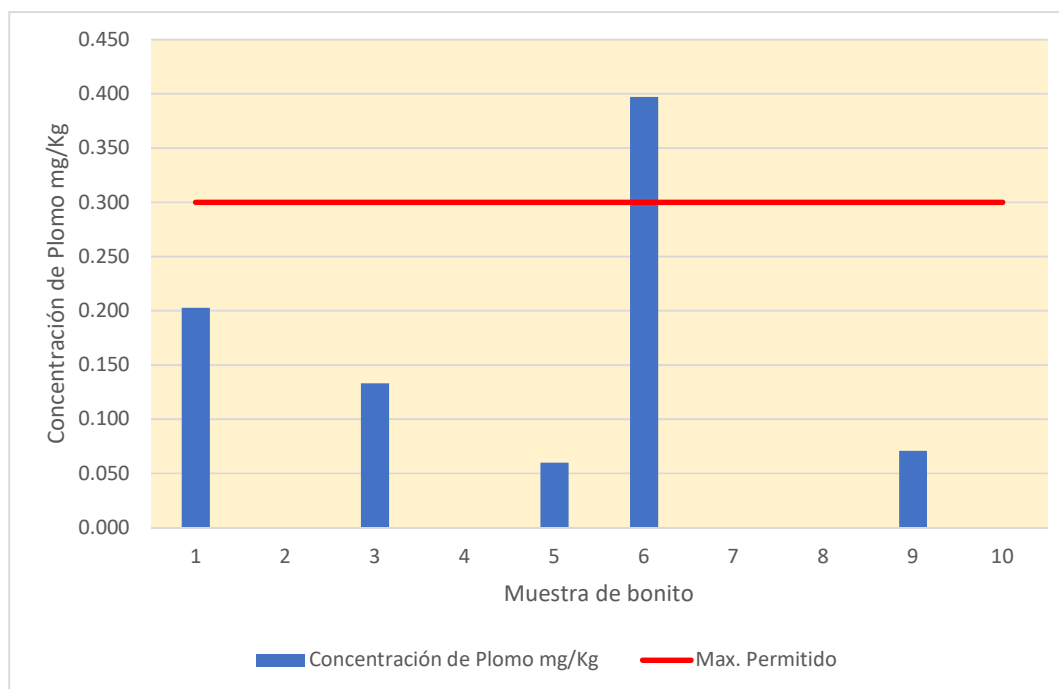


Figura 04: Distribución de la concentración de Plomo mg/kg en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019: Elaboración propia

La figura 04 indica que la muestra #6 presento el valor más alto mientras que las muestras # 2, 4, 7, 8, y 10 presentaron valores por debajo del límite de detección (< 0,004 mg / kg) los cuales fueron consignados como 0 mg / kg en el presente trabajo.

Tabla 05: Concentración de Plomo mg/kg en *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima en el año 2019.

Pescado	n	Media	Desviación estándar	CV %	Mínimo	Máximo
“caballa”	10	0,197	0,090	45,8 %	0,102	0,369

La tabla 5 indica que la concentración promedio de plomo en las muestras fue de 0,197 mg / kg con una desviación estándar de 0,090 mg / kg lo cual junto con el coeficiente de variación (CV) indica una menor variabilidad en la concentración (CV=45,8 %) en comparación al “bonito”. El valor máximo reportado supera el límite máximo permisible.

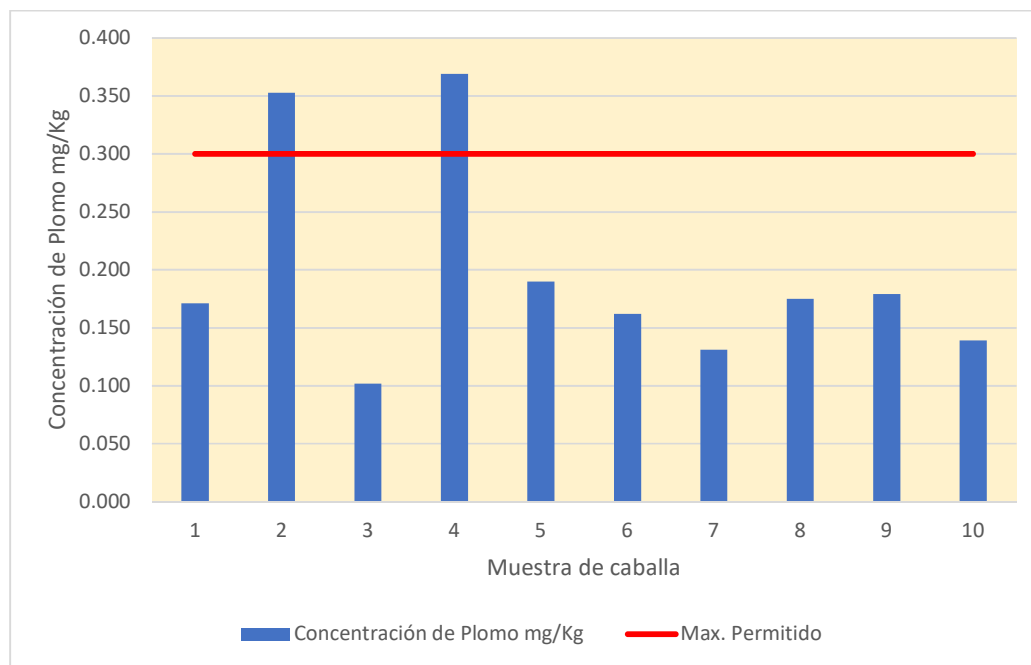


Figura 05: Distribución de la concentración de Plomo mg/kg en *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima en el año 2019. Elaboración propia

La figura 05 indica que la muestra #4 presento el valor más alto seguido de la muestra # 2 ambas superaron el máximo permisible, mientras que el resto de las muestras presentaron valores permitidos, ninguno de ellos presento ausencia de plomo.

Tabla 06 Concentración de mercurio mg/kg en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019.

Pescado	n	Media	Desviación estándar	CV %	Mínimo	Máximo
“bonito”	10	0,279	0,135	48,3 %	0,110	0,558

La tabla 6 indica que la concentración promedio de mercurio en las muestras de “bonito” fue de 0,279 mg / kg con una desviación estándar de 0,135 mg / kg lo cual junto con el coeficiente de variación (CV) indica una variabilidad considerable en la concentración de este metal (CV=48,3 %). El valor máximo alcanzado en una muestra fue de 0,558 mg / kg el cual no supera el límite máximo permisible de mercurio (1 mg / kg).

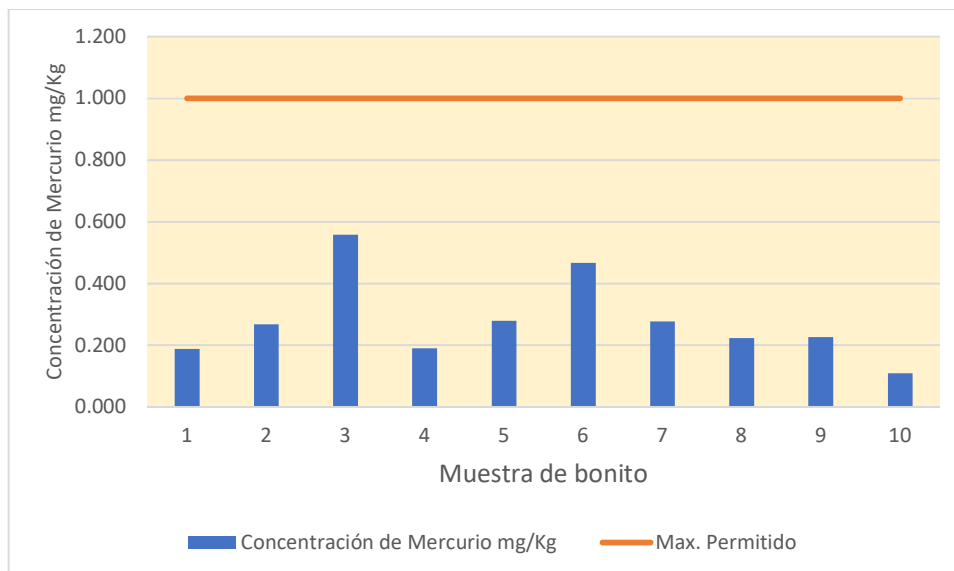


Figura 06: Distribución de la concentración de mercurio mg/kg en *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima en el año 2019: Elaboración propia

La figura 06 indica que todas las muestras de “bonito” presentaron mercurio, sin embargo, las concentraciones de mercurio están muy por debajo del máximo permisible.

Tabla 07: Concentración de mercurio mg / kg en *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima en el año 2019.

Pescado	n	Media	Desviación estándar	CV %	Mínimo	Máximo
“caballa”	10	0,162	0,100	61,5 %	0,058	0,410

La tabla 7 indica que la concentración promedio de mercurio en las muestras de “caballa” fue de 0,162 mg / kg con una desviación estándar de 0,100 mg / kg lo cual junto con el coeficiente de variación (CV) indica una variabilidad ligeramente superior al “bonito” (CV=61,5 %). El valor máximo alcanzado en una muestra fue de 0,410 mg / kg, no supera el límite máximo permisible de mercurio (1 mg / kg), el valor mínimo fue de 0,058 mg / kg.

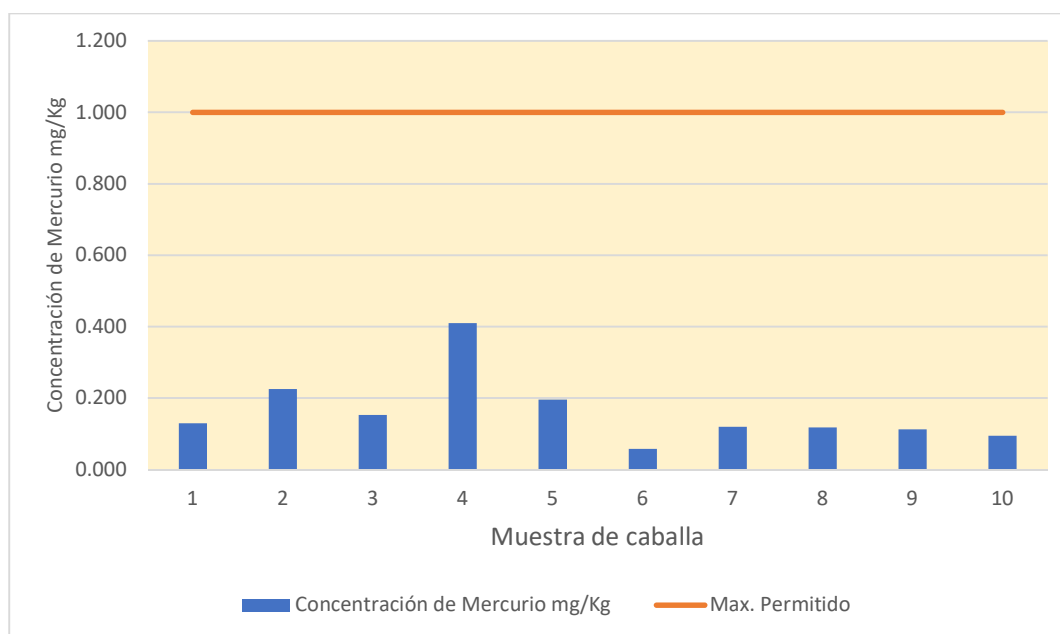


Figura 07: Distribución de la concentración de mercurio mg/kg en *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima en el año 2019. Elaboración propia

La figura 7 indica que la muestra #4 tiene un valor que casi duplica al resto, pero todas las muestras presentaron concentraciones de mercurio muy por debajo del máximo permisible, y además ninguno de ellos presentó ausencia de mercurio.

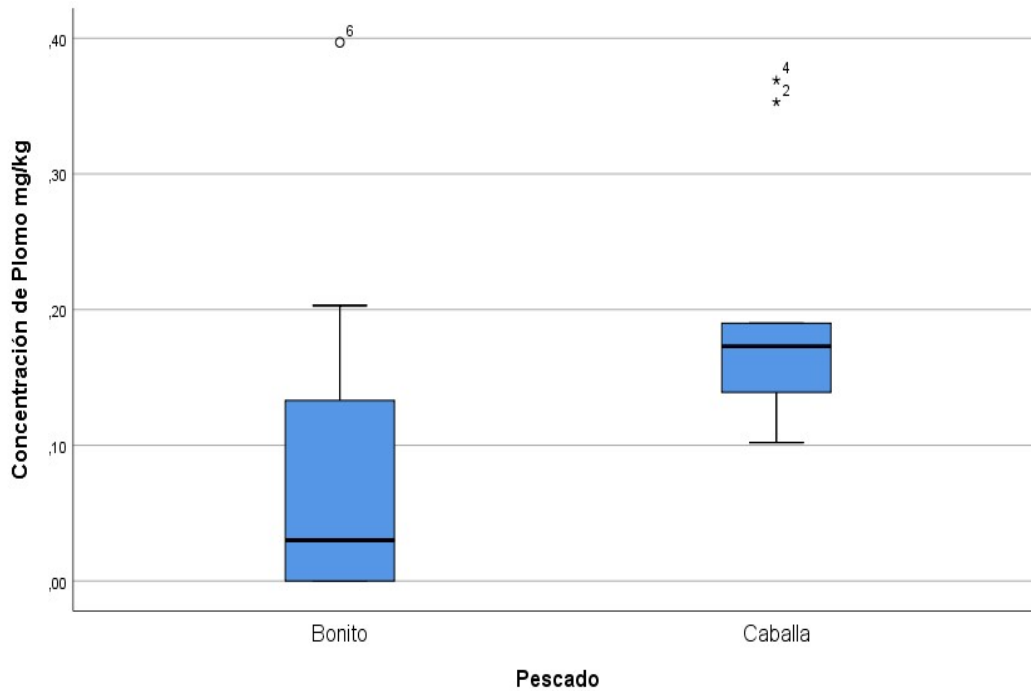


Figura 08: Distribución de la concentración de Plomo mg/kg en “bonito” y “caballa” que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima en el año 2019. Elaboración propia

La figura 08 indica que en el caso de las concentraciones de plomo en el pescado “bonito” se observó un valor atípico (muestras #6) mientras que en el caso de la “caballa” hay 2 valores extremos (muestras #4 y #2), además en el caso del “bonito” observamos un mayor aglutinamiento de la concentración de plomo en valores bajos (asimetría positiva de la caja). Todas estas características sugieren que la distribución se aleja de un comportamiento normal en ambas especies.

Por otro lado, las amplitudes de las cajas evidencian una mayor dispersión en los valores del “bonito” en comparación a la “caballa”. En cuanto al valor central, la mediana de la concentración de plomo en la “caballa” es superior a la del “bonito”

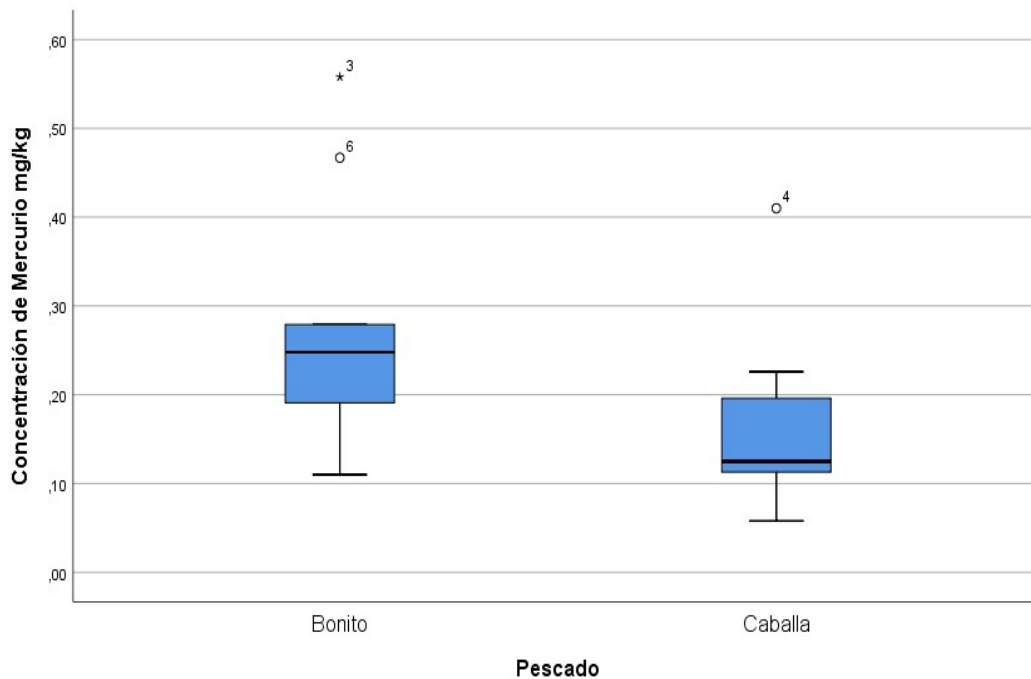


Figura 09: Distribución de la concentración de mercurio mg/kg en “bonito” y “caballa” que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima en el año 2019: Elaboración propia

La figura 09 indica que en el caso de las concentraciones de mercurio en el pescado “bonito” se observó un valor extremo y otro atípico (muestras # 6 y 3 respectivamente) mientras que en el caso de la “caballa” únicamente un valor extremo (muestras #4), además en el caso de la “caballa” observamos un mayor aglutinamiento de la concentración de mercurio en valores bajos (asimetría positiva de la caja), Todas estas características sugieren que la distribución se aleja de un comportamiento normal en ambas especies.

Por otro lado, las amplitudes de las cajas evidencian dispersiones similares. En cuanto al valor central, la mediana de la concentración de mercurio en la “caballa” es inferior a la del “bonito”.

Tabla 8: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

		Concentración de Plomo mg / kg	Concentración de Mercurio mg / kg
Pescado	N	10	10
“bonito”	Estadístico de prueba	0,252	0,300
	p valor	,071 ^c	,011 ^c
“caballa”	N	10	10
	Estadístico de prueba	0,331	0,236
	p valor	,003 ^c	,123 ^c

La tabla 8 presenta una prueba formal para determinar si las mediciones de la concentración de los metales siguen o no una distribución normal.

H₀: La concentración del metal sigue una distribución normal.

H₁: La concentración del metal no sigue una distribución normal.

Criterio: Si el p valor es inferior a 0,05, se rechaza H₀ a favor de H₁, de lo contrario, no se rechaza H₀.

Como el p valor es menor que 0,05 en el caso de la concentración de mercurio (p valor = 0,011) en “bonito” y de plomo en “caballa” (p valor = 0,003) se rechaza la H₀ y se concluye que para estos casos la concentración del metal no sigue una distribución normal. Por tanto, en la comparación no se pudo usar pruebas paramétricas (prueba T de Student) y se optó por la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, la cual no requiere distribución normal.

Tabla 9: Comparación de la distribución de los valores de plomo y mercurio mg/kg en “bonito” y “caballa” que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima en el año 2019.

	Concentración de Plomo mg / kg	Concentración de Mercurio mg / kg
U de Mann-Whitney	20,000	20,000
W de Wilcoxon	75,000	75,000
Z	-2,285	-2,268
Sig. asintótica(bilateral)	0,022	0,023
p valor (Significación exacta)	0,023	0,023

La prueba U de Mann-Whitney contrasta las hipótesis:

H₀: La concentración de plomo en “bonito” es igual al de la “caballa”.

H₁: La concentración de plomo en “bonito” no es igual al de la “caballa”.

Como el p valor es menor a 0,05 (p valor = 0,023) se rechaza H₀ y se concluye que las concentraciones de plomo son diferentes en ambas especies. El valor de la media y la mediana mostradas en cuadros anteriores permite concluir que la concentración de plomo en la “caballa” es significativamente superior al del “bonito”.

H₀: La concentración de mercurio en “bonito” es igual al de la “caballa”.

H₁: La concentración de mercurio en “bonito” no es igual al de la “caballa”.

Como el p valor es menor a 0,05 (p valor = 0,023) se rechaza H₀ y se concluye que las concentraciones de mercurio son diferentes en ambas especies. El valor de la media y la

mediana mostradas en cuadros anteriores permite concluir que la concentración de mercurio en el “bonito” es significativamente superior al de la “caballa”.

4.2. Discusión de resultados

La presente investigación tuvo el objetivo de determinar si los pescados *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) y *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla presentan mercurio y/o plomo en su composición cárnica y si estos superan los límites establecidos por la Norma Técnica Peruana y La Unión Europea.

Entre los resultados obtenidos, la Tabla 1 muestra que según la normativa Técnico Codex, SANIPES y Unión Europea, el 10% (n = 1) de las muestras de *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) superan los valores permitidos de plomo (> 0,3 mg/kg); mientras que en *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) las muestras superaron el 20% (n = 2).

Estos resultados resultan interesantes, pues se esperaba detectar mayores concentraciones de plomo en pescados *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”), pues estos al tener un mayor tamaño tenderían a acumular una mayor cantidad de plomo, sin embargo, los resultados demostraron lo contrario.

Con respecto a la concentración de mercurio, ambas especies *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) contienen valores de mercurio permisibles (<1,0 mg / kg), sin embargo en todas las muestras de dichos pescados se encontraron mercurio bioacumulado, lo que demuestra que hay una exposición de mercurio continua en los peces, pero esta cantidad por el momento no excede los límites establecidos por Norma Técnica Peruana y La Unión Europea, sin embargo, si esta contaminación continua permanentemente y se incrementa, en un futuro estos peces podrían asimilar más mercurio y sobrepasar los límites permisibles, lo cual sería peligroso por lo que hay que prevenir que no ocurra esta situación.

Con respecto al análisis estadísticos de los datos, al inicio del proyecto se pensó que las concentraciones de las muestras seguirían una distribución normal, sin embargo, al realizar

la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, se evidenció que no lo presentaban, por lo que no se pudo usar pruebas paramétricas (prueba T de Student), como se había planeado en un inicio y se optó por la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, la cual no requiere distribución normal.

La prueba U de Mann-Whitney se pudo demostrar que las concentraciones de plomo son diferentes en ambas especies, siendo en la “caballa” significativamente superior al del “bonito” ($p < 0.05$). Aplicando esta misma prueba también se demostró que las concentraciones de mercurio son diferentes en ambas especies, siendo la concentración de mercurio en el “bonito” mayor que en la “caballa” ($p < 0.05$).

Los resultados demuestran una alta concentración de plomo en 10% de las muestras de *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y 20 % de *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”), estos resultados son similares a los obtenidos por Rivas³ en “trucha”, en las que el 100 % de las muestras analizadas superaron el límite establecido por el Códex Alimentarius, Comunidad Europea y Norma Técnica Peruana, sin embargo, esta alta concentración podría deberse a que la “trucha” es de río y no de mar, en donde existe una mayor contaminación del agua por los relaves y residuos mineros. De manera similar Bertolotti et al⁴, obtiene altas concentraciones de plomo en “trucha” del Río Santa, sobrepasando los límites establecidos por el Códex Alimentarius, Comunidad Europea y Norma Técnica Peruana. Por el contrario, los resultados de este estudio difieren de los resultados de un estudio realizado por Bustinza C⁷ comparando los niveles de plomo y mercurio encontrados en la piel y carne de los peces "Orestias Aggassii y Luteus" en Laguna Umayo, Puno, en comparación con la pesquería peruana normativa sanitaria - SANIPES y normativa de la Unión Europea, no exceden los límites de metales pesados en productos pesqueros y acuícolas destinados al consumo humano directo.

En cuanto a los resultados de concentración de mercurio, donde ninguna de las muestras de este estudio superó los límites permisibles, Cajaleón C¹⁵ también obtuvo resultados similares al analizar muestras de pescado de "liza", "cabrilla", "lorna", "merlusa" y "caballa". En los mares de Huacho y Chorrillos, donde los niveles de concentración de mercurio no eran detectables y por tanto no superaban los valores máximos establecidos.

Tomando en cuenta la investigación de Nifla⁶, que es la más similar a la presente investigación, la cual determinó la concentración de mercurio en "bonito", "caballa", "lisa", "perico" en pescados expendidos en el mercado de Ventanilla obtuvo resultados muy similares a la presente investigación, ya que, la concentración de mercurio en "bonito" y "caballa" fueron inferiores a los límite máximos permisibles, mas no para perico en la cual supero tales límites, demostrándose que en peces de mayor tamaño, que suelen alimentarse de los más pequeños, la tendencia de acumulación de mercurio es mayor que en los de menor tamaño, esto consecuencia de la biomagnificación que presenta el mercurio.

Como se puede ver, estudios recientes de peces en Perú han mostrado niveles de mercurio por debajo del límite recomendado por los entes reguladores en comparación con estudios en otros países como México, en donde Ramírez A et al¹⁶ analizó las especies: "Bagre", "Pez Sierra", "Mojarra" y "Robalo" se obtienen resultados muy similares al presente estudio, pues ninguno supero los límites máximos permisibles. Resultados muy similares obtuvo también Gia P¹⁸, que analizó la concentración de mercurio en los peces "Cachema", "Bagre", "Carita", "Lisa" y "Corvina" que mostró un valor superior siendo un límite de 0,52 mg/kg.

Finalmente, los resultados obtenidos deberían generar preocupación y alerta por parte de los entes reguladores nacionales, pues se ha encontrado concentraciones de plomo que superan los límites máximos permisibles y además de que todas las muestras analizadas tenían

concentraciones menores de mercurio, pero que con el tiempo podría incrementarse, si no se previene el aumento de la contaminación de mercurio.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. Las muestras de *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima presentan concentraciones de plomo superior a los límites máximos permisibles dados según Codex Alimentarius, SANIPES y Unión Europea
2. Las muestras de *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima presentan una concentración media de mercurio de 0,279 mg / kg, siendo el máximo de 0,558 mg / kg y mínimo de 0,110 mg / kg.
3. Las muestras de *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima presentan una concentración media de mercurio de 0,162 mg / kg, siendo el máximo de 0,410 mg / kg y mínimo de 0,058 mg / kg.
4. Las muestras de *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima presentan una concentración media de plomo de 0,086 mg/kg, siendo el máximo de 0,397 mg / kg y el mínimo de 0.
5. Las muestras de *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima presentan una concentración media de plomo de 0,197 mg / kg, siendo el máximo de 0,369 mg/kg y mínimo de 0,102 mg / kg.
6. El 10 % de las muestras de *Sarda chiliensis chiliensis* (“bonito”) y el 20 % de las muestras de *Scomber japonicus peruanus* (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima presentan concentraciones de plomo superior a los límites máximos permisibles dados según normativa del Codex Alimentarius, SANIPES y Unión Europea a diferencia concentraciones de mercurio que ninguna superó los límites máximos permisibles.

5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda realizar estudios complementarios de metales pesados en peces de otros terminales pesqueros que sean cercanos a los grandes yacimientos mineros.
2. Realizar estudios complementarios de la concentración de mercurio en otras especies de peces de mayor tamaño, pues si bien estos no tienen tanta demanda como los peces del presente estudio, estos tienden a acumular mayores niveles de mercurio.
3. Establecer programas de monitoreo estacional para determinar la probable variación anual de los metales de estudio.
4. Realizar estudios donde se evalúen cuáles son las fuentes de contaminación de mercurio y plomo del terminal pesquero de Ventanilla.
5. Realizar estudios en los habitantes de la población cercana al terminal de Ventanilla para evaluar si están siendo afectados con las concentraciones de plomo encontradas en las muestras de peces analizadas.

REFERENCIAS

1. Olmedo P, Pla A, Hernández A, Barbier F, Ayouni L, & Gil F. Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish

- samples. Risk assessment for the consumers. *Environment international*, [Internet]. 2013; 59: 63-72. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.05.005>
2. Ysla Z. ¿Cuáles son los pescados más consumidos por los peruanos? *El Comercio* [Internet]. [Consultado 3 Jul 2019]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/economia/peru/son-pescados-consumidos-peruanos-187852-noticia/?ref=ecr>
 3. Monteiro LR, Costa V, Furness RW, & Santos RS. Mercury concentrations in prey fish indicate enhanced bioaccumulation in mesopelagic environments. *Mar Ecol Prog Ser*, [Internet]. 1996; 141: 21-25. Disponible en: <https://www.int-res.com/articles/meps/141/m141p021.pdf>
 4. González M, Bodas A, Guillén J, Rubio M, Ordóñez J, Trasobares E et al. Exposición al metilmercurio en la población general; toxicocinética; diferencias según el sexo, factores nutricionales y genéticos. *Nutr Hosp.* [Internet]. 2014;30(5):969-988. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v30n5/02revision01.pdf>
 5. Ramírez A. Intoxicación ocupacional por mercurio. *An Fac med* [Internet] 2008;69(1):46-51. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v69n1/a10v69n1.pdf>
 6. Nifla A. Evaluación del contenido de mercurio en pescados comerciales expendidos en el mercado de ventanilla, lima – Perú. [Tesis para optar el Grado de Maestro en Ciencias] Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2017. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3455>
 7. Bustinza C. Evaluación de concentraciones de Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) en *Orestias Aggassii* y *Luteus* (carachi negro y amarillo) en la Laguna Umayo, Distrito de Atuncolla en el departamento de Puno. [Tesis para optar el Título Profesional de

- Ingeniero Ambiental] Puno, Perú: Universidad Privada San Carlos; 2019.
Disponible en: <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4480>
8. Rana M, Tangpong J, & Rahman M. Toxicodynamics of lead, cadmium, mercury and arsenic-induced kidney toxicity and treatment strategy: a mini review. *Toxicology Reports*. [Internet] 2018;5: 704–713. Disponible en: DOI: 10.1016/j.toxrep.2018.05.012.
 9. Rivas W. Determinación de arsénico, mercurio y plomo en truchas (*Oncorhynchus mykiss*), piensos y agua de piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, región Lima. [Tesis para optar el grado de Magíster en Toxicología] Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2018. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10095>
 10. Bertolotti F & Noé N. Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash – Perú. *Rev. Salud tecno. vet.* [Internet] 2018;1: 35-41. Disponible en: DOI:10.20453/stv.v6i1.3376
 11. Battino M, Domínguez I, Sumalla S, Gracia S, Masías M, Perez L, Fernandez F, Dzul L. García A. Fundación Universitaria Iberoamericana [Internet]. [Consultado el 10 de noviembre de 2019] Disponible en: <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/PESCADO-BONITO-PC-4>
 12. Battino M, Domínguez I, Sumalla S, Gracia S, Masías M, Perez L, Fernandez F, Dzul L. García A. Fundación Universitaria Iberoamericana [Internet]. [Consultado el 10 de noviembre de 2019] Disponible en: <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/PESCADO-CABALLA-FRESCO-CRUDO-4>
 13. Afan K & Flores V. Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca – octubre 2017.

[Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico]. Cajamarca, Perú. Universidad Privada Norbert Wiener.2018. Disponible en:
<http://repositorio.uwiener.edu.pe/xmlui/handle/123456789/1853>

14. Castro R. Contaminación por Metales Pesados Cadmio y Plomo en Agua, Sedimento y en Mejillón *Mytella Guyanensis* (Lamarck, 1819) en los Puentes 5 de Junio y Perimetral (Estero Salado, Guayaquil - Ecuador). [Tesis para optar el Título Profesional de Biólogo]. Guayaquil, Ecuador. Universidad de Guayaquil. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20970>
15. Cajaleon C, Concepción D. Determinación de la concentración de arsénico y mercurio por espectrofotometría de absorción atómica en peces procedentes del mar de Huacho y Chorrillos. [Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico] Lima, Perú: Universidad Inca Garcilaso de la Vega; 2018. Disponible en: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/2678>
16. Ramírez A, Gilberto E, Rodríguez H. Determinación de mercurio en pescado fresco que se comercializa en el área metropolitana de monterrey. *Rev Salud Publica Nutr* 2017; 16 (1). Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=74485>
17. Cedeño M. Determinación de Cd y Pb en muestras de hígado y tejido muscular en cinco especies de peces marinos comerciales [Tesis para optar el Grado de Maestro en Manejo Sustentable de Biorrecursos y Medio Ambiente] Guayaquil, Ecuador: Universidad De Guayaquil; 2016. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/25183>
18. Gia P. Niveles de mercurio en cinco variedades de pescados que más se expenden en el mercado Municipal de Puerto Bolívar, Cantón Machala. [Tesis para optar el título de Ingeniera en Alimentos] Machala, Ecuador: Universidad Técnica de

Máchala; 2015. Disponible en:
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2872>

19. Vergara E. Rodríguez P. Presencia de mercurio, plomo y cobre en tejidos de *Oreochromis niloticus*: sector de la cuenca alta del Rio Chicamocha, vereda Volcán, Paipa, Colombia. *Producción Limpia*. 2015; 10(2): 114-126. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v10n2/v10n2a11.pdf>
20. Ortega M. Niveles de plomo y mercurio en muestras de carne de pescado importado y local. *Pediatría*. 2014; 47(3): 51-54. Disponible en:
[https://doi.org/10.1016/S0120-4912\(15\)30135-X](https://doi.org/10.1016/S0120-4912(15)30135-X)
21. Barraza M., Recabarren M. & Sanzano P. Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea. [Tesina de la Orientación de Tecnología de los Alimentos, presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Veterinario]. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 2018. Tandil, Argentina. Disponible en:
<http://ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/1759>
22. Ministerio para la Transición Ecológica [Internet]. Madrid: [consultado el 12 de noviembre de 2019]. Metales pesados. Disponible en:
https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales_pesados.aspx
23. Galan E, Romero A. Contaminación de suelos por metales pesados. *Macla: revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, ISSN 1885-7264, N°. 10, 2008, págs. 48-60. Disponible en: http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf
24. Llahuilla J. Evaluación de la concentración de plomo y cadmio en lápices labiales para niñas, expendidos en el Cercado de Lima, 2017. [Tesis para optar la Segunda Especialidad en Toxicología y Química Legal] Lima: Universidad Nacional Mayor

de San Marcos; 2018. Disponible en:
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6744/Llahuilla_qj.pdf?sequence=2&isAllowed=y

25. Parsons M. & Percival J. A brief history of mercury and its environmental impact. *Mercury: sources, measurements, cycles, and effects*, 2005. 34, 1-20. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Michael-Parsons-5/publication/264933206_A_brief_history_of_mercury_and_its_environmental_impact/links/5405e1440cf2c48563b1deb0/A-brief-history-of-mercury-and-its-environmental-impact.pdf
26. Barzola R. Comparación de la concentración de cadmio y mercurio mercurio en conservas de pescado enlatadas y conservas de pescado envasadas en vidrio expandidas en Lima – 2017 [Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico] Lima, Perú: Universidad Inca Garcilaso de la Vega; 2017.
Disponible en: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/1442>
27. Reyes Y, Vergara I, Torres O, Lagos M, Jimenez E. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 2016; 16(2): 66-77. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6096110.pdf>
28. Covarrubias, S & Peña J. Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*. 2017; 33: 7–21. Disponible en:
<https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>
29. Choy C, Popp B, Kaneko J, Drazen J. The influence of depth on mercury levels in pelagic fishes and their prey. *PNAS*, 2009; 106 (33) 13865-13869; DOI: 10.1073 / pnas.0900711106

30. Jo S, Woo H, Kwon H, Oh S, Park J, Hong, et.al. Estimation of the biological half-life of methylmercury using a population toxicokinetic model. *International journal of environmental research and public health*, 2015. 12(8), 9054-9067. <https://doi.org/10.3390/ijerph120809054>
31. Dávila C. Determinación de plomo y cadmio en jugos de naranja (*citrus sinensis*) expendidos de forma ambulatoria en el Paradero Villa Sol – Los Olivos – Periodo Octubre 2016 – Enero 2017. [Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico] Lima, Perú: Universidad Norbert Wiener; 2017. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/531>
32. Hynes M, & Jonson B. Lead, glass and the environment. *Chemical Society Reviews*, 1997. 26(2), 133-146. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/1997/cs/cs9972600133>
33. Xintaras C, & Perry M. Agency for Toxic Substances and Disease Registry [Internet] [Consultado 3 Jul 2019]. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13-c3.pdf>
34. González D, Rojas W. Relación entre la exposición crónica ocupacional al plomo y los efectos neurocomportamentales revisión documental. [Tesis para optar el título de Especialista en Salud Ocupacional] Bogota, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana; 2008. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/54837/GonzalezBalaguer,DiegoArmando.pdf?sequence=1>
35. Solis J. Intoxicación por plomo. [Internet]. [Consultado 23 Jul 2019]. Disponible en: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/intoxicacion-plomo-t45367.htm>

36. López J. Determinación de cadmio y plomo en Soya (*glycine max l.*) en grano, en polvo y líquida comercializada en la Ciudad de Guayaquil-Ecuador. [Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental] Guayaquil, Ecuador: Universidad De Guayaquil; 2017. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20968>
37. Azcona M, Ramírez R, Vicente G. Efectos tóxicos del plomo. Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas, 2015; 20(1): 72-77. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/473/47345916012.pdf>
38. Hernández R. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.
39. INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2013. NTP ISO 2859-1:2013. Norma Técnica Peruana. Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Lima, PE. 1, 4 ed. 120 p
40. Bender G. Métodos instrumentales de análisis en química clínica. Acribia SA. 1992; 1: 143-146.
41. Ruiz I. Metodologías analíticas utilizadas actualmente para la determinación de mercurio en músculo de pescado. Rev Pensamiento actual. 2016; 16(26): 113-122. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/25187>

ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Planteamiento de Problema	Objetivos	Hipótesis	Justificación	Variable	Tipo de Variables	Metodología
<p>Problema General : ¿Los pescados <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) y <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) expendidos en el terminal pesquero de Ventanilla– Lima 2019, presentan concentraciones de mercurio y plomo que supera el límite máximo permisible según Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea?</p>	<p>Objetivo General : Evaluar la concentración de mercurio y plomo en <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) y <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) expendidos en el terminal pesquero de Ventanilla –Lima 2019</p>	<p>Hipótesis de investigación General: Los pescados <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) y <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) expendidos en el terminal pesquero de Ventanilla– Lima, presentan concentraciones de mercurio y plomo que superan los límites máximos permisibles según Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea</p>	<p>Los pescados poseen un alto contenido de ácidos grasos, proteínas, vitaminas y minerales; por lo tanto, es de interés conocer el contenido de sustancias tóxicas como mercurio y plomo, además de saber si superan o no las concentraciones límites máximo permisibles dadas por la Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea para el consumo humano.</p>	<p>Variable independiente Pescados <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) y <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”)</p>	<p>Variable cuantitativa continua de mercurio</p>	<p>Diseño Metodológico</p> <p>Tipo de investigación: Descriptivo, Transversal, Prospectivo.</p> <p>Población: Los pescados expendidos en el terminal pesquero de Ventanilla– Lima.</p> <p>Muestra: En total es de 20 pescados que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla.</p> <p>Terminal pesquero: Ventanilla : - 10 <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”). - 10 <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”)</p>
<p>Problemas específicos (si lo amerita) :</p> <p>-¿La concentración de mercurio en <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera el límite máximo permisible según Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea – Lima 2019?</p> <p>-¿La concentración de mercurio en <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera el límite máximo permisible según Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea –Lima 2019?</p>	<p>Objetivos específicos (si lo amerita)</p> <p>- Determinar la concentración de mercurio en <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima 2019</p> <p>- Determinar la concentración de mercurio en <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla -Lima 2019</p> <p>- Determinar la concentración de plomo en <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima 2019</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>-La concentración de mercurio en <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera los límites establecidos por el Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea –Lima 2019</p> <p>-La concentración de mercurio en <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera los límites establecidos por Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea -Lima 2019</p>		<p>Variable dependiente</p> <p>Concentración de mercurio y plomo mg/kg peso húmedo</p>		

<p>-¿La concentración de plomo en <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera el límite máximo permisible según Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea – Lima 2019?</p> <p>-¿La concentración de plomo en <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera el límite máximo permisible según Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea –Lima 2019?</p>	<p>- Determinar la concentración de plomo en <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla–Lima 2019</p> <p>- Comparar las concentraciones de mercurio y plomo en <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) y <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de con los límites establecidos por la Normativa Técnica Peruana.</p>	<p>-La concentración de plomo en <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera los límites establecidos por Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea –Lima 2019</p> <p>-La concentración de plomo en <i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”) que se expenden en el terminal pesquero de Ventanilla supera los límites establecidos por Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea –Lima 2019</p>				<p>Técnica: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA).</p>
--	---	---	--	--	--	---

ANEXO B: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Valores	Criterios de medición
Variable independiente	<i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”)	Lomo de “bonito”			
	Pescados <i>Sarda chiliensis chiliensis</i> (“bonito”) y <i>Scomber japonicu speruanus</i> (“caballa”)	<i>Scomber japonicus peruanus</i> (“caballa”)	Lomo de “caballa”		
Variable dependiente Concentración de mercurio y plomo mg/kg peso húmedo	Reyes Y et al ²¹ define al mercurio como un metal líquido a temperatura ambiente, que se puede encontrar en forma de líquido o gas en su estado elemental, además como derivados inorgánicos y orgánicos	Concentración de Hg en lomo de “caballa”	Concentración máxima de mercurio según Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea	Permisible	< 1,00 mg / kg
				No permisible	> 1,00 mg / kg
		Concentración de Hg en lomo de “bonito”		Permisible	< 1,00 mg / kg
				No permisible	> 1,00 mg / kg
	Bustanza C ¹⁰ define al Plomo como un elemento de color gris azulado de número atómico 82. Su símbolo es Pb y su estado habitual en la naturaleza es sólido	Concentración de Pb en lomo de “caballa”	Concentración máxima de plomo según Normativa Técnica del Codex, SANIPES y Unión Europea	Permisible	< 0,30 mg / kg
				No permisible	> 0,30 mg / kg.
Concentración de Pb en lomo de “bonito”		Permisible		< 0,30 mg / kg.	
		No permisible		> 0,30 mg / kg.	

ANEXO C: PROTOCOLO DE ANALISIS TOXICOLOGICO DE "CABALLA"



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



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

Nº 92295 - 92314

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Lisseth De la Cruz Toribio

TESIS: Evaluación de la concentración de Mercurio y Plomo en *Sarsa chiliensis* (bonito) y *Scomber japonicus peruanus* (caballa) expendido en el terminal pesquero de Ventanilla - Lima 2019.

FECHA DE RECEPCIÓN: 20 DE ENERO DE 2020 HORA: 10:30 a.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 31 DE ENERO DE 2020 HORA: 03:40 p.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 24 DE FEBRERO DE 2020 HORA: 10:58 p.m.

MÉTODOS Plomo: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

Mercurio: Espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de hidruros - Vapor Frío.

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

Nº ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
92295	CABALLA - CÓDIGO: C1	Cuantificación de Plomo	0.171mg/kg
92296		Cuantificación de Mercurio	0.130mg/kg
92297	CABALLA - CÓDIGO: C2	Cuantificación de Plomo	0.353mg/kg
92298		Cuantificación de Mercurio	0.226mg/kg
92299	CABALLA - CÓDIGO: C3	Cuantificación de Plomo	0.102mg/kg
92300		Cuantificación de Mercurio	0.153mg/kg
92301	CABALLA - CÓDIGO: C4	Cuantificación de Plomo	0.369mg/kg
92302		Cuantificación de Mercurio	0.410mg/kg
92303	CABALLA - CÓDIGO: C5	Cuantificación de Plomo	0.190mg/kg
92304		Cuantificación de Mercurio	0.196mg/kg
92305	CABALLA - CÓDIGO: C6	Cuantificación de Plomo	0.162mg/kg
92306		Cuantificación de Mercurio	0.058mg/kg
92307	CABALLA - CÓDIGO: C7	Cuantificación de Plomo	0.131mg/kg
92308		Cuantificación de Mercurio	0.120mg/kg
92309	CABALLA - CÓDIGO: C8	Cuantificación de Plomo	0.175mg/kg
92310		Cuantificación de Mercurio	0.118mg/kg
92311	CABALLA - CÓDIGO: C9	Cuantificación de Plomo	0.179mg/kg
92312		Cuantificación de Mercurio	0.113mg/kg
92313	CABALLA - CÓDIGO: C10	Cuantificación de Plomo	0.139mg/kg
92314		Cuantificación de Mercurio	0.095mg/kg

Lima, 24 de febrero de 2020

Director de CICOTOX
Dr. José A. Apestequía Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 D.N.I Nº 09359857
 C.Q.F.P Nº 06538
 R.N.E 240



Dña. Mercedes A. Figueroa Vargas
 C.Q.F.P. 18579

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

Jr. Puno Nº 1002, Jardín Botánico -- Lima I -- Perú
 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 -- Lima I
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

ANEXO D: PROTOCOLO DE ANALISIS TOXICOLOGICO DE "BONITO"



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



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

N°	92275	-	92294
----	-------	---	-------

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Lisseth De la Cruz Toribio

TESIS: Evaluación de la concentración de Mercurio y Plomo en *Sarsa chiliensis* (bonito) y *Scomber japonicus peruanus* (caballa) expendido en el terminal pesquero de Ventanilla - Lima 2019.

FECHA DE RECEPCIÓN: 20 DE ENERO DE 2020 **HORA:** 10:30 a.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 31 DE ENERO DE 2020 **HORA:** 03:40 p.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 24 DE FEBRERO DE 2020 **HORA:** 10:58 p.m.

MÉTODOS Plomo: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

Mercurio: Espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de hidruros - Vapor Frío.

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

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
92275	BONITO - CÓDIGO: B1	Cuantificación de Plomo	0.203mg/kg
92276		Cuantificación de Mercurio	0.189mg/kg
92277	BONITO - CÓDIGO: B2	Cuantificación de Plomo	<0.004mg/kg
92278		Cuantificación de Mercurio	0.269mg/kg
92279	BONITO - CÓDIGO: B3	Cuantificación de Plomo	0.133mg/kg
92280		Cuantificación de Mercurio	0.558mg/kg
92281	BONITO - CÓDIGO: B4	Cuantificación de Plomo	<0.004mg/kg
92282		Cuantificación de Mercurio	0.191mg/kg
92283	BONITO - CÓDIGO: B5	Cuantificación de Plomo	0.060mg/kg
92284		Cuantificación de Mercurio	0.279mg/kg
92285	BONITO - CÓDIGO: B6	Cuantificación de Plomo	0.397mg/kg
92286		Cuantificación de Mercurio	0.467mg/kg
92287	BONITO - CÓDIGO: B7	Cuantificación de Plomo	<0.004mg/kg
92288		Cuantificación de Mercurio	0.277mg/kg
92289	BONITO - CÓDIGO: B8	Cuantificación de Plomo	<0.004mg/kg
92290		Cuantificación de Mercurio	0.224mg/kg
92291	BONITO - CÓDIGO: B9	Cuantificación de Plomo	0.071mg/kg
92292		Cuantificación de Mercurio	0.227mg/kg
92293	BONITO - CÓDIGO: B10	Cuantificación de Plomo	<0.004mg/kg
92294		Cuantificación de Mercurio	0.110mg/kg

Límite de detección del plomo: 0.004mg/kg

Lima, 24 de febrero de 2020

Director de CICOTOX
Dr. José A. Apesteguiá Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 D.N.I N° 09359857
 C.Q.F.P N° 06538
 R.N.E 240



Dra. Mercedes A. FIGUEROA VARGAS
 C.Q.F.P. 18979

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

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

ANEXO E: IMÁGENES DE TOMA DE MUESTRA Y PARTE EXPERIMENTAL

RECONOCIMIENTO DEL TERMINAL PESQUERO DE VENTANILLA Y DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS



LLEGADA DE LA MUESTRA Y VENTA AL POR MAYOR DE LAS ESPECIES MARINAS



MEDIDA DE DIAMETRO DE LAS MUESTRAS



BONITO

- Muestra 1: 39 cm
- Muestra 2: 40 cm
- Muestra 3: 41 cm
- Muestra 4: 38 cm
- Muestra 5: 40 cm
- Muestra 6: 39 cm
- Muestra 7: 38 cm
- Muestra 8: 39 cm
- Muestra 9: 41 cm
- Muestra 10: 40 cm

MEDIDA DE LONGITUD DE LAS MUESTRAS



BONITO

Muestra 1: 63,5 cm
Muestra 2: 64,2 cm
Muestra 3: 65,1 cm
Muestra 4: 6,2 cm
Muestra 5: 64,3 cm
Muestra 6: 65,1 cm
Muestra 7: 59,9 cm
Muestra 8: 57,8 cm
Muestra 9: 60,2 cm
Muestra 10: 61,6 cm

MEDIDA DE DIAMETRO DE LAS MUESTRAS



CABALLA

Muestra 1: 19,5cm
Muestra 2: 19,0cm
Muestra 3: 20,7cm
Muestra 4: 19,0cm
Muestra 5: 19,8cm
Muestra 6: 19,5cm
Muestra 7: 19,5cm
Muestra 8: 20,2cm
Muestra 9: 18,9cm
Muestra 10: 19,5cm

MEDIDA DE LONGITUD DE LAS MUESTRAS



CABALLA

Muestra 1: 37,0cm
Muestra 2: 36,0cm
Muestra 3: 36,0cm
Muestra 4: 35,7cm
Muestra 5: 36,1cm
Muestra 6: 36,0cm
Muestra 7: 37,6cm
Muestra 8: 36,7cm
Muestra 9: 36,3cm
Muestra 10: 37,0cm

DISECCION Y OBTENCION DEL TEJIDO MUSCULAR DE LA MUESTRA



PESOS DE MUESTRA DE PESCADO “BONITO” Y “CABALLA”

“BONITO”

Muestra 1 de
pescado “bonito”.

Peso B1: 6,0992 g.

Peso de “bonito”	
Peso B1: 6,0992 g.	Peso B6: 6,0081 g.
Peso B2: 6,0874 g.	Peso B7: 6,0392 g.
Peso B3: 6,0406 g.	Peso B8: 6,0427 g.
Peso B4: 6,0501 g.	Peso B9: 6,0211 g.
Peso B5: 6,0903 g.	Peso B10: 6,0704 g.

“CABALLA”

Muestra 1 de
pescado “caballa”.

Peso C1: 6,0126 g.

Peso de “bonito”	
Peso C1: 6,0126 g.	Peso C6: 6,0718 g.
Peso C2: 6,0252 g.	Peso C7: 6,0626 g.
Peso C3: 5,9998 g.	Peso C8: 6,0445 g.
Peso C4: 6,0492 g.	Peso C9: 6,0390 g.
Peso C5: 6,0119 g.	Peso C10: 6,0390 g.

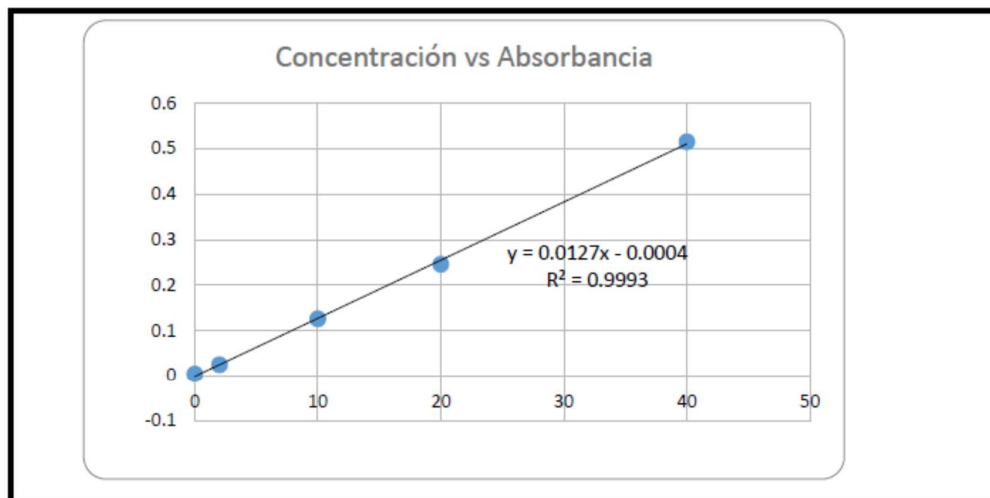
ANEXO F: CURVA DE CALIBRACION PARA LA CUANTIFICACION DE MERCURIO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)
CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN
CICOTOX
INFORME INTERNO DE LABORATORIO
ANÁLISIS CUANTITATIVO *AAS - Hg*

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
92275 - 92314	20/01/2020 al 24/02/2020	10:30 p.m.	10:58 p.m.	Peces	Mercurio

VOLUMEN DE MUESTRA	LONGITUD DE ONDA	PRE TRATAMIENTO
Flujo continuo	253.7 nm	Digestión vía húmeda

NOMBRE	CONCENTRACIÓN $\mu\text{g/L}$ (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.004
Estándar 1	2	0.025
Estándar 2	10	0.126
Estándar 3	20	0.246
Estándar 4	40	0.515



ANALIZADO POR:	REVISADO POR:
Q.F. Americo Figueroa	Dr. Alfonso Apesteguía

ANEXO G: CURVA DE CALIBRACION PARA LA CUANTIFICACION DE PLOMO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)
CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN
CICOTOX

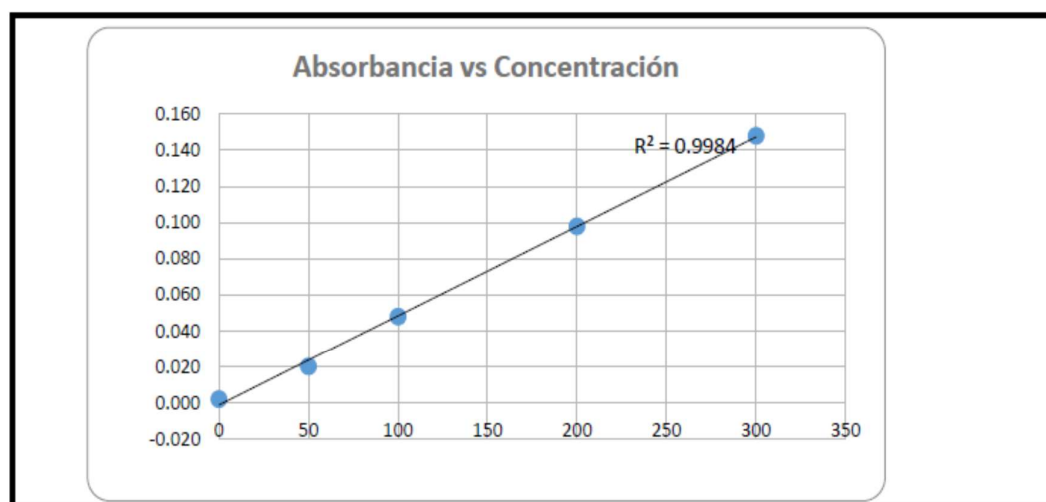
INFORME INTERNO DE LABORATORIO ANÁLISIS CUANTITATIVO

AAS - Pb

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
92275 - 92314	20/01/2020 al 24/02/2020	10:30 p.m.	10:58 p.m.	Peces	Plomo

VOLUMEN DE MUESTRA	20µL	LONGITUD DE ONDA	217.0 nm	PRE TRATAMIENTO	Digestión vía seca
---------------------------	------	-------------------------	----------	------------------------	--------------------

NOMBRE	CONCENTRACIÓN µg/L (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.002
Estándar 1	50	0.020
Estándar 2	100	0.048
Estándar 3	200	0.098
Estándar 4	300	0.148



Q.F. Americo Figueroa	Dr. Alfonso Apesteeguía
-----------------------	-------------------------