



Universidad
Norbert Wiener

Powered by **Arizona State University**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA ACADÉMICO DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Tesis

Determinar la concentración por mercurio y plomo en pescados frescos
comercializados en centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica,
Lima 2024- 2025

Para optar el Título Profesional de
Químico Farmacéutico

Presentado por:

Autora: Pancca Belizario, Jessica Giovanna

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6129-5585>

Autora: Riveros Soca, Mónica


Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5662-7801>

Asesor: Dr. Ramos Jaco, Antonio Guillermo

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0491-8682>

Lima – Perú

2025

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

FECHA: 08/11/2022

Nosotros, **Pancca Belizario Jessica Giovanna y Riveros Soca Monica** egresados de la Facultad de **Ciencias de la Salud** y Programa Académico de **Farmacia y Bioquímica** de la Universidad Privada Norbert Wiener declaramos que el trabajo de investigación **“DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN POR MERCURIO Y PLOMO EN PESCADOS FRESCOS COMERCIALIZADOS EN CENTROS DE ABASTOS DEL DISTRITO DE LURIGANCHO CHOSICA, LIMA 2024 - 2025”** Asesorado por el docente: Antonio Guillermo Ramos Jaco DNI 04085562 ORCID 0000-0002-0491-8682 tiene un índice de similitud de **10 (diez) %** con código **14912:515709071** verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

1. Se han 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 pueda 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

Pancca Belizario Jessica Giovanna
DNI:70189842



.....
Firma

Riveros Soca Monica
DNI: 46517760



.....
Firma

Antonio Guillermo Ramos Jaco
DNI: 04085562

Lima, 04 de julio del 2025

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional su paciencia infinita y por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia. Vuestra presencia en mi vida me ha convertido en lo que soy hoy, y no podría haber llegado a este momento sin cada uno de vosotros.

Mónica

Dedico esta tesis a mis padres, vuestros sacrificios, orientación y aliento han sido mis cimientos. Me habéis enseñado el valor del trabajo duro, la perseverancia y la bondad, y por ello estaré eternamente agradecida.

Jessica Giovanna

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Norbert Wiener por habernos brindado la oportunidad de formar parte de su comunidad académica. A lo largo de nuestro recorrido en esta institución, hemos recibido un apoyo invaluable que ha sido fundamental para el desarrollo de nuestra tesis.

Agradecemos a todos los docentes que nos han acompañado a lo largo de este proceso, por su dedicación, paciencia y conocimiento compartido. Su apoyo constante ha sido esencial para el desarrollo de la tesis y ha marcado una diferencia significativa en nuestras vidas académicas y personales.

De manera especial, queremos reconocer a nuestro asesor Mg. Ramos Jaco, Antonio Guillermo que nos dirigió en el proceso de investigación, por su tiempo, disposición y compromiso con nuestro aprendizaje. Gracias a su orientación, hemos podido desarrollar esta tesis con rigor y responsabilidad.

Finalmente, extendemos nuestro agradecimiento a los profesionales Químicos Farmacéuticos investigadores, quienes con su apoyo y colaboración nos han hecho ser parte de una comunidad comprometida con el conocimiento y la innovación.

Mónica

Jessica Giovanna

INDICE GENERAL

PORTADA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Formulación del problema	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos	5
1.3. Objetivos de la investigación	6
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Justificación de la investigación	6
1.4.1. Teórica	6
1.4.2. Metodológica	7
1.4.3. Práctica	7
1.5. Delimitaciones de la investigación	8

1.5.1. Temporal	8
1.5.2. Espacial	8
1.5.3. Población o unidad de análisis	8
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes	9
2.2. Bases teóricas	14
2.3. Formulación de hipótesis	23
2.3.1. Hipótesis general	23
2.3.2. Hipótesis específicas	23
3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	24
3.1. Método de la investigación	24
3.2. Enfoque de la investigación	24
3.3. Tipo de investigación	24
3.4. Diseño de la investigación	24
3.5. Población, muestra y muestreo	25
3.6. Variables y operacionalización	27
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.7.1. Técnica analítica	27
3.7.2. Descripción de instrumentos	29
3.7.3. Validación	29
3.7.4. Confiabilidad	29
3.8. Procesamiento y análisis de datos	29
3.9. Aspectos éticos	30

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	31
4.1. Resultados	31
4.1.1. Análisis descriptivo de resultados	31
4.1.2. Prueba de hipótesis	37
4.1.3. Discusión de resultados	43
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1. Conclusiones	48
5.2. Recomendaciones	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS	62
Anexo 1. Matriz de consistencia	63
Anexo 2. Instrumentos	64
Anexo 3. Validez del instrumento	65
Anexo 4. Análisis toxicológico de mercurio y plomo	66
Anexo 5. Estadística complementaria	70
Anexo 6. Evidencias fotográficas del trabajo de campo	71
Anexo 7. Carta de aprobación de la institución para la recolección de datos	74
Anexo 8. Carta de comité institucional de ética e integridad científica	76

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla 1. Concentración de mercurio (mg/kg) según especie	31
Tabla 2. Concentración de plomo (mg/kg) según especie	34
Tabla 3. Pruebas de normalidad	37
Tabla 4. Prueba T para la concentración promedio de mercurio y plomo	38
Tabla 5. Prueba T para la concentración promedio de mercurio	40
Tabla 6. Prueba T para la concentración promedio de plomo	41
Tabla 7. Correlación de la concentración de mercurio y plomo	42

ÍNDICE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Ciclo biogeoquímico del mercurio en especies acuáticas	15
Figura 2. Bioacumulación de metales pesados en tejidos musculares de peces	21
Figura 3. Concentración media de mercurio (mg/kg) estimada según especie	32
Figura 4. Distribución de mercurio según límites máximos permisibles (LMP)	33
Figura 5. Concentración media de plomo (mg/kg) estimada según especie	35
Figura 6. Distribución de plomo según límites máximos permisible (LMP)	36

RESUMEN

Objetivo: Evaluar las concentraciones de mercurio y plomo incluidos en pescados frescos comercializados en los centros de abastos, distrito de Lurigancho-Chosica, 2024-2025.

Materiales y métodos: Se utilizó el enfoque cuantitativo, correlacional y transversal. Se recogieron veinte muestras de pescado comestible, incluyendo bonito y caballa. Mediante el programa estadística SPSS, versión 27.0 se utilizaron estadísticas descriptivas, como medias, para evaluar las hipótesis del estudio. Se desarrolló la prueba de normalidad para elegir la estadística a utilizar, que fue la prueba t de Student, con un valor p inferior a 0.05 (nivel de confianza del 95%). **Resultados:** Se determinó que el contenido medio de Hg en el pescado fresco (bonito y caballa) era de 0.98 ± 0.43 mg/kg, mientras que la concentración media de Pb era de 2.12 ± 1.41 mg/kg comercializados en los centros de abastecimiento de alimentos del distrito de Lurigancho-Chosica. La concentración media de Hg fue de 1.25 ± 0.40 mg/kg para la especie “bonito” y de 0.71 ± 0.28 mg/kg para la especie “caballa”. Asimismo, las concentraciones promedias de Pb fueron de 2.14 ± 1.20 mg/kg para la especie “bonito” y de 2.09 ± 1.66 mg/kg para la especie “caballa”. El pescado fresco (bonito y caballa) tenía una concentración media de Hg de 0.98 ± 0.43 mg/kg y una concentración media de Pb de 2.12 ± 1.41 mg/kg. **Conclusiones:** En general, el mercurio y el plomo, superan significativamente los límites máximos permisibles implementado por SANIPES y el Codex Alimentarius, lo que representa riesgos para la salud de los consumidores.

Palabras clave: mercurio, metales pesados, pescado, plomo (Descriptor: DeCS/MeSH).

ABSTRACT

Objective: Determine the concentrations of mercury and lead in fresh fish sold in markets in the district of Lurigancho-Chosica, 2024–2025. **Materials and methods:** A quantitative, correlational, cross-sectional approach was used. Twenty samples of edible fish were collected, including bonito and mackerel. Descriptive statistics, such as means, were used to evaluate the study hypotheses using the SPSS statistical programme, version 27.0. The normality test was developed to choose the statistic to be used, which was the Student's t-test, with a significance level of 5% ($p < 0.05$). **Results:** The average Hg content in fresh fish (bonito and mackerel) was determined to be 0.98 ± 0.43 mg/kg, while the average Pb concentration was 2.12 ± 1.41 mg/kg in fish sold at food supply centres in the district of Lurigancho-Chosica. The average Hg concentration was 1.25 ± 0.40 mg/kg for the ‘bonito’ species and 0.71 ± 0.28 mg/kg for the ‘mackerel’ species. Similarly, the average Pb concentrations were 2.14 ± 1.20 mg/kg for the ‘bonito’ species and 2.09 ± 1.66 mg/kg for the ‘mackerel’ species. Fresh fish (bonito and mackerel) had an average Hg concentration of 0.98 ± 0.43 mg/kg and an average Pb concentration of 2.12 ± 1.41 mg/kg. **Conclusions:** In general, mercury and lead significantly exceed the maximum permissible limits established by SANIPES and the Codex Alimentarius, posing health risks to consumers.

Keywords: *mercury, heavy metals fish, lead (Descriptor: DeCS/MeSH).*

INTRODUCCIÓN

La acumulación de metales pesados en los ecosistemas acuáticos tiene consecuencias perjudiciales para la fauna y la flora marinas, ya que estas sustancias se acumulan en los seres vivos marinos, tanto plantas como animales, que luego entran en la cadena alimentaria humana. Se trata de sustancias químicas que suscitan una gran preocupación ecológica y sanitaria debido a su toxicidad, su resistencia en el medio ambiente y su gran capacidad de bioacumulación.

El Capítulo I expone la problemática central, formulando preguntas de investigación orientadas a evaluar los niveles de concentración y su relación con los límites legales vigentes. En el Capítulo II, el marco teórico integra antecedentes nacionales e internacionales que reportan la presencia de metales pesados en recursos hidrobiológicos, proporcionando el sustento conceptual del estudio. El Capítulo III describe la metodología, definida como cuantitativa y de diseño no experimental transversal; en este se seleccionaron especies marinas representativas del consumo local, garantizando su pertinencia para la evaluación del riesgo toxicológico. En el Capítulo IV, los resultados sobre los niveles de mercurio y plomo en cada especie se presentan en tablas y gráficos comparativos que facilitan la interpretación de los datos, discutiéndose en contraste con investigaciones similares y analizando el valor promedio de la concentración. Finalmente, las conclusiones aportan al conocimiento sobre seguridad alimentaria en el Perú, al identificar especies de mayor riesgo y patrones de polución, mientras que las recomendaciones se orientan a autoridades sanitarias, comerciantes y consumidores, promoviendo el consumo seguro y la priorización de especies de menor riesgo.

Por último, el impacto trasciende el ámbito académico convirtiéndose en herramienta práctica de salud pública que informará decisiones regulatorias, orientará prácticas comerciales responsables y empoderará consumidores con información científicamente validada.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Se cree que los metales pesados entran en el medio ambiente a través de diversas actividades humanas. La liberación de sustancias químicas peligrosas a la atmósfera es un grave problema para la salud humana¹.

El incremento a nivel global de la población y las crecientes necesidades de materiales han provocado un incremento hacia la extracción de materia prima natural, la urbanización y el desarrollo industrial. Todo ello ha provocado un incremento significativo de los grados de deterioro en los medios acuáticos, lo que ha dado lugar a problemas medioambientales y de salud pública en diversas partes del mundo¹. Los metales pesados figuran entre los tóxicos más peligrosos que pueden dañar a los seres vivos porque abundan en el ecosistema y pueden proceder de fuentes naturales o de actividades antropogénicas como la siderurgia, la minería y la fundición².

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cada año se consumen en el mundo más de 20 kilos per cápita, mientras que las grandes comunidades pesqueras de los países en desarrollo del continente asiático adquieren entre seis y siete kilos. La adquisición de este producto representa más del 50% del consumo mundial y se ha asociado a efectos adversos en la salud pública debido a la polución por metales pesados en las zonas de recolección y consumo. Esto supone un importante riesgo para la salud de la población³.

La liberación de sustancias de alto peso molecular originarios de fuentes ambientales y de origen humano puede polucionar de forma directa a las especies vivas de todos los grados de la cadena alimenticia en los ecosistemas acuáticos. En los últimos años, la presencia de impurezas en los alimentos de origen marino por metales pesados ha sido un tema muy investigado a nivel

mundial⁴. Todos estos residuos son metales tóxicos para el ser humano y el ecosistema, normalmente en cantidades ínfimas, sin embargo, el riesgo es latente y de forma ascendente.

Múltiples factores son responsables de la polución de los metales en los medios acuáticos, como los efluentes industriales, la escorrentía de las aguas superficiales, los vertidos domésticos y las actividades mineras. Los metales pesados pueden perjudicar a los peces e invertebrados acuáticos reduciendo el crecimiento, provocando anomalías en el desarrollo, reduciendo la supervivencia durante la alimentación exógena e incluso provocando la extinción en los embalses expuestos⁵. La presencia de efluentes industriales significativamente enriquecidos con sustancias de alto peso molecular tóxico vertidos posteriormente en medios acuáticos a través de manantiales específicos de polución supone una amenaza tanto para los peces como para sus consumidores. Las cantidades elevadas de metales pesados en los peces pueden causar toxicidad y alterar potencialmente el ecosistema cuando están presentes en altas concentraciones⁶.

El consumo elevado de ciertos tipos de pescado puede plantear riesgos significativos para la salud poblacional, a consecuencia, potencialmente a la elevación de plomo (Pb), mercurio (Hg) y elementos trazas potencialmente tóxicos procedentes del medio acuático circundante. La concentración total de mercurio en el pescado comprende varias especies, tenemos al metilmercurio (Me-Hg), el etilmercurio (Et-Hg) y el Hg inorgánico. Trae al final, el grado superior de la combinación del Me-Hg en relación con otros tipos se transforma en un alto nivel de disponibilidad y polución. El Me-Hg, en su forma orgánica, representa la clase de Hg de mayor toxicidad y prevalente directamente a los organismos marinos⁷.

Los peces marinos comestibles quizás logran exponer a las personas a tóxicos químicos, concretamente a la exposición por mercurio, lo que preocupa a muchos consumidores, sobre todo a las mujeres embarazadas, porque puede perjudicar al neonato. En consecuencia, aunque el

pescado ofrece ventajas para la salud, también incluye sustancias químicas, lo que plantea dudas sobre su lugar en una dieta equilibrada⁸.

Tejada y colaboradores realizaron un examen exhaustivo de diversas categorías de pescados comestibles habitualmente en ambientes acuático y de origen lacustre, revelando la presencia de metales pesados. Sus hallazgos indicaron elevadas concentraciones de metales en la “trucha arco iris” en Huancayo (6.11 mg/kg plomo) y el “bagre” (*Pimelodus ornatos*) de Puerto Maldonado (0.61 mg/kg). Resulta especialmente alarmante que en un alto porcentaje de las sustancias tóxicas ingeridas no estén consideradas en el oficio de advertencias de la OMS. Es decir, resalta de una urgente obligación de un reglamento más exigente para proteger la salud en los habitantes de Perú⁹. Es evidente que hubo acumulación de metales pesados en los peces, y si no se toman medidas preventivas, la situación puede empeorar en el futuro.

Según Chui y colaboradores¹⁰, el contenido de metales pesados procedentes de la extracción minera aledañas ha provocado la contaminación del lago Titicaca. Los análisis de los peces del ecosistema del lago Titicaca han revelado concentraciones elevadas de Hg y Pb que superan los umbrales de seguridad establecidos, lo que hace saltar las alarmas sobre posibles riesgos para la salud de los consumidores, incluidos los de las truchas de piscifactoría¹¹. Sería útil investigar la disponibilidad de metales pesados en los tejidos de los peces en zonas con altas concentraciones de compuestos orgánicos disueltos en zonas lacustres.

Es importante abordar de manera activa la brecha existente entre investigadores y organizaciones gubernamentales para evaluar posibles peligros para la salud asociados al consumo frecuente de pescado marino en un país como Perú, mediante el establecimiento de sistemas de seguimiento, medición y demostración que permitan rastrear, medir y evaluar si consumir pescado marino con regularidad pudiera ser perjudicial para la salud de las personas en Perú. Para abordar

este problema es necesario comprender los patrones de degradación, los efectos sobre la salud y las estrategias de mitigación eficaces. Cabe señalar, la liberación de metales pesados sin un tratamiento adecuado por parte de diversas industrias ha generado un impacto negativo en los ecosistemas acuáticos. En consecuencia, estos metales se acumulan en órganos vitales de los peces, alterando su funcionamiento fisiológico normal⁴. La bioacumulación de dichas sustancias tóxicas compromete el crecimiento, la reproducción y la supervivencia de las especies acuáticas, representando una amenaza significativa para la estabilidad ecológica del ambiente marino y continental^{7,8}.

Es necesario realizar controles periódicos para evitar problemas de salud inesperados que puedan derivarse del consumo prolongado de estos productos pesqueros congelados. Resolver este problema ayudará a evitar varias enfermedades, incluidos los riesgos para la vida acuática, así como a conservar los ecosistemas marinos y garantizar la seguridad alimentaria. Se requiere un monitoreo constante y la actualización de normas jurídicas leyes.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles serán los niveles de Hg y Pb presentes en pescados frescos comercializados en los centros de abastecimientos alimentarios en el distrito de Lurigancho-Chosica, Lima 2024-2025?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las concentraciones de mercurio incluidos en pescados frescos comercializados en los centros de abastos, distrito de Lurigancho-Chosica?
- ¿Cuáles son las concentraciones de plomo incluidos en pescados frescos comercializados en los centros de abastos, distrito de Lurigancho-Chosica?

- ¿Cómo será la correlación entre los niveles de mercurio y plomo respecto a los límites máximos permisibles establecidos por la Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura (SANIPES)?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar las concentraciones de mercurio y plomo incluidos en pescados frescos comercializados en los centros de abastos, distrito de Lurigancho-Chosica, 2024-2025.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de mercurio incluidos en pescados frescos comercializados en los centros de abastos, distrito de Lurigancho-Chosica.
- Determinar la concentración de plomo incluidos en pescados frescos comercializados en los centros de abastos, distrito de Lurigancho-Chosica.
- Determinar si existe correlación entre los niveles de mercurio y plomo respecto a los límites máximos permisibles establecidos por la Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura (SANIPES).

1.4. Justificación de la investigación.

1.4.1. Teórica

A la luz de la escasa bibliografía basada en la ciencia relacionada al tema de investigación que nos involucra, los resultados aquí expuestos contribuirían a colmar el déficit de conocimientos existente mediante la evaluación de los peligros potenciales de los metales pesados tóxicos que entraña para la población local. El estudio de la polución en los peces oceánicos mejora nuestra comprensión del movimiento de las sustancias tóxicas, la dinámica de la bioacumulación entre especies y la relación entre los cambios ambientales y la toxicidad de los agentes químicos, al

tiempo que evalúa los riesgos de la degradación por metales pesados en la vida marina para informar sobre la seguridad alimentaria y las implicaciones para la salud.

1.4.2. Metodológica

El estudio empleo un marco metodológico de la máxima importancia, adhiriéndose rigurosamente al método de investigación en colaboración con las referencias teóricas asociado a la metodología necesaria son cruciales hacia la aplicación eficaz y los consiguientes hallazgos. Se intenta adicionar un instrumento de recogida de información aprobada por expertos, alcanzando los hallazgos de exactitud, la cual mejoren la trayectoria investigadora en el área de la salud y la población en común.

1.4.3. Práctica

La presente investigación sobre la concentración de los peces marinos no solo es científicamente razonable, sino que también es necesaria desde el contexto social y ecológico que puede influir en las políticas públicas y contribuir en pro de la seguridad alimentaria.

Los hallazgos encaminaran a los consumidores de pescado evitar los peligros en salud causados por el mercurio y el plomo, que podrían repercutir en la salud pública. Como consecuencia, favorecerán el control de los grados de elementos tóxicos de los géneros acuáticos, y se pondrán en camino mediciones adecuadas direccionando a salvaguardar al público del riesgo de polución del ecosistema causada por elementos químicos de alto peso molecular peligrosos en consumidores de los centros de abastecimientos alimentarios.

Los resultados facilitarán a los compradores de pescado mitigar los riesgos sanitarios asociados al mercurio y el plomo, lo que puede redundar en beneficio de la salud pública. Esto, a su vez, facilitará la vigilancia de las concentraciones de metales pesados en los organismos marinos, lo que conducirá a la aplicación de las precauciones necesarias para proteger al público

del peligro de contaminación del ecosistema ambiental derivado de la presencia de sustancias tóxicas nocivas ubicados en variados comestibles de consumo humano.

1.5. Delimitaciones de la investigación

1.5.1. Temporal

El estudio se desarrolló durante el periodo de cinco meses; el ciclo inicial fue setiembre 2024 y finalizó en diciembre 2024.

1.5.2. Espacial

Los puntos del estudio se desarrollaron en dos centros de distribución de alimentos del distrito Lurigancho-Chosica de Lima. Los datos analíticos de toxicología se ejecutaron en el Centro de Información, Control Toxicológico y apoyo a la gestión ambiental (CICOTOX) en una Institución Universitaria Pública. Los centros abastecedores designados son:

- Centro de abastecimientos de alimentos uno. Dirección: Prolongación 28 de julio s/n
- Centro de abastecimientos de alimentos dos. Dirección: Av. Nicolás de Piérola 117

1.5.3. Población o unidad de análisis

La variable se definió cuidadosamente en función de los objetivos y de las preguntas de investigación, lo que permitió garantizar la validez y confiabilidad de los hallazgos. El estudio se orientó al análisis de dos especies acuáticas de consumo frecuente en la población local, “bonito” (*Sarda sarda*) y “caballa” (*Scomber japonicus*), consideradas unidades de análisis representativas para la evaluación del riesgo toxicológico. Cada especie estuvo conformada por diez muestras independientes, seleccionadas bajo criterios de representatividad y disponibilidad en el mercado, lo que permitió establecer dos grupos experimentales diferenciados para la determinación de metales pesados.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

a) Nacionales

En 2023, Huatarongo y Santamaría¹² realizaron un estudio con el objetivo de “Determinar los niveles de mercurio presentes en pescado fresco comercializado en diversos centros de abastos en un distrito Este de Lima”. El estudio empleó un diseño cuantitativo y observacional, centrándose en diferentes géneros comunes de peces comestibles: la “caballa” y el “jurel”. El método utilizado para la evaluación fue la espectrofotometría para metales tóxicos. Los hallazgos indicaron hacia los niveles de Hg en “caballa” y “jurel” estuvieron evaluados en diferentes fases, que incluyeron la recolección de muestras y su posterior análisis. El grado moderado de Hg se calculó utilizando la clave V1 (0.156 mg/kg) era superior y V2 (0.026mg/kg) fue inferior. Se determinó que los niveles de mercurio en las muestras estaban en los límites decretadas por las instituciones nacionales e internacionales.

En el año 2022, Rodríguez¹³ formuló el objetivo de “Comparar los niveles de concentración de elementos químicos tóxicos en “liza”, “pejerrey” y “tambor de lorna”. La investigación siguió un diseño no experimental, descriptivo y transversal. Las evaluaciones cuantitativas se llevaron mediante un equipo de espectrofotometría. Entre los principales resultados alcanzados durante la investigación revelaron hacia los niveles promedios de Pb eran de 5.1 mg/kg en el “pejerrey”, 0.60 mg/kg en el “liza” y 4.06 mg/kg en el “tambor de lorna”. El investigador ofrece una conclusión hacia los tejidos hepáticos de los pescados del estudio (pejerrey, tambor de lorna) donde confirma que almacenan niveles superiores de Pb en un medio marino.

Durante el 2020, los estudiosos Palacios y Paz¹⁴ desarrollaron el propósito “Identificar los niveles de plomo en el pescado fresco que se vende en los principales mercados de San Juan de

Lurigancho”. Desarrollaron el método deductivo-inductivo, diseño observacional y correlacional, en el que se analizaron los grados de Pb a través de los análisis espectrofotométricos cuantitativos de precisión. El estudio evidenció que las altas presencias en plomo de seis especies de origen marino fueron: “bonito” 0.69 partes por millón, “caballa” 0.27 partes por millón, “cojinova” 0.26 partes por millón, “jurel” 0.88 partes por millón, “pampanito” 0.28 partes por millón y “sardina” 0.48 partes por millón. Los investigadores determinaron que los niveles de plomo hallados en muestras de pescado fresco, sobre todo en “jureles”, “bonitos” y “sardinas”, superaban en general las normas internacionales y nacionales, lo que indica concentraciones elevadas.

Durante el 2020, Panduro y colaboradores¹⁵ realizaron el propósito “Investigar la bioacumulación de mercurio en peces y el riesgo de ingestión en una comunidad indígena de la zona amazónica peruana”. Diseño observacional, correlacional y descriptivo. La presencia de mercurio en los músculos de especies marinas se determinó mediante análisis de espectrofotometría. Los hallazgos indicaron que el grado de exposición era notablemente elevado y el riesgo moderado para las muestras marinas siguientes: “carachama”, “boquichico”, “doncella” y “mota”. La cantidad en nivel superior aceptable de metilmercurio en relación a la Organización Mundial de la Salud (OMS) es 1.6 µg metilmercurio/kg/semana. Los investigadores concluyeron que el riesgo para la salud que supone el mercurio en las especies marinas para las comunidades nativas e indígenas en la región amazónica central del Perú es considerable.

En el lapso del 2020, Rosales y colaboradores¹⁶ realizaron el propósito “Evaluar la concentración de cadmio, plomo y cobre en especies de peces”. La investigación era de enfoque cuantitativo, además de tipo descriptivo. Fueron evaluados trece especies de tres especies variadas en el afluente fluvial de Monzón. Fueron analizadas las especies seleccionadas en un río de la región de Huánuco utilizando tres muestras distintas. Se realizaron análisis de identificación en

tejidos intestinales, tejidos hepáticos, sedimento y agua tras la acidificación, empleando espectrofotometría. Los resultados revelaron niveles elevados de tóxicos en tejidos hepáticos de las tres especies. En concreto, los niveles promedios de Pb se midieron en 5,09 partes por millón que incluyo “carachama” y 0.61 de similar unidad de medida en “boquichico”. En consecuencia, los investigadores determinaron que la mayor bioacumulación de plomo se concentra en los tejidos evaluados.

b) Internacionales

En 2022, Hajrić y colaboradores¹⁷ realizaron un estudio con el propósito de evaluar los diferentes niveles en sustancias químicas tóxicas en peces de agua salada y los derivados factibles en los centros de abastecimientos de Bosnia y Herzegovina (B-H). La investigación utilizó un diseño no experimental, basándose en la identificación analítica (cuantificación) para recabar información sobre las concentraciones de metales pesados. Se evaluó la presencia de mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As) de un total de 185 muestras de 14 pescados y mariscos de piscigranja de consumo habitual, tanto nacionales como importados. Los hallazgos revelaron que casi la totalidad de las muestras evaluadas estaban presentes sustancias metálicas tóxicas solo en grados menores en relación a los niveles superiores permitidos, es decir, señala el cumplimiento de la normativa establecida tanto por B-H. Los investigadores concluyeron que los productos pesqueros disponibles en el mercado suponen un menor riesgo para los consumidores en términos de contenido de metales tóxicos.

Durante 2022, Łuczyńska y colaboradores¹⁸ ejecutaron un estudio con el objetivo de examinar las disparidades en los niveles totales de Hg encontrados en las vísceras de varias muestras de pescado, comercializadas en los principales mercados de Polonia. El estudio fue descriptivo y un diseño observacional, analizando un total de 36 especies de pescado de

importancia comercial. Todas las muestras de pescado procedían de la lonja de Olsztyn, situada al Este de Polonia. Entre los hallazgos, señalaron a los niveles superiores de mercurio especialmente en las vísceras de la especie “dorada”, y sólo la “carpa común” y la “trucha de lago” demostraron variadas respuestas estadísticas importantes ($p < 0.05$). La investigación realizada concluye que los distintos tipos de muestras comestibles, propios de cada especie, constituyen uno de los posibles agentes que influyen en la presencia de mercurio en peces marinos. Además, la investigación reveló disparidades mínimas presente en el mercurio alojadas en las vísceras de las muestras marinas investigadas.

Durante el transcurso del 2021, Mahjoub y colaboradores¹⁹ desarrollaron el propósito “Determinar el nivel de concentraciones elevadas de metales Hg y Pb en los músculos de cinco especies de peces en Marruecos”. El método desarrollado fue enfoque cuantitativo, estudio básico y no experimental. Los tóxicos pesados se evaluaron a través de los análisis espectrofotométricos para Pb y mediante espectrometría en vapor frío para Hg. Los hallazgos de la investigación en las vísceras de los diversos géneros de peces se demostraron que la presencia promedio de grado superior de Hg se ubicaron en “lucio europeo” y las concentraciones mayores de Pb en la especie “gardi”. La secuencia típica de incremento de tóxicos en las vísceras de los peces es Hg > Pb. Además, se puede bioacumular de Hg en muestras marinas examinadas es más significativa en comparación al Pb. Asimismo, los niveles de estos metales son mayores en climas elevados más que en áreas frías. A pesar de ello, en la totalidad de las concentraciones de los metales tóxicos en las vísceras se mantienen en grados inferiores de los límites superiores aconsejables por las Instituciones de Europea. No obstante, un informe directo de los peligros no neoplásicos para la salud usando el divisor de riesgo puntual no evidencio peligro alguno no neoplásico aparente hacia los consumidores de especies acuáticas.

A lo largo del 2021, Silva y colaboradores²⁰ ejecutaron el propósito “Determinar el contenido de arsénico, mercurio, cadmio y plomo en 13 especies de peces marinos comercializados en Salvador de Bahía, noreste de Brasil”. De estudio observacional, descriptivo y transversal. Las trece especies marinas evaluadas eran recolectadas en relación a la fácil adquisición y continuidad de disponibilidad por los consumidores. Las especies eran recolectadas de forma aleatoria en centros de alimentos marinos y/o mercados, sumando 39 especies conformadas por tres de cada muestra. Entre los hallazgos revelaron que los niveles de As (0.01 – 1.85 ug/g), Cd (0.03 a 0.32 ug/g), Pb (< 0.01 – 0.10 ug/g) y Hg (0.001 – 1.85 ug/g) variaban de muestras acuáticas, la presencia del As fue el que demostraba los niveles superiores con un alto valor porcentual de muestras de pescados, a continuación de Hg, el Cd y el Pb. Los investigadores opinaron sobre los niveles medios de Hg que superaban el grado superior en las importantes especies “seriola” y “cherna boca amarilla”. Evaluar los riesgos asociados al consumo de metales tóxicos en el pescado es crucial para que las organizaciones de salud y vigilancia sanitaria elaboren directrices y alertas para la población en general.

En el devenir 2020, Petrova y colaboradores²¹ estimaron el objetivo “Determinar los niveles de mercurio y consumo de pescado en la exposición humana de la Riviera Francesa”. El modelo es de diseño observacional y de enfoque cuantitativo. Los hallazgos evidenciaron que las concentraciones de Hg en el pelo de los participantes oscilaron entre 0.01 y 3.98 mg/g con una mediana de 0.51 mg/g (rango intercuartil 0.86-0.28 mg/g). Fueron evidentes que los encuestados mayores que consumían más pescado presentan mayores niveles de Hg en el cuero cabelludo. Las normas de protección pueden ser demasiado complicadas, lo que lleva a los consumidores a evitar por completo el pescado, arriesgándose a una insuficiencia de ácidos grasos poliinsaturados, o a no tenerlas en cuenta, aumentando la exposición al MeHg.

2.2. Bases teóricas

a) Mercurio

El mercurio (Hg) en estado elemental es un singular metal con característica líquida a temperatura ambiental y tiene las propiedades de baja viscosidad, alta densidad, alta conductancia eléctrica y una superficie reflectante, por lo que es ampliamente utilizado en dispositivos científicos, equipos eléctricos y la industria. El mercurio es nocivo e innecesario en el cuerpo humano. Asimismo, está muy extendido en el medio ambiente, prevalece en los bienes naturales y abunda en los objetos que se encuentran en la vida cotidiana²².

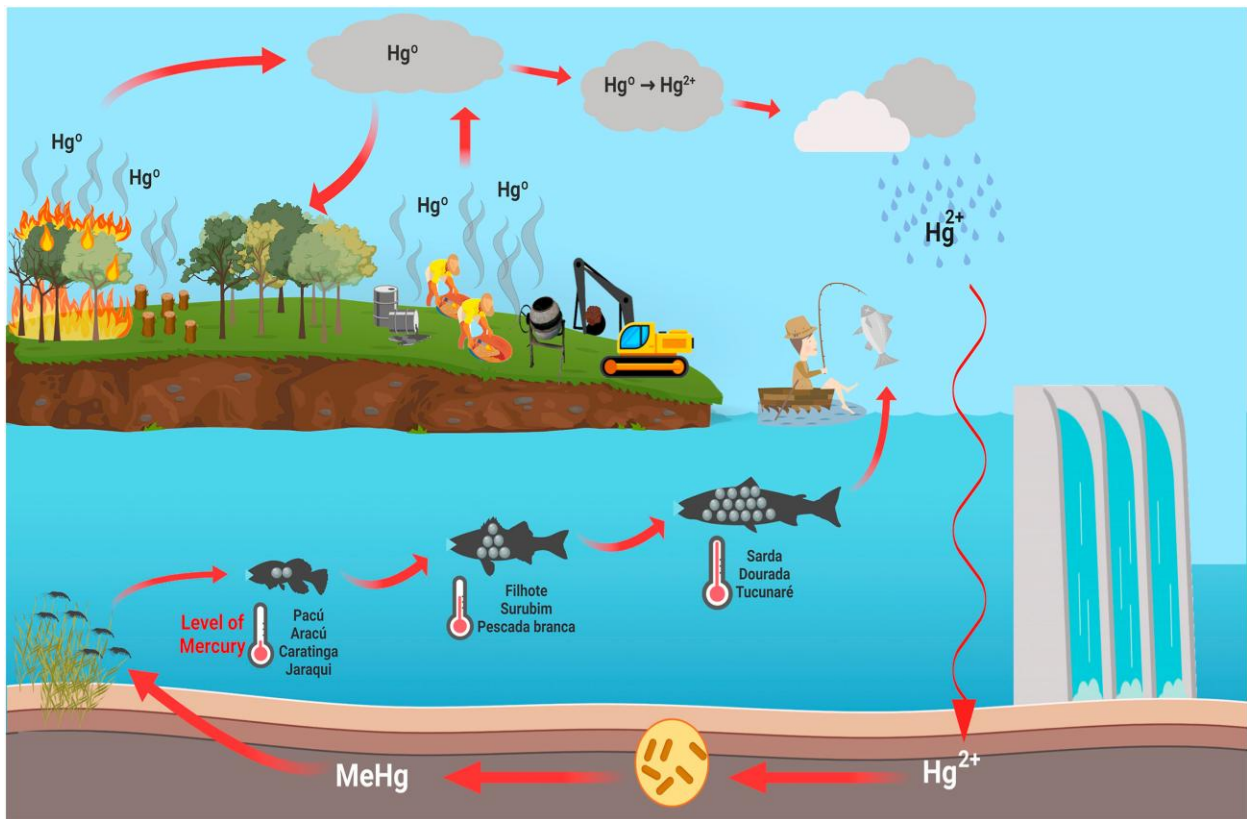
El mercurio, un metal pesado químico, se ubica ampliamente en áreas rocosas de la corteza ambiental y en los almacenes de carbón. Es considerado uno de los compuestos de mayor nivel nocivo del área terrestre²³. El mercurio suele presentarse en diversas apariencias: mercurio metálico elemental, mercurio inorgánico (Hg^{2+}), metilmercurio (MeHg) y otros compuestos orgánicos²⁴. El metilmercurio es una sustancia química nociva en el medio ambiente general se disuelve en el agua dulce y el océano, se condensa a través de la cadena alimentaria y es ingerido por los seres humanos, afectando a su salud. Se ha debatido mucho sobre la toxicidad del metilmercurio, la asociación con el consumo de pescado y marisco, y los enfoques de gestión a largo plazo del impacto del metilmercurio en la salud humana. Las consecuencias de la exposición persistente a bajas concentraciones de metilmercurio en la salud humana siguen siendo objeto de debate²⁵.

Por lo tanto, los incendios y la deforestación también contribuyen a la movilización del mercurio heredado (es decir, mercurio emitido por fuentes humanas en el pasado que todavía circula en la biosfera), devolviendo el mercurio fijado al aire. El vapor de mercurio puede variar transitoriamente en mercurio inorgánico, que desciende con la precipitación, polucionando el suelo

y los cuerpos de líquido acuoso. Allí, las bacterias metanogénicas transforman el mercurio inorgánico en metilmercurio, que puede ingresar y sufrir biomagnificación a través de la cadena alimentaria (especies acuáticas como sarda, dorada, tucunaré, pescado blanco, filote, surubima, entre otros), llegando finalmente a los humanos (Figura 1)²⁶.

Figura 1

Ciclo biogeoquímico del mercurio en especies acuáticas



Nota. Las difusiones de mercurio (Hg^0) al aire derivados de la minería aurífera pueden ser parcialmente capturadas por las hojas de los árboles. Con la deforestación y los incendios, el mercurio en las hojas se emite al aire. En las nubes, el mercurio quizás sea fortuitamente transformado en mercurio inorgánico (Hg^{2+}) que desciende con la precipitación, impurificando los ríos y suelos. El mercurio inorgánico puede ser metilado por bacterias, produciendo metilmercurio ($MeHg$), la especie más tóxica de mercurio, que ingresa fácilmente en la cadena alimentaria acuática. Modificado de Crespo-Lopez et al. Environmental pollution challenges public health surveillance: the case of mercury exposure and intoxication in Brazil. Lancet Regional Health. Americas, 39(100880), 100880.

Por otro lado, de acuerdo a la Evaluación Mundial del Mercurio de 2018, las actividades mineras representan una aproximada del 37.5% de las emanaciones atmosféricas de mercurio, continuas a la combustión estacionaria de combustibles fósiles en instalaciones eléctricas e industriales (19%) y la combustión estacionaria de orígenes fósiles en los hogares, que representa un 2.55%. En adición, otros orígenes de Hg incluyen el proceso de materiales de construcción (10.5%), procesos de materiales férricas (10.3%), la elaboración de piezas del metal preciado y cotizado en alto nivel (3.8%), la unidad de materiales de vinil (2.6%), la incineración del ecosistema (2.3%), la obtención de acero y materiales de dureza metálica (1.3%) y otros orígenes que apoyan con valores inferiores al 10%, tales la elaboración de cloro alcalino, la destilación de hidrocarburos, la producción de amalgama y quema proveniente de remanentes desde sustancias tóxicas²⁷.

La Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) establece la normativa que estipula que la concentración máxima admisible de mercurio en los medios acuáticos se fija en 2 partes por billón (ppb)²⁸; sin embargo, cabe señalar que los niveles de Hg observados en mayor proporción de las masas líquidas que superan estos límites. Además, es importante reconocer que el nivel aceptable de ingesta de Hg desde los recursos de origen vegetal es de 0.1 µg/kg de peso corporal²⁹, mientras que las concentraciones reales encontradas en numerosos organismos biológicos tienden a ser elevadas. La EPA definió con antelación un nivel superior al borde del límite para la exposición por vía respiratoria al Hg atmosférico de 0.3 µg/m³, junto con una concentración basal de 0.0003mg/kg y 0.0001mg/kg diarios en Hg asociado a las sales de cloruro y el MeHg en correlación³⁰. Aun más, se ha normalizado con antelación la valoración de 0.2 a 1 µg/g para la concentración de MeHg en las muestras marinas³¹. De forma

similar, la evaluación a un intervalo promedio entre 0.07 a 0.3 mg/kg hacia los niveles totales de Hg en zona terrestre³².

El Hg que se deposita sobre las rocas del terreno baldío tiene el potencial de sufrir una serie de complejos procesos de transformación, que en última instancia dan lugar a la conversión del mercurio elemental en especies de mercurio inorgánico, un fenómeno impulsado en gran medida por reacciones oxidativas facilitadas por diversas actividades microbianas, la exposición a la luz solar a través de la insolación, así como una multitud de intrincados procesos químicos que tienen lugar en el entorno del suelo. Una vez convertido, el mercurio inorgánico tiene la capacidad de adsorberse a las partículas del suelo, pasando así a formar parte de la composición mineral del suelo, o puede someterse a metilación microbiana, un proceso bioquímico por el que se transforma en metilmercurio (MeHg), que es conocido por ser una variante particularmente tóxica y peligrosa del mercurio que tiene la propensión a bioacumularse dentro de la red alimentaria biológica, planteando así riesgos significativos tanto para la salud humana como para los sistemas ecológicos³³.

Cabe señalar que la introducción de mercurio en los ecosistemas acuáticos puede producirse a través de varias vías, entre otras, la lixiviación de suelos polucionados por escorrentía, la deposición atmosférica directa procedente de fuentes aéreas o incluso el vertido deliberado o accidental de efluentes cargados de mercurio procedentes de fuentes puntuales que contribuyen a la carga medioambiental global de este metal pesado³³. Algunos microorganismos sin vía de la oxigenación, ubicadas en zonas rocosas y en áreas marinas quizás transformen el Hg inorgánico en MeHg. La presencia de MeHg en los terrenos, existe la posibilidad de almacenarse sobre especies de agua salada o dulce, específicamente en los peces y en los niveles tróficos superiores, los datos disponibles muestran que se han observado efectos adversos comparables en peces

silvestres en entornos correspondientes a una concentración de sustancias tóxicas alta y baja de MeHg en las redes alimentarias³⁴.

Por otra parte, el mercurio se bioacumula en las especies acuáticas cuando absorben MeHg del agua o consumen presas que contienen MeHg. La biomagnificación provoca un aumento de las concentraciones de mercurio en las especies de niveles tróficos superiores. Dando consecuencias, las especies marina depredadores y los peces de agua salada pueden adquirir altas concentraciones de mercurio³⁵.

El consumo de pescado y marisco polucionados puede provocar la exposición de las personas al mercurio. Cuando el MeHg se ingiere a través del consumo de pescado, puede ser absorbido por el organismo y distribuido a diversos tejidos, incluido el cerebro, lo que supone riesgos potenciales para la salud humana. En adición, el Hg quizás se expanda hacia los bordes de las aguas y del terreno a la atmósfera, completando su ciclo biogeoquímico y facilitando su direccionalidad y redistribución a diferentes secciones ambientales^{36,37}.

Uno de los métodos de exposición al mercurio es el consumo de alimentos expuestos. Por ello, la cuestión del mercurio en los alimentos, en particular la ingestión de especies marinas polucionados, tales tenemos el “atún”, el “pez espada”, algunos de gran dimensión y carnívoros desde los océanos, ha suscitado un gran interés por continuar la investigacion³⁸. La presencia de sustancias orgánicas e inorgánicas en los pescados cabe la posibilidad a sustancias tóxicas halladas de características naturales en los ambientes acuáticos, lacustres o fluviales como a fuentes antropogénicas, incluidas las actividades industriales y la polución por residuos, que pueden intensificar aún más la deposición de estos metales. La presencia de una correlación directa entre el tamaño del pescado y los niveles de Hg indica que los individuos que consumen pescado de

mayor tamaño pueden experimentar una mayor exposición al mercurio en comparación con los que consumen pescado más pequeño³⁹.

Un conocimiento exhaustivo por parte de los consumidores de todos los factores que contribuyen a aumentar su exposición al mercurio constituye el paso fundamental necesario para que puedan tomar decisiones informadas y conscientes sobre sus hábitos de consumo de pescado.

En última instancia, este conocimiento facilitará a los investigadores continuar estudiando sobre los riesgos potenciales para la salud asociados al mercurio en el pescado.

b) Plomo

El plomo (Pb) es una sustancia de alto peso molecular muy tóxica que puede colocar en riesgo a las personas y animales. Es un potente tóxico ocupacional que supone un peligro global para el medio ambiente. El plomo es un metal pesado no biodegradable y persistente que se acumula de forma natural en la corteza terrestre. Puede entrar en las masas de agua a través de la meteorización geológica y la acción volcánica, o por diversas actividades antropogénicas, como la incineración de hidrocarburos de origen fósiles, las tuberías de escape de los autos, los revestimientos metálicos y las pinturas, los efluentes de las industrias de baterías de almacenamiento, la escorrentía agrícola, incluidos los fertilizantes, los plaguicidas y los aditivos de los pigmentos y la gasolina⁴⁰.

Cabe mencionar que las precipitaciones eliminan el Pb de la atmósfera, que luego es transportado hacia la tierra o ingresan en conexión con superficies líquidas. El Pb también es usado de forma similar a un pesticida en la siembra de verduras y frutas⁴¹. La expulsión de residuos que presentan plomo, la salida de pintura con plomo de puentes y edificaciones y la recuperación de baterías rotas de la industria contribuyen al amontonamiento, de plomo en los colectores municipales. El Pb reacciona de forma significativa con las partículas que se encuentran bajo tierra

y en la capa superficial del suelo⁴². La escorrentía de la lluvia atrae las partículas subyacentes, permitiendo que el plomo entre en masas de agua como los estanques. La atmósfera, el agua y el terreno terrestre propagan el Pb a las especies vivas, y la etapa sigue su curso⁴³.

La afectación ambiental por plomo del suelo, el agua y la atmósfera es consecuencia de la actividad humana. Dado que estos recursos desempeñan un papel fundamental en el sustento de la vida humana a través de los alimentos, el agua potable y el aire, cualquier forma de contaminación tiene el potencial de entrar en la biosfera y suponer una amenaza para la salud humana⁴⁴. Sustancias como el hidrocarburo, los acumuladores de automóviles, los residuos de depuración, los abonos químicos y la exposición al Pb también pueden tener efectos perjudiciales para la salud humana, como los yacimientos mineros, las instalaciones de almacenamiento de sulfuro de plomo y las conducciones de agua, son fuentes habituales. En algunas regiones se utilizan tuberías de plomo, a través de las cuales se han registrado más de 29 mg/L de plomo en las tuberías evaluadas⁴⁵.

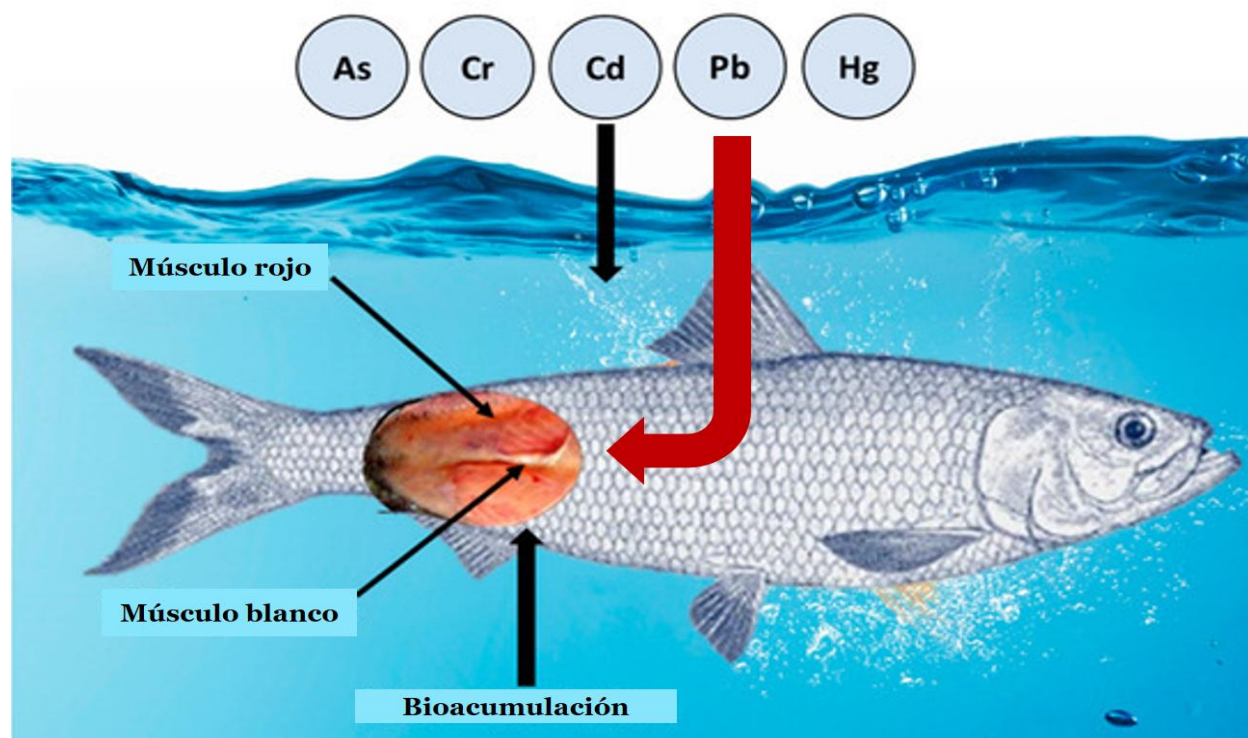
El tipo más peligroso es el plomo orgánico, que incluye el tetraetilo de plomo [CH_3CH_2]₄Pb]. El plomo orgánico puede ser neurotóxico a dosis bajas, siendo las sales de plomo tetraetilo de 10 a 100 veces más tóxicas y las sales de plomo dialquilo hasta 10 veces más peligrosas que los compuestos de plomo inorgánico (estudios de toxicidad aguda)⁴⁶.

En la estructura trófica marina, el plomo presenta una concentración fisiológica sin que se produzca biomagnificación debido a su papel en el metabolismo del calcio en los vertebrados, lo que conduce a su deposición en los tejidos esqueléticos en lugar de en matrices biológicas más blandas. La toxicidad aguda resultante del consumo de pescado marino expuestos con plomo se presenta típicamente en el sistema gastrointestinal y está influenciada por los niveles dietéticos de calcio y hierro, además de por la edad de los individuos afectados (las poblaciones más jóvenes muestran tasas de absorción elevadas y, como resultado, una mayor vulnerabilidad)^{42,43}.

El plomo en el agua de mar existe en formas iónicas o como complejos y puede precipitar cuando se superan los límites de solubilidad. Precipita principalmente en forma de acetato de plomo $[Pb(C_2H_3O_2)_2]$ o cerusita ($PbCO_3$). En los sistemas acuáticos, los sedimentos capturan la mayor parte del plomo y sólo una pequeña cantidad permanece disuelta debido a la complejación del ligando. Además, compuestos orgánicos como el tetraetilo de plomo y el tetrametilo de plomo están disponibles para la absorción biológica^{47,48}. La toxicidad del Pb se induce principalmente por la bioacumulación (Figura 2) en los tejidos, que a su vez causa estrés oxidativo debido a la producción de especies reactivas de oxígeno⁴⁹.

Figura 2

Bioacumulación de metales pesados en tejidos musculares de peces



Nota. El Pb y otros metales tóxicos, se encuentran principalmente en tejidos musculares de los peces marinos. Adaptado de Tolkou et al. Detection of arsenic, chromium, cadmium, lead, and mercury in fish: Effects on the sustainable and healthy development of aquatic life and human consumers. Sustainability. 2023;15(23):16242.

La preocupación por la salud pública se ha centrado en los filetes de pescado comestibles que quizás sobrepasen a la directiva de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 0.3 $\mu\text{g/g}$ (ppm; peso húmedo) y una ingesta alimentaria diaria máxima de 450 μg . Aunque en Estados Unidos no existe ninguna norma legislativa sobre la presencia de Pb en el pescado que pueda consumirse como alimento, la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos ha publicado recientemente una orientación/acción/concentración de tolerancia para el plomo en el pescado de 1.3 $\mu\text{g/g}$. Según el Codex Alimentarius, la cantidad aceptable de plomo en el pescado fresco es de 0.2 mg/kg, aunque depende del nivel de transporte en el Pb por los pescados y quizás obtener la equivalencia y con exhibición prolongada. Las clases de Pb altamente frecuentes en las especies marinas son el plomo inorgánico, el trimetilplomo y el tetraetilplomo⁵⁰.

Tras la absorción, el plomo se disemina a diversos órganos y sistemas a través del sistema circulatorio, lo que conduce a su acumulación en el torrente sanguíneo, los tejidos blandos y la estructura ósea. Las manifestaciones de la intoxicación aguda por plomo en humanos pueden implicar síntomas neurológicos como disminución de la capacidad de atención, cefalalgia, irritabilidad, deterioro cognitivo y letargo en adultos, mientras que los lactantes pueden experimentar una encefalopatía aguda caracterizada por náuseas persistentes, perturbación de las funciones del sistema nervioso, convulsiones, inflamación nervio óptico, estados alterados de conciencia y letargo potencial⁵¹.

La toxicidad del plomo tiene efectos perjudiciales en numerosos órganos, tanto en la población pediátrica como en la adulta. Por consiguiente, es imperativo conocer las intervenciones terapéuticas disponibles. El principal enfoque terapéutico consiste en prevenir la exposición al plomo. Es crucial reconocer que una vez que el plomo se introduce en el sistema humano, su eliminación completa es inviable. Los suplementos nutricionales y los tratamientos

farmacológicos pueden ayudar a disminuir la concentración de plomo secuestrado en diversos órganos y facilitar la excreción del plomo de los tejidos orgánicos⁵². La influencia de los elementos metálicos, junto con otros agentes químicos ambientales, en los organismos acuáticos puede medirse mediante evaluaciones de pruebas tóxicas que se emplean para identificar y analizar las posibles repercusiones toxicológicas de los metales pesados tóxicos en las formas de vida acuática. En vista de ello, se requieren iniciativas reforzadas para mitigar la expansión al plomo entre los consumidores de marisco de alto inseguridad.

2.3. Formulación de hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

H1: La concentración de mercurio y plomo en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica, supera los valores máximos permisibles.

H0: La concentración de mercurio y plomo en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica, no supera los valores máximos permisibles.

2.3.2. Hipótesis específicas

- La concentración de Hg en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica supera los valores máximos permisibles.
- La concentración de Pb en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica supera los valores máximos permisibles.
- Existe correlación entre los niveles de Hg y Pb respecto a los límites máximos permisibles establecidos por SANIPES.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método de la investigación

Este informe final de tesis utilizó el enfoque hipotético y deductivo, que implica que los investigadores evalúen la validez en la teoría propuesta en situaciones específicas extrayendo y evaluando los impactos basadas en el análisis empírico y la experimentación. El objetivo de este método es adquirir conocimientos valiosos, en concreto para identificar los factores causales que permitan predecir con exactitud los sucesos venideros⁵³.

3.2. Enfoque de la investigación

Es coherente con el paradigma cuantitativo, llámese, las conclusiones son derivadas del ensamblaje de información numérica y su posterior interpretación. La investigación cuantitativa es fundamentalmente deductiva y encamina la utilización de medidas como frecuencias, porcentajes, proporciones y relaciones, los investigadores pueden cuantificar sistemáticamente y aportar pruebas empíricas de las variables mencionadas⁵⁴. El análisis de los datos emplea principalmente métodos estadísticos.

3.3. Tipo de investigación

De característica básica, es decir, en la medida en que se refiere a investigaciones centradas únicamente en la obtención de informaciones novedosas o en el entendimiento de los elementos esenciales de nuevas situaciones y sucesos visuales⁵⁵.

3.4. Diseño de la investigación

De característica observacional. Cabe exponer, el experto se abstiene a intervenir con los sujetos de estudio, centrándose en cambio en las asociaciones inherentes entre variables y resultados⁵⁶, pudiendo formular hipótesis para posteriores indagaciones preexperimentales o cuasiexperimentales.

De nivel correlacional, porque presume identificar relaciones más de dos variables y determinar las realidades dispares en los atributos de la muestra en base de la exhibición hacia los participantes hacia determinado acontecimiento de fondo dentro del contexto natural. Antes de iniciar un estudio de investigación en este campo, deben considerarse cuidadosamente diversos factores, como la identificación y selección de las variables apropiadas, la selección de la muestra y la utilización de herramientas de medición fiables⁵⁶.

De corte transversal, debido a que las investigadoras evaluaron simultáneamente los resultados y las exposiciones de las muestras de estudio. Además, las investigaciones transversales facilitan la evaluación de múltiples resultados a la vez⁵⁷.

3.5. Población, muestra y muestreo.

Población:

Todos los pescados frescos comercializados por su alta demanda comestible, aunque su tamaño sigue sin especificarse y es desconocido.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión:

- Carne de pescado recién capturada provenientes de centros alimentarios designados en la zona de Lurigancho-Chosica.
- Pescado fresco de alta compra especialmente “bonito” y “caballa”

Criterios de exclusión:

- Diferentes muestras acuáticas no recolectadas.
- Pescado fresco de distintos centros de comercialización de abasto, diferente al área de estudio.

Muestra:

Para determinar el tamaño de la muestra se empleó la siguiente fórmula finita y se reemplaza:

$$n = \frac{(Z_{\alpha})^2 S^2}{d^2}$$

Dónde:

$Z_{\alpha}=1.96$ Es el percentil 95 de la distribución normal usada para que la estimación tenga un nivel de seguridad del 95%

d = Precisión de las estimaciones 0.03 mg/kg (Hg) y 0.08 mg/kg (Pb)

$DS= 0.048$ mg/kg, valor previo de la desviación estándar de la concentración de Hg.

$DS= 0.129$ mg/kg, valor previo de la desviación estándar de la concentración de Pb.

Para mercurio:

$$n = \frac{(1.96)^2 0.048^2}{0.03^2} = 9.83$$

Para plomo:

$$n = \frac{(1.96)^2 0.129^2}{0.08^2} = 9.98$$

Luego el tamaño mínimo de la muestra que garantiza una estimación de la concentración promedio de mercurio y plomo con precisiones respectivas de ± 0.03 mg/kg y ± 0.08 mg/kg y nivel de seguridad del 95% es de 10 unidades de análisis por especie, es decir un total de veinte muestras, distribuidas en 10 unidades de *Sarda chiliensis chiliensis* (bonito) y 10 *Scomber scombrus* (caballa) para la medición de mercurio y plomo por cada grupo (pescado fresco marino).

Muestreo:

Se recolectó una selección aleatoria de peces (por ejemplo, adquiriendo los cinco primeros ejemplares de bonito y los cinco primeros de caballa) para garantizar una variedad de datos y reducir los sesgos procedentes de dos centros de abastecimiento del distrito de estudio. A continuación, se eligieron las unidades de análisis, compuestas por 10 especies de “bonito” y 10 especies de “caballa”.

En enero del 2025, se obtuvieron veinte especímenes de peces comestibles fresco de dos géneros distintos. Se desarrolló una aleatorización selectiva adecuada, y cada muestra peso 300 mg, procedentes de 200 g del tejido de la especie marina.

3.6. Variables y operacionalización

Variable uno. Especie marina: pescado fresco

Variable dos. Metales pesados tóxicos: Hg y Pb

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnica analítica

Mantenimiento y almacenaje

- Se garantizó la integridad de las muestras, éstas fueron recolectadas en condiciones óptimas y colocadas posteriormente en contenedores tecnopor, se mantuvo en hielo seco a -4°C y protegidos de la exposición a la luz.
- Los procedimientos analíticos fueron inmediatamente después de la fase de recogida de muestras. Por consiguiente, el intervalo entre la recogida de las muestras y su entrega al laboratorio no supero las 24 horas.

Intervención experimental

- Limpieza, organización y mantenimiento del material.

- Después de la limpieza, fue esencial que toda la cristalería empleada en este análisis se enjuague a fondo con ácido nítrico y posteriormente con agua destilada.
- A continuación, el peso de la muestra se midió en 300 mg.

Descomposición de material orgánico por procesos digestivos

- Primer paso, se consideró desarrollar la digestión en la muestra y fue transferida a un recipiente de vidrio Enlermeyer de descomposición. A continuación, se añadió 5.0 mL de ácido nítrico de alta concentración al 30% (HNO_3) y 5.0 mL de ácido sulfúrico puro (H_2SO_4) para después se inició el proceso de hidrolisis.
- La disminución de la velocidad de reacción, el contenido se sometió a calentamiento dentro del digestor, alcanzando una temperatura de 60°C en el transcurso de 30 minutos.
- Se retiró el balón de vidrio del calor y se dejó que se refresque. Posteriormente, se introdujo 12.0 mL de HNO_3 ultrapuro, y luego se introdujo el balón de vidrio en el digestor a una temperatura de 120°C .
- Se aumentó la temperatura hasta 160°C y se mantuvo durante aproximadamente siete horas; a continuación, se apartó el balón de vidrio cuando se visualizó un color oscuro.
- Tras unos minutos de enfriado la solución, se añaden 2.0 mL de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 35%, lo que provoca una reacción vigorosa. Posteriormente, se adiciono H_2O_2 al 35% de hasta que la solución se vuelva transparente.
- Se transfirió la muestra del balón inicial a otro balón de 50.0 mL de volumen y se ajustó el volumen con agua desionizada.
- Para la lectura se utilizó el espectrofotómetro, el análisis del plomo se realizó con un horno de grafito y el del mercurio con un generador de hidruros de vapor frío.

3.7.2. Descripción de instrumentos

Al medir las variables se aplicó como herramienta de recogida de información una versión modificada del instrumento elaborado por Simionov et al.⁵⁸ este instrumento modificado incluyó una guía de observación e incorpora referencias a nivel nacional, de forma paralela, en el contexto internacional sobre niveles permitidos de metales pesados tóxicos en especies marinas frescas. Además, como parte del proceso de recogida de datos se incluyó las áreas geográficas de los centros de abastecimiento, las muestras objeto de la investigación y las observaciones pertinentes. En los anexos figuran las fichas detalladas de los instrumentos de recogida de datos.

3.7.3. Validación

Los datos recolectados a través de un instrumento validado fueron cruciales hacia la evaluación con precisión de los resultados. Por consiguiente, las validaciones del contenido fueron sometidos al escrutinio de tres docentes Químicos Farmacéuticos, especializados en los campos de la toxicología y la farmacología. Esto es especialmente importante en la evaluación de la contaminación por metales pesados, ya que las técnicas analíticas utilizadas pueden ser variados grados de justeza y rigor.

3.7.4. Confiabilidad

La información a analizar fue transcrita de los reportes obtenidos del CICOTOX, este laboratorio está en proceso de acreditación según la norma ISO/IEC 17025, que describe los requisitos básicos para las habilidades necesarias en los laboratorios dedicados a las pruebas y la calibración. Ante ello, no amerita la medición de la confiabilidad.

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

Los informes obtenidos fueron exportadas al panel de cálculo en Excel, se codificó y analizó, posteriormente mediante el programa estadística SPSS, versión 27, para realizar un

examen estadístico del conjunto de datos de la muestra. Se empleó estadísticas descriptivas, incluidas medidas como las medias, para comprobar las hipótesis de investigación se desarrolló previamente la prueba de normalidad para la elección del estadístico a utilizar, ya sea prueba T de Student o Wilcoxon esto en las hipótesis específicas uno y dos, en el caso de la tercera hipótesis específica, se seleccionó el coeficiente r de Pearson o el coeficiente Rho de Spearman en función de si los datos seguían una distribución normal, todo ello con un nivel de significación del 5 % ($p < 0,05$).

3.9. Aspectos éticos

Los investigadores académicos aplicaron medidas encaminadas a reducir al mínimo la utilización de especímenes ictiológicos en protocolos experimentales, mejorando al mismo tiempo las metodologías para mitigar la angustia experimentada sobre las especies biológicas de investigación. Esto incluye dar prioridad a los métodos no invasivos siempre que esté al alcance y garantizar que otra ejecución e intervención experimental sea llevado a cabo respetando las normas éticas. Además, se comprometieron a examinar las posibles ramificaciones a nivel de la salud humana como para el ecosistema natural. Al adherirse a estos principios éticos, los investigadores pueden garantizar que sus investigaciones se llevaron a cabo de forma responsable y contribuyen positivamente a la expansión de la comprensión científica y al bienestar de la sociedad.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis descriptivo de resultados

La Tabla 1 muestra que la concentración promedio de Hg y su desviación estándar en pescados frescos fue de 1.25 ± 0.40 mg/kg para la especie “bonito” y 0.71 ± 0.28 mg/kg para la especie “caballa” en los centros de comercialización de Lurigancho-Chosica; así mismo se presentan los valores extremos por especie y por centro de abastos.

Tabla 1

Concentración de mercurio (mg/kg) según especie

Concentración de mercurio (mg/kg)						
Centro de abastos	Especie	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Centro de abastos 01	Bonito	5	1.05	0.41	0.48	1.50
	Caballa	5	0.68	0.15	0.54	0.90
Centro de abastos 02	Bonito	5	1.45	0.30	1.09	1.87
	Caballa	5	0.74	0.38	0.40	1.33
Total	Bonito	10	1.25	0.40	0.48	1.87
	Caballa	10	0.71	0.28	0.40	1.33

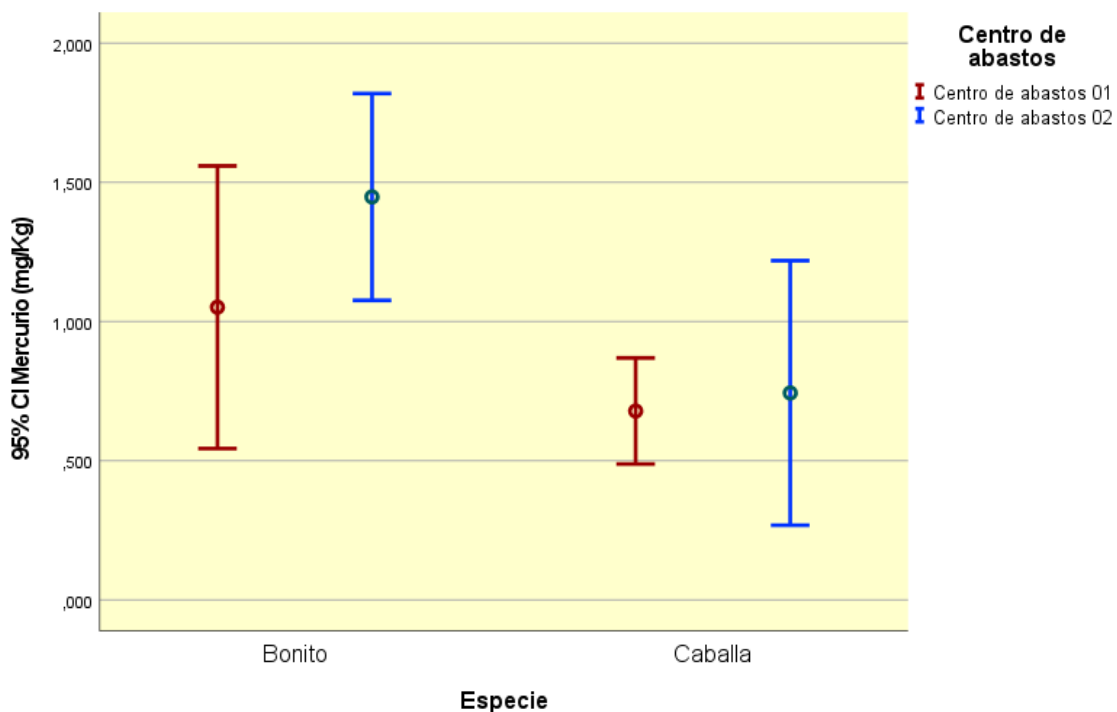
Nota. Concentración de Hg (mg/kg) según especie en el centro de abasto 01 versus centro de abasto 02.

El grafico de barras de error de la Figura 3 muestra que la concentración media de Hg en la especie “bonito” del centro de abastos 01 fue ligeramente superior al del centro de abastos 02, pero al observarse que los intervalos de confianza resultaron traslapados.

Se concluyó que las diferencias no son significativas, lo mismo sucedió con la especie “caballa”, por lo que se pudo concluir que la concentración promedio de Hg en pescado fresco “bonito” fue similar entre ambos centros de abastos, razón por la cual el análisis se hizo considerando a ambos centros manera conjunta, de igual manera se procedió para la “caballa”. Los valores exactos de los intervalos al 95% de confianza se muestran en el anexo 5.

Figura 3

Concentración media de mercurio (mg/kg) estimada según especie

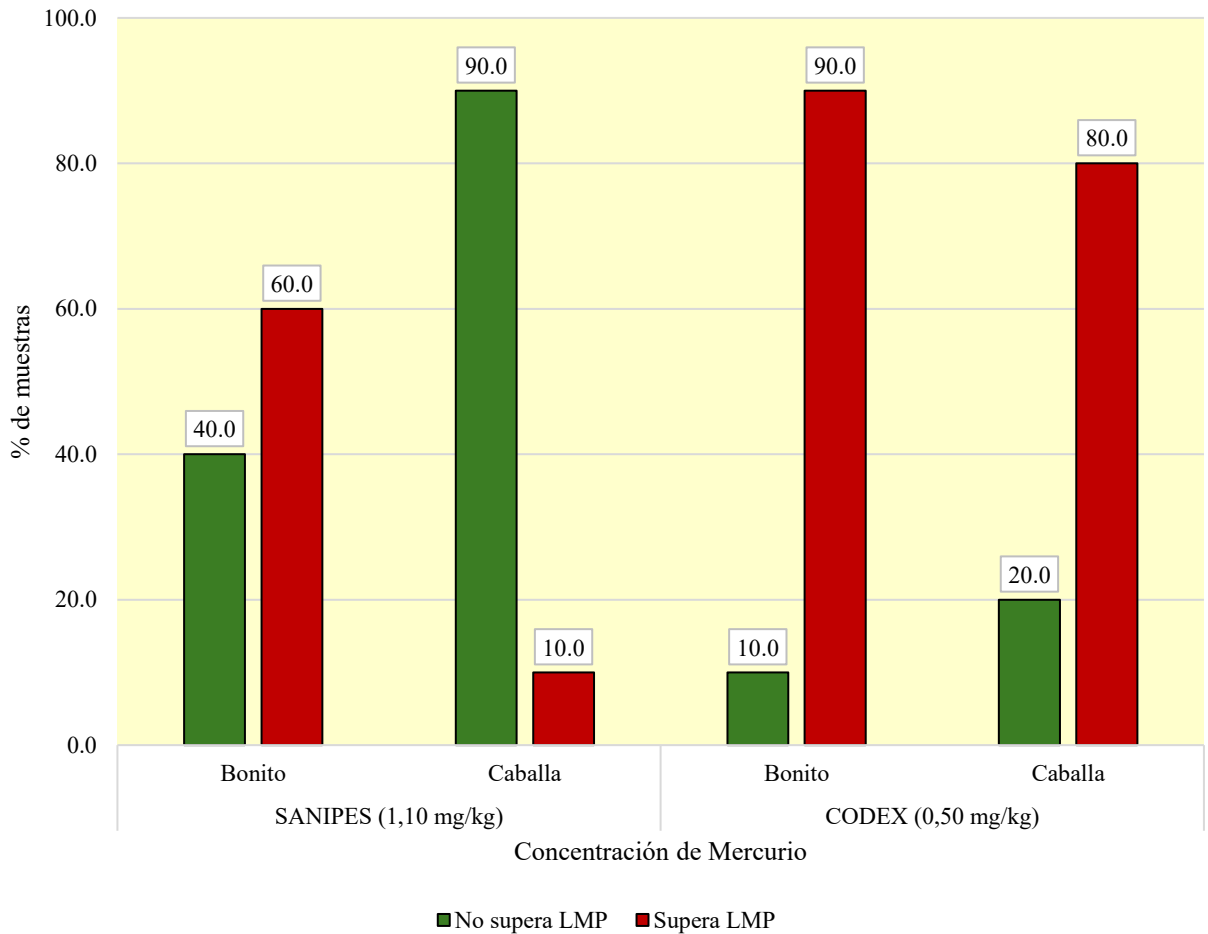


Nota. Concentración media de mercurio (mg/kg) según muestras en el centro de abasto 01 versus centro de abasto 02.

La Figura 4 muestra que según los estándares SANIPES, el 60% de las especies de “bonito” y 10% de “caballa” superaron los límites máximos permitidos para la concentración de Hg (>1.10 mg/kg); mientras que respecto a los estándares de Codex alimentarius (>0.5 mg/kg) estos porcentajes fueron de 90% y 80% respectivamente.

Figura 4

Distribución de mercurio según límites máximos permisibles (LMP)



Nota. Distribución de Hg según límites máximos permisibles señalados por SANIPES y el Codex alimentarius.

La Tabla 2 muestra que la concentración promedio de Pb y su desviación estándar en pescados frescos fue de 2.14 ± 1.20 mg/kg para la especie “bonito” y 2.09 ± 1.66 mg/kg para la especie “caballa”; así mismo se presentan los valores extremos por especie y por centro de comercialización.

Tabla 2

Concentración de plomo (mg/kg) según especie

Concentración de Pb (mg/kg)						
Centro de abastos	Especie	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Centro de abastos 01	Bonito	5	2.09	1.01	0.70	3.17
	Caballa	5	1.81	0.88	0.98	3.29
Centro de abastos 02	Bonito	5	2.19	1.50	0.64	4.36
	Caballa	5	2.36	2.29	0.28	5.25
Total	Bonito	10	2.14	1.20	0.64	4.36
	Caballa	10	2.09	1.66	0.28	5.25

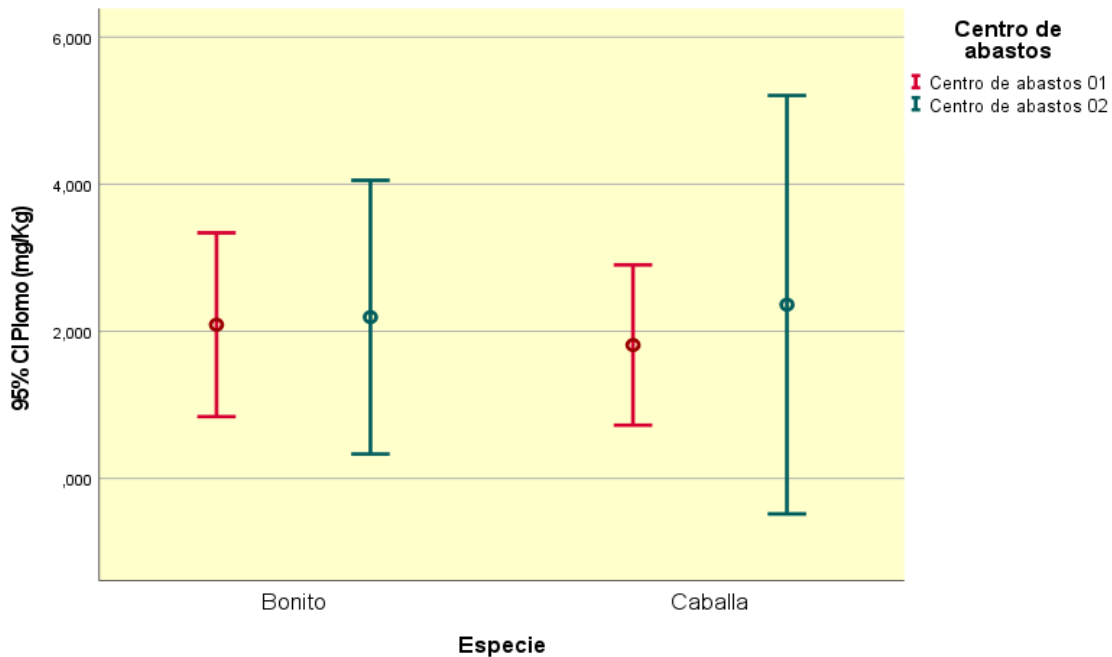
Nota. Concentración de Pb (mg/kg) según especie en el centro de abasto 01 versus centro de abasto 02.

La Figura 5 muestra que la concentración media de Pb en la especie “caballa” del centro de abastos 02 fue ligeramente superior al del centro de abastos 01, pero al observarse que los intervalos de confianza resultaron traslapados.

Se concluyó que las diferencias no son significativas, lo mismo sucedió con la especie “bonito”, por lo que se pudo concluir que la concentración promedio de Pb en pescado fresco “bonito” fue similar entre ambos centros de abastos, razón por la cual el análisis se hizo considerando a ambos centros manera conjunta, de igual manera se procedió para la “caballa”. Los valores exactos de los intervalos al 95% de confianza se muestran en el anexo 5.

Figura 5

Concentración media de plomo (mg/kg) estimada según especie

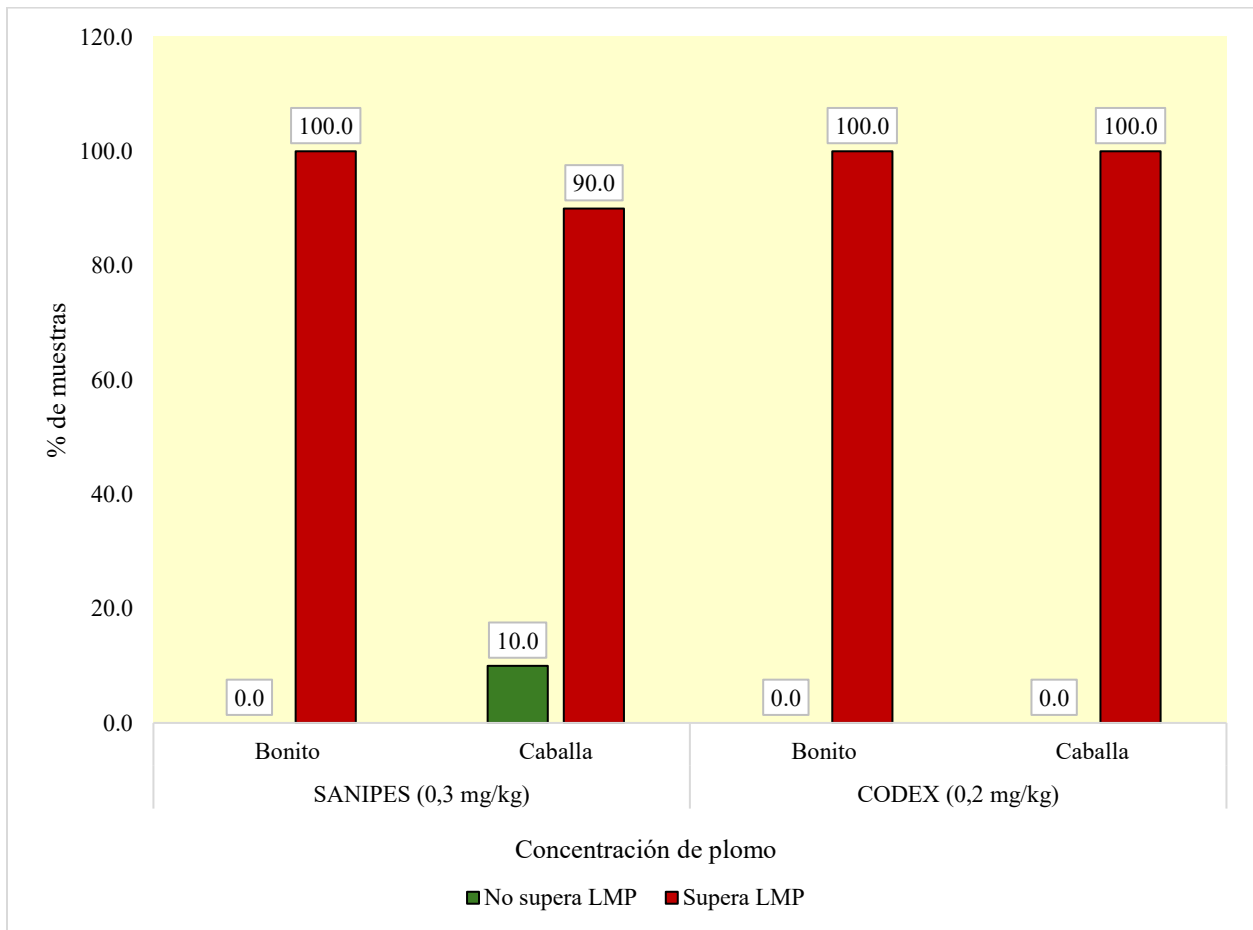


Nota. Concentración media de Pb (mg/kg) según muestras en el centro de abasto 01 versus centro de abasto 02.

La Figura 6 muestra que según los estándares SANIPES el 100% de las especies marinas de “bonito” y el 90% de “caballa” superaron los límites máximos permisibles para la concentración de Pb (> 0.3 mg/kg); mientras que respecto a los estándares de Codex alimentarius (> 0.2 mg/kg) estos porcentajes fueron de 100% para ambas especies.

Figura 6

Distribución de plomo según límites máximos permisible (LMP)



Nota. Distribución de Pb según límites máximos permitidos establecidos por SANIPES y el Codex alimentarius.

4.1.2. Prueba de hipótesis

a) Prueba de normalidad

Para determinar el tipo de prueba a utilizar para el contraste de las hipótesis de investigación (Paramétrica / No paramétrica) se procedió previamente a realizar una prueba de normalidad (Tabla 3), dado que los tamaños de muestra fueron menores a 50 ($n=10$) se procedió a utilizar la prueba de Shapiro-Wilk. Debido a que el p valor de la prueba de Shapiro-Wilk resulto ser mayor a 0.05 se aceptó el supuesto de normalidad de los datos, por tanto, para el contraste de las hipótesis de investigación fue necesario el uso de técnicas paramétricas.

Tabla 3

Pruebas de normalidad

Especie	Shapiro-Wilk**			
	Estadístico	gl	p valor	
Mercurio (mg/kg)	Bonito	0.974	10	0.922*
	Caballa	0.892	10	0.179*
Plomo (mg/kg)	Bonito	0.942	10	0.580*
	Caballa	0.877	10	0.120*

Nota. * $p > 0.05$: es probable que los datos sean normales \rightarrow prueba paramétrica

**La prueba de Shapiro se utiliza para muestras de tamaño menor a 50, Kolmogorov-Smirnov para muestras 50 o mayores.

H_0 : Los datos presentan normalidad.

H_1 : Los datos no presentan normalidad.

Criterio:

Si el p valor es menor a 0.05 se rechaza H_0 y se acepta la alterna, es decir, no hay normalidad.

Si el p valor es mayor a 0.05 se acepta H_0 , es decir existe normalidad.

b) Prueba de hipótesis

Hipótesis general

H₁: La concentración de mercurio y plomo en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica, supera los valores máximos permisibles.

H₀: La concentración de mercurio y plomo en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica, no supera los valores máximos permisibles.

Nivel de significancia: $\alpha=0.05$ (5%)

Estadístico de prueba paramétrico: T de Student para una muestra

Lectura del error: Si el p valor es menor a 0.05 se rechaza H₀ y se acepta la alterna H₁, Si el p valor es mayor a 0,05 se acepta H₀.

Tabla 4

Prueba T para la concentración promedio de mercurio y plomo

Especie	Metal	Concentración de plomo (mg/kg); n=20						
		Media	Desviación estándar	Valor de prueba	t	gl	p valor (unilateral)	Diferencia de medias
Bonito y Caballa	Mercurio	0.98	0.43	1.1 ^s	-1.24	19	0.884	-0.12
				0.5 ^c	4.96	19	0.001	0.48
Bonito y Caballa	Plomo	2.12	1.41	0.3 ^s	5.75	19	0.001	1.82
				0.2 ^c	6.07	19	0.001	1.92

Nota. (s) SANIPES, (c) Codex alimentarius.

Toma de decisión: Como el primer p valor de la Tabla 4 muestra valor mayor a 0.05 se puede decir que la concentración de mercurio en las muestras marinas comercializados en los centros de alimentos del distrito de Lurigancho-Chosica, no supera los valores máximos permisibles fijados a través de SANIPES, sin embargo dado que los tres siguientes son menores a 0.05 se concluye que la concentración de Hg en las muestras marinas comercializados en dichos centros de alimentos supera los valores máximos permisibles fijados por Codex alimentarius. Asimismo, la concentración de Pb en muestras marinas comercializados en los centros de alimentos supera los valores máximos permisibles fijados mediante Codex alimentarius y SANIPES.

Hipótesis específica 01.

Planteamiento de hipótesis:

H₀: La concentración de mercurio en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica no supera los valores máximos permisibles.

H₁: La concentración de mercurio en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica supera los valores máximos permisibles.

Nivel de significancia: $\alpha=0.05$ (5%)

Estadístico de prueba paramétrico: T de Student para una muestra

Lectura del error: Si el p valor es < 0.05 se rechaza H₀ y se acepta la alterna H₁, Si el p valor es > 0.05 se acepta H₀.

Tabla 5.

Prueba T para la concentración promedio de mercurio

Especie	Concentración de mercurio (mg/kg) (n=10)						
	Media	Desviación estándar	Valor de prueba	t	gl	p valor (unilateral)	Diferencia de medias
Bonito	1.25	0.40	1.1 ^s	1.192	9	0.132	0.15
			0.5 ^c	5.971	9	0.001	0.75
Caballa	0.71	0.28	1.1 ^s	-4.439	9	0.999	-0.39
			0.5 ^c	2.411	9	0.020	0.21

Nota. (s) SANIPES, (c) Codex alimentarius.

Toma de decisión: Como el primer y tercer p valor de la Tabla 5 muestra valores mayores a 0,05 se puede decir que la concentración de mercurio en los pescados frescos de la especie bonito y caballa comercializados en los centros de alimentos del área de estudio, no supera los valores máximos permisibles fijados por SANIPES, sin embargo, dados los demás valores p, si supera los valores máximos permisibles fijados por Codex alimentarius.

Hipótesis específica 02.

H₀: La concentración de plomo en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica no supera los valores máximos permisibles.

H₁: La concentración de plomo en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica supera los valores máximos permisibles.

Nivel de significancia: $\alpha=0.05$ (5%)

Estadístico de prueba paramétrico: T de Student para una muestra

Lectura del error: Si el p valor es menor a 0.05 se rechaza H₀ y se acepta la alterna H₁, si el p valor es mayor a 0.05 se acepta H₀.

Tabla 6

Prueba T para la concentración promedio de plomo

Especie	Concentración de plomo (mg/kg) (n=10)						Diferencia de medias
	Media	Desviación estándar	Valor de prueba	t	gl	p valor (unilateral)	
Bonito	2.14	1.20	0.3 ^s	4.838	9	0.001	1.84
			0.2 ^c	5.101	9	0.001	1.94
Caballa	2.09	1.66	0.3 ^s	3.407	9	0.004	1.79
			0.2 ^c	3.597	9	0.003	1.89

Nota. (s) SANIPES, (c) Codex alimentarius

Toma de decisión: Como todos los p valor de la tabla 6 muestran valores menores a 0,05 se puede decir que la concentración de plomo en los pescados frescos de la especie bonito y caballa comercializados en los centros de alimentos del área de estudio, superan los valores máximos permisibles fijados por SANIPES, y Codex alimentarius.

Hipótesis específica 03

H₀: No existe correlación entre los niveles de mercurio y plomo respecto a los límites máximos permisibles establecidos por SANIPES.

H₁: Existe correlación entre los niveles de mercurio y plomo respecto a los límites máximos permisibles establecidos por SANIPES.

Nivel de significancia: $\alpha=0.05$ (5%)

Estadístico de prueba paramétrico: Correlación r de Pearson.

Lectura del error: Si el p valor es menor a 0.05 se rechaza H₀ y se acepta la alterna H₁, si el p valor es mayor a 0.05 se acepta H₀.

Tabla 7.

Correlación de la concentración de mercurio y plomo

Especie			Plomo (mg/kg)
		Correlación de Pearson	-0.267
Bonito	Hg (mg/kg)	p valor	0.455
		N	10
		Correlación de Pearson	-0.503
Caballa	Pb (mg/kg)	p valor	0.138
		N	10

Toma de decisión: Como todos los p valor de la Tabla 7 muestran valores mayores a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula H₀, es decir se puede concluir que no existe correlación entre los niveles de Hg y Pb respecto a los límites máximos permisibles establecidos mediante SANIPES.

4.1.3. Discusión de resultados

Las concentraciones permisibles de metales pesados en los alimentos varían de un país a otro, basándose tanto en los criterios de la OMS como en las normas locales. Según la Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura (SANIPES), las cantidades máximas permitidas de Pb en la carne de pescado son 0.3 mg/kg y de Hg 1.10 mg/kg. De acuerdo al Codex Alimentarius, las cantidades máximas de Pb y Hg en la carne de pescado marino son 0.2 mg/kg y 0.5 mg/kg, respectivamente. Los metales pesados presentes en los organismos marinos pueden acumularse incluso en pequeñas cantidades, dando lugar a concentraciones potencialmente peligrosas. En ese sentido, las concentraciones de metales en los alimentos para peces varían debido a las diferencias en la actividad metabólica entre las especies de peces, la superficie corporal y las necesidades ambientales.

Se determinó que la concentración promedio de Hg en pescados frescos (*Scomber scombrus* y *Sarda sarda*) comercializados en los centros de abastos de los distritos de distrito de Lurigancho-Chosica, en general fue de 0.98 ± 0.43 mg/kg y la concentración promedio de Pb fue de 2.12 ± 1.41 mg/kg. Estos resultados obtenidos fueron limitantes a la investigación de Chahid et al.⁵⁹ evaluaron los niveles de Pb y Hg en especies de pescado esenciales (*Scomber scombrus* y *Sarda sarda*) de varios puertos pesqueros comerciales en Marruecos, las cantidades de Pb y Hg en el músculo de los peces oscilaron entre 0.013-0.114 y 0.049-0.194 mg/kg, respectivamente. El estudio reveló que las cantidades de metales en la muestra estaban todas por debajo de los niveles máximos de residuos permitidos por el Codex Alimentarius (plomo 0.2 mg/kg y mercurio 0.50 mg/kg) para el pescado, lo que indica que los clientes no deben tener ninguna preocupación por su salud. La alta concentración de metales y la composición química de las dos especies estudiadas podrían utilizarse para mejorar la información sobre seguridad y nutrición que se proporciona a

los consumidores. De manera similar, De la Cruz y Lazo⁶⁰ hallaron que las concentraciones de Pb eran más altas en las muestras de *Sarda chiliensis chiliensis* (bonito) y *Scomber japonicus peruanus* (caballa) ofrecidas en el mercado de pescado de Ventanilla, pero ninguna muestra superaba los niveles máximos permitidos de Hg. Durante 2020, las investigadoras Palacios y Paz¹⁴ determinaron la concentración de Pb en muestras de pescado fresco en la especie marina *Sarda chiliensis chiliensis* tenía una concentración media de 0.4120 mg/kg, mientras que *Scomber japonicus peruanus* tenía una de 0.27 mg/kg. Las muestras de pescado fresco superaron los niveles de Pb en referencia del Codex Alimentarius (0.2 mg/kg) y SANIPES (0.3 mg/kg) para el número total de muestras examinadas. El consumo de pescado marino que contiene elevadas cantidades de Hg y Pb puede causar intoxicación en los seres humanos, lo que aumenta el riesgo de efectos neurotóxicos, sobre todo en las comunidades con un fuerte consumo de especies marinas comestibles.

A continuación, el presente estudio encontró que las concentraciones de Hg en las muestras de estudio fueron de 1.25 ± 0.40 mg/kg para *Sarda chiliensis chiliensis* (bonito) y de 0.71 ± 0.28 mg/kg para *Scomber scombrus* (caballa), ambas especies de la familia Scombridae. Estos valores superaban considerablemente el grado máximo aceptable por el Codex Alimentarius (0.50 mg/kg), pero no los establecidos por SANIPES (1.10 mg/kg), que se derivaban de varios lugares de suministro de alimentos. Huatarongo y Santamaría¹², en sus hallazgos indicaron que la concentración de Hg en “caballa” fue 0.156 mg/kg y los valores evaluados estaban muy por debajo del límite máximo permisible. En esta misma línea, Adams y McMichael⁶¹ obtuvieron resultados comparables a los de nuestra investigación. Se investigó el contenido total de Hg en el tejido muscular dorsal de la “caballa real” (*Scombemorus cavalla*) y la “caballa española” (*Scombemorus maculatus*). Las concentraciones de Hg en la “caballa real” variaron entre 0.19 y

3.6 mg/kg a lo largo de la costa atlántica y entre 0.18 y 4.0 mg/kg en el Golfo de México. En el mismo contexto, Alina et al.⁶² hallaron niveles notablemente altos de Hg, que oscilaban entre 2.2 y 2.0 mg/kg, especialmente en el tejido muscular de la especie *Scomberomorus guttatus*. Esta variación sustancial en los niveles de Hg puede atribuirse muy probablemente a una variable de factores, los cuales se incluyen las diversas circunstancias ambientales que se dan en distintas zonas geográficas, así como los numerosos cambios y variaciones tanto en la disponibilidad de agua como en los patrones climáticos predominantes que se producen a lo largo de largos periodos de tiempo. De manera similar, Mukherjee y Bhupander⁶³ en la costa de la India, el contenido medio máximo de Hg (1.0 mg/kg) se registró en la especie marina *Rastreliger kanagurta* (familia Scombridae). Los peces seleccionados eran los más prevalentes y económicamente significativos consumidos por la población. En el 2023, Nalley et al.⁶⁴ identificaron las concentraciones más elevadas de Hg (6.45 mg/kg) en *Gymnosarda unicolor* y fueron de las más altas registradas en el Pacífico, superaron ampliamente las pautas de consumo estándar. La presencia de Hg disueltos en el pescado que se consume con frecuencia es motivo de gran preocupación debido a que se comercializan habitualmente y que son importantes para muchas comunidades costeras en el Perú. Comparamos las concentraciones con los umbrales aceptables para la salud humana y hallamos que, en determinados centros de abastos para especies específicas, los niveles de contaminantes pueden suponer un peligro para los peces y otras especies marinas, así como para los consumidores humanos. En el 2024, Frantzen et al.⁶⁵ mostraron resultados limitantes, en la “caballa del Atlántico” (*Scomber scombrus*) presentó concentraciones de Hg con una media total de 0.046 mg/kg de peso húmedo, Aguilar et al.⁶⁶ destacan que se encuentran concentraciones relativamente elevadas de Hg en la “caballa” cuando su contenido en grasa y su condición corporal (peso y longitud) son más bajos, ya que cuando la masa muscular de la “caballa” disminuye debido al

hambre y a la transferencia de nutrientes a las gónadas en desarrollo, el Hg se mantiene y se concentra en el tejido muscular restante. El Hg se une fuertemente a las proteínas, principalmente en forma de metilmercurio, y su vida media de eliminación en los peces oscila entre 200 y 780 días. En el 2025, Bayraklı y Altuntas⁶⁷, en Turquía, hallaron la bioacumulación de metales pesados (Pb y Hg) en *Sarda sarda*, los niveles de Hg aumentaron significativamente con el tamaño del pez ($p < 0.05$), lo que refleja una ampliación de la biomagnificación (los peces más grandes tienen mayores cantidades de Hg, muy probablemente debido a su ubicación en la cadena alimentaria y a una exposición prolongada), los niveles de Pb fueron indetectables (<0.005 mg/kg), lo que indica una baja contaminación antropogénica. Según los hallazgos, las concentraciones de metales tóxicos en *Sarda sarda* fluctúan considerablemente en función del tamaño de los peces y las variaciones estacionales. Situación contraria, Ahmed et al.⁶⁸ determinaron que los niveles de Hg en los tejidos comestibles de la “caballa india” es relativamente bajo (0.042 ± 0.023 mg/kg) en comparación con los estudiados y es capaz de cumplir con las normas legales por el Reglamento de la Comisión de la Unión Europea (0.5 mg/kg) y otras normas alimentarias internacionales (Hg 0.5 mg/kg). A pesar de los elevados niveles reglamentarios de seguridad del pescado, algunas especies y poblaciones siguen estando en peligro, lo que demuestra la necesidad de una vigilancia especializada y de recomendaciones alimentarias para salvaguardar la salud humana.

La concentración media de Pb (2.14 ± 1.20 mg/kg) en los centros de abastecimiento del distrito de Lurigancho-Chosica superó los valores máximos permisibles establecidos por SANIPES (0.3 mg/kg) y el Codex Alimentarius (0.2 mg/kg) para las especies *Sarda chiliensis chiliensis* (bonito) y *Scomber scombrus* (caballa) (valor $p < 0.05$). Estos resultados corroboran las investigaciones realizadas en diversos lugares, entre ellos el mar Negro⁶⁹, el estrecho de Mesina (Italia)⁷⁰ y la costa atlántica de Marruecos⁷¹, los niveles de plomo en el tejido muscular de la *Sarda*

sarda varían entre 0.10 y 0.95 mg/kg. La mayoría de las investigaciones hallaron que los niveles de Pb en la *Sarda sarda* eran inferiores a los niveles máximos permitidos establecidos por las normas internacionales y nacionales de seguridad alimentaria (por ejemplo, la UE, la FAO/OMS), que suelen ser de aproximadamente 0.3 mg/kg^{70,71}. Sin embargo, algunos estudios de la región del Mar Negro encontraron concentraciones medias de Pb superiores a estos niveles, muy probablemente debido a fuentes de contaminación locales. Los niveles de Pb de la *Sarda sarda* suelen ser seguros para el consumo humano, pero en algunas zonas, especialmente en algunas partes del mar Negro, pueden superar ocasionalmente el límite permitido⁶⁹. En general, los datos disponibles indican que el consumo de *Sarda sarda* supone un riesgo bajo para la salud debido a la exposición al Pb para la mayoría de los consumidores. De forma paralela, Anthonia⁷² analizó las concentraciones de Pb en filetes de pescado *Scomber scombrus*, demostrando que las muestras evaluadas estaban en el límite permisible (0.21 mg/kg). En adición, Ogundele et al⁷³ evaluaron la especie *Scomber scombrus*, el Pb estaba presente en once muestras y la concentración osciló entre 0.004 y 0.062 mg/kg. Es posible que el aumento de los niveles de Pb se deba a su proximidad a regiones densamente pobladas con importantes reservas de recursos minerales y tráfico portuario. Además, el tráfico de tránsito, la industria, la agricultura, los hogares y la actividad humana contribuyen a la contaminación.

La presencia de concentraciones elevadas de Hg y el Pb en los peces comestibles supone un peligro a largo plazo para la población consumidora, especialmente para las comunidades que necesita en gran medida del pescado como alimento básico. Aunque es difícil eliminar por completo los metales pesados de los ecosistemas acuáticos, una combinación de control de las fuentes, gestión de la alimentación, procesamiento de los alimentos y nuevas técnicas de remediación puede reducir en gran medida la exposición en los problemas de salud relacionados.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó que el contenido medio de Hg en el pescado fresco comercializados en los centros de abastecimiento de alimentos del distrito de Lurigancho-Chosica era de 0.98 ± 0.43 mg/kg, mientras que la concentración media de Pb era de 2.12 ± 1.41 mg/kg.
- Se determinó que la concentración media de Hg en los centros de abastecimiento del distrito de Lurigancho-Chosica fue de 1.25 ± 0.40 mg/kg para la especie “bonito” y de 0.71 ± 0.28 mg/kg para la especie “caballa”, lo que supera considerablemente ($p < 0.05$) el valor máximo permisible establecido por el Codex Alimentarius (0.50 mg/kg) pero no el fijado por la SANIPES (1.10 mg/kg).
- Se determinó que la concentración promedio de Pb en los centros de abastecimiento del distrito de Lurigancho-Chosica fue de 2.14 ± 1.20 mg/kg para la especie “bonito” y de 2.09 ± 1.66 mg/kg para la especie “caballa”, que superaban considerablemente ($p < 0.05$) los niveles máximos permisibles establecidos por SANIPES (0.3 mg/kg) y el Codex Alimentarius (0.2 mg/kg).
- Se determinó que no existe correlación entre las concentraciones de Hg y Pb en términos de los niveles máximos permisibles establecidos por SANIPES. En otras palabras, la concentración de Hg en una muestra no se correlaciona con la concentración de Pb en esa misma muestra, en comparación con sus respectivos límites permisibles.

5.2. Recomendaciones

- Se sugiere que las autoridades sanitarias nacionales, en materia de salud pública, tomen las medidas adecuadas para enfrentar los efectos nocivos de los metales pesados y los peligros a los que están expuestos los consumidores, realizando un monitoreo exhaustivo y periódico de sustancias tóxicas en especies marinas.
- Se recomienda a los municipios de distrito a nivel nacional deben realizar pruebas periódicas de concentración de metales pesados en las especies marinas, así como educar a los vendedores de pescado, los consumidores y las comunidades locales sobre los peligros del deterioro ambiental por metales pesados y las prácticas seguras de consumo de pescado.
- Es recomendable que los investigadores en salud deben realizar estudios más intensivos para determinar la bioacumulación de metales pesados en los peces comestibles en los centros de comercialización de alimentos. Asimismo, deberían realizarse más estudios sobre la acumulación de otras sustancias tóxicas (plaguicidas organoclorados y dioxinas) en los tejidos de los peces debido al uso de estas sustancias químicas en el Perú.
- Las universidades deben colaborar con las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales para crear y aplicar leyes que limiten la contaminación por metales pesados y fijen niveles seguros de ingesta de peces comestibles. Esto incluye el establecimiento de límites máximos de residuos tóxicos en el pescado, así como la promulgación de leyes para minimizar los vertidos industriales en los hábitats marinos.

REFERENCIAS

1. Paschoalini AL, Bazzoli N. Heavy metals affecting Neotropical freshwater fish: A review of the last 10 years of research. *Aquat Toxicol.* 2021;237(105906):105906.
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105906>
2. Jiang D, Wang Y, Zhou S, Long Z, Liao Q, Yang J, et al. Multivariate analyses and human health assessments of heavy metals for surface water quality in the Xiangjiang River basin, China. *Environ Toxicol Chem.* 2019;38(8):1645-1657.
<https://doi.org/10.1002/etc.446>
3. Renieri EA, Safenkova IV, Alegakis AK, Slutskaya ES, Kokaraki V, Kentouri M, et al. Cadmium, lead and mercury in muscle tissue of gilthead seabream and seabass: Risk evaluation for consumers. *Food Chem Toxicol.* 2019; 124:439-49.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.12.020>
4. Goretti E, Pallottini M, Rossi R, La Porta G, Gardi T, Cenci Goga BT, et al. Heavy metal bioaccumulation in honey bee matrix, an indicator to assess the contamination level in terrestrial environments. *Environ Pollut.* 2020;256(113388):113388.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113388>
5. Akila M, Anbalagan S, Lakshmisri NM, Janaki V, Ramesh T, Jancy Merlin R, et al. Heavy metal accumulation in selected fish species from Pulicat Lake, India, and health risk assessment. *Environ Technol Innov.* 2022;27(102744):102744.
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102744>
6. Ayanda IO, Ekhatior UI, Bello OA. Determination of selected heavy metal and analysis of proximate composition in some fish species from Ogun River, Southwestern Nigeria. *Heliyon.* 2019;5(10):e02512. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02512>

7. Miedico O, Pompa C, Moscatelli S, Chiappinelli A, Carosielli L, Chiaravalle AE. Lead, cadmium and mercury in canned and unprocessed tuna: six-years monitoring survey, comparison with previous studies and recommended tolerable limits. *J Food Compost Anal* 2020;94(103638):103638. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103638>
8. Chen B, Dong S. Mercury contamination in fish and its effects on the health of pregnant women and their fetuses, and guidance for fish consumption-A narrative review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(23):15929. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315929>
9. Tejada-Purizaca TR, Garcia-Chevesich PA, Ticona-Quea J, Martínez G, Martínez K, Morales-Paredes L, et al. Heavy metal bioaccumulation in Peruvian food and medicinal products. *Foods*. 2024;13(5):762. <https://doi.org/10.3390/foods13050762>
10. Chui HN, Roque B, Huaquisto E, Sardón DL, Belizario G, Calatayud AP. Metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de crianza intensiva de la zona noroeste del lago Titicaca. *Rev Investig Vet Peru*. 2021;32(3):e20398. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i3.20398>
11. Maurya PK, Malik DS, Yadav KK, Kumar A, Kumar S, Kamyab H. Bioaccumulation and potential sources of heavy metal contamination in fish species in River Ganga basin: Possible human health risks evaluation. *Toxicol Rep*. 2019;6:472-481. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.05.012>
12. Huatarongo Gómez M, Santamaria-Rosas M. Nivel de mercurio en el pescado comercializado en el Mercado Primero de Setiembre y sus alrededores, distrito de San Juan de Lurigancho, marzo, Lima- 2022. [Tesis de Químico Farmacéutico]. Perú: Universidad María Auxiliadora; 2023. 55 p. <https://acortar.link/RIFCXR>

13. Rodríguez Vélchez R. Cuantificación de las concentraciones de metales pesados (Pb, Cd, Cu) por espectrofotometría de absorción atómica de los peces pelágico de la Bahía del Callao [Tesis de Maestría]. Perú: Universidad Nacional del Callao; 2022. 81 p.
<https://acortar.link/RdC2Ga>
14. Palacios Nonalaya L, Paz Herrera Y. Determinación de los niveles de plomo en pescado fresco comercializado en los principales mercados de San Juan de Lurigancho, Lima. Mayo a junio del 2020 [Tesis de Químico Farmacéutico]. Perú: Universidad María Auxiliadora; 2020. 58 p. <https://acortar.link/jmElcE>
15. Panduro G, Rengifo GC, Barreto JL, Arbaiza-Peña K, Iannacone J, Alvarino L, et al. Bioacumulación por mercurio en peces y riesgo por ingesta en una comunidad nativa en la amazonia peruana. *Rev Investig Vet Peru*. 2020;31(3):e18177.
<https://doi.org/10.15381/rivep.v31i3.18177>
16. Rosales E, Cotrina M, Valdivieso G, Sales F, García E, Ordoñez ES. Bioaccumulation of heavy metals in three benthic fish species from Monzon river, huanuco region. *Rebiol*. 2020;40(1):69–78. <https://doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.08>
17. Hajrić D, Smajlović M, Antunović B, Smajlović A, Alagić D, Tahirović D, et al. Risk assessment of heavy metal exposure via consumption of fish and fish products from the retail market in Bosnia and Herzegovina. *Food Control*. 2022;133(108631):108631.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108631>
18. Łuczyńska J, Łuczyński MJ, Nowosad J, Kowalska-Górska M, Senze M. Total mercury and fatty acids in selected fish species on the polish market: A risk to human health. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(16):10092. <https://doi.org/10.3390/ijerph191610092>

19. Mahjoub M, Fadlaoui S, El Maadoudi M, Smiri Y. Mercury, lead, and cadmium in the muscles of five fish species from the Mechraâ-Hammadi Dam in morocco and health risks for their consumers. *J Toxicol*. 2021;2021:1-10. <http://dx.doi.org/10.1155/2021/8865869>
20. Da Silva CA, Garcia CAB, de Santana HLP, de Pontes GC, Wasserman JC, da Costa SSL. Metal and metalloid concentrations in marine fish marketed in Salvador, BA, northeastern Brazil, and associated human health risks. *Reg Stud Mar Sci*. 2021;43(101716):101716. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101716>
21. Petrova MV, Ourgaud M, Boavida JRH, Dufour A, Tesán Onrubia JA, Lozingot A, et al. Human mercury exposure levels and fish consumption at the French Riviera. *Chemosphere*. 2020;258(127232):127232. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127232>
22. Wu Y-S, Osman AI, Hosny M, Elgarahy AM, Eltaweil AS, Rooney DW, et al. The toxicity of mercury and its chemical compounds: Molecular mechanisms and environmental and human health implications: A comprehensive review. *ACS Omega*. 2024;9(5):5100–26. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c07047>
23. Liu S, Wang X, Guo G, Yan Z. Status and environmental management of soil mercury pollution in China: A review. *J Environ Manage*. 2021;277(111442):111442. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111442>
24. Long C, Li X, Jiang Z, Zhang P, Qing Z, Qing T, et al. Adsorption-improved MoSe₂ nanosheet by heteroatom doping and its application for simultaneous detection and removal of mercury (II). *J Hazard Mater*. 2021;413(125470):125470. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125470>

25. Ferreira-Rodríguez N, Castro AJ, Tweedy BN, Quintas-Soriano C, Vaughn CC. Mercury consumption and human health: Linking pollution and social risk perception in the southeastern United States. *J Environ Manage.* 2021;282(111528):111528. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111528>
26. Crespo-Lopez ME, Lopes-Araújo A, Basta PC, Soares-Silva I, de Souza CBA, Leal-Nazaré CG, et al. Environmental pollution challenges public health surveillance: the case of mercury exposure and intoxication in Brazil. *Lancet Reg Health Am.* 2024;39(100880):100880. <https://doi.org/10.1016/j.lana.2024.100880>
27. Outridge PM, Mason RP, Wang F, Guerrero S, Heimbürger-Boavida LE. Updated global and oceanic mercury budgets for the united nations global mercury assessment 2018. *Environ Sci Technol.* 2018;(acs.est.8b01246). <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01246>
28. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality; World Health Organization, 2004; Vol. 1. <https://acortar.link/skS5mX>
29. Massoud R, Hadiani MR, Hamzehlou P, Khosravi-Darani K. Bioremediation of heavy metals in food industry: Application of *Saccharomyces cerevisiae*. *Electron J Biotechnol.* 2019;37:56-60. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.11.003>
30. Sánchez-Alarcón J, Milić M, Bustamante-Montes LP, Isaac-Olivé K, Valencia-Quintana R, Ramírez-Durán N. Genotoxicity of mercury and its derivatives demonstrated in vitro and in vivo in human populations studies. Systematic review. *Toxics.* 2021;9(12):326. <https://doi.org/10.3390/toxics9120326>

31. Marrugo-Negrete J, Vargas-Licona S, Ruiz-Guzmán JA, Marrugo-Madrid S, Bravo AG, Díez S. Human health risk of methylmercury from fish consumption at the largest floodplain in Colombia. *Environ Res.* 2020;182(109050):109050.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.109050>
32. Niane B, Guédron S, Feder F, Legros S, Ngom PM, Moritz R. Impact of recent artisanal small-scale gold mining in Senegal: Mercury and methylmercury contamination of terrestrial and aquatic ecosystems. *Sci Total Environ.* 2019; 669:185-93.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.108>
33. Meyer L, Guyot S, Chalot M, Capelli N. The potential of microorganisms as biomonitoring and bioremediation tools for mercury-contaminated soils. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2023;262(115185):115185. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115185>
34. Zhu S, Zhang Z, Žagar D. Mercury transport and fate models in aquatic systems: A review and synthesis. *Sci Total Environ.* 2018;639:538-549.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.397>
35. Tesán-Onrubia JA, Heimbürger-Boavida L-E, Dufour A, Harmelin-Vivien M, García-Arévalo I, Knoery J, et al. Bioconcentration, bioaccumulation and biomagnification of mercury in plankton of the Mediterranean Sea. *Mar Pollut Bull.* 2023;194(115439):115439. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115439>
36. De Souza Prestes A, Vargas JLS, dos Santos MM, Druzian GT, da Rocha JT, Aschner M, et al. EtHg is more toxic than MeHg to human peripheral blood mononuclear cells: Involvement of apoptotic, mitochondrial, oxidative and proliferative parameters. *Biochim Biophys Acta Gen Subj.* 2023;1867(10):130446.
<https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2023.130446>

37. Hsu C-J, Atkinson JD, Chung A, Hsi H-C. Gaseous mercury re-emission from wet flue gas desulfurization wastewater aeration basins: A review. *J Hazard Mater.* 2021;420(126546):126546. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126546>
38. Clémens S, Monperrus M, Donard OFX, Amouroux D, Guérin T. Mercury speciation in seafood using isotope dilution analysis: A review. *Talanta.* 2012;89:12-20. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.12.064>
39. Järup L. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull.* 2003;68(1):167-182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
40. Violante A, Cozzolino V, Perelomov L, Caporale AG, Pigna M. Mobility and bioavailability of heavy metals and metalloids in soil environments. *J Soil Sci Plant Nutr.* 2010;10(3). <https://doi.org/10.4067/s0718-95162010000100005>
41. Gall JE, Boyd RS, Rajakaruna N. Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: a review. *Environ Monit Assess.* 2015;187(4). <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4436-1>
42. Gupta N, Khan DK, Santra SC. An assessment of heavy metal contamination in vegetables grown in wastewater-irrigated areas of titagarh, west Bengal, India. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2008;80(2):115-8. <https://doi.org/10.1007/s00128-007-9327-z>
43. Abadin H, Ashizawa A, Stevens YW, et al. Toxicological Profile for Lead. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US); August 2007. <https://acortar.link/JVbag1>
44. Ismail BS, Fariyah K, Khairiah J. Bioaccumulation of heavy metals in vegetables from selected agricultural areas. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2005;74(2):320-327. <https://doi.org/10.1007/s00128-004-0587-6>

45. Neeti K, Prakash, T. Effects of heavy metal poisoning during pregnancy. *Int Res J Environ Sci.* 2013; 2(1): 88-92. <https://acortar.link/NBoIJn>
46. Chang L-F, Jiang S-J, Sahayam AC. Speciation analysis of mercury and lead in fish samples using liquid chromatography–inductively coupled plasma mass spectrometry. *J Chromatogr A.* 2007;1176(1-2):143-8. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.10.072>
47. Li M, Weis D, Smith KE, Shiel AE, Smith WD, Hunt BPV, et al. Assessing lead sources in fishes of the northeast Pacific Ocean. *Anthropocene* [Internet]. 2020;29(100234):100234. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2019.100234>
48. Sarkar O, Dey KK, Islam S, Chattopadhyay A. Lead and aquatic ecosystems, biomarkers, and implications for humankind. En: *Biomarkers in Toxicology*. Cham: Springer International Publishing; 2023. p. 961–88.
49. Tolkou AK, Toubanaki DK, Kyzas GZ. Detection of arsenic, chromium, cadmium, lead, and mercury in fish: Effects on the sustainable and healthy development of aquatic life and human consumers. *Sustainability.* 2023;15(23):16242. <https://doi.org/10.3390/su152316242>
50. Papanikolaou NC, Hatzidaki EG, Belivanis S, Tzanakakis GN, Tsatsakis AM. Lead toxicity update. A brief review. *Med Sci Monit.* 2005;11(10):RA329-RA336. <https://acortar.link/eZeIps>
51. Collin MS, Venkatraman SK, Vijayakumar N, Kanimozhi V, Arbaaz SM, Stacey RGS, et al. Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects on human: A review. *Journal of Hazardous Materials Advances.* 2022;7(100094). <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100094>

52. Ren P, Schmidt BV, Liu Q, Wang S, Liu X, Liu K, et al. Fractionation of toxic metal Pb from truly dissolved and colloidal phases of seaward rivers in a coastal delta. *Front Mar Sci.* 2023;9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1085142>
53. Lawson AE. Hypothetico-deductive method. In: *Encyclopedia of Science Education*. Dordrecht: Springer Netherlands; 2015. p. 471-2. <https://acortar.link/aSBCW6>
54. Siedlecki SL. Understanding Descriptive Research Designs and Methods. *Clinical Nurse Specialist.* 2020;34(1):8-12. <https://doi.org/10.1097/nur.0000000000000493>
55. Reulen H-J. Basic research vs. Applied research. In: *Research and Publishing in Neurosurgery*. Vienna: Springer Vienna; 2002. p. 45-8. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6743-4_8
56. Curtis EA, Comiskey C, Dempsey O. Importance and use of correlational research. *Nurse Res.* 2016;23(6):20-25. <https://doi.org/10.7748/nr.2016.e1382>
57. Thiese MS. Observational and interventional study design types; an overview. *Biochem Med (Zagreb).* 2014;24(2):199-210. <https://doi.org/10.11613/bm.2014.022>
58. Simionov IA, Cristea V, Petrea SM, Sîrbu E, Coadă M, Cristea D. The presence of heavy metals in fish meat from Danube River: an overview. *AACL Bioflux.* 2016; 9 (1). <https://acortar.link/D28f2z>
59. Chahid A, Hilali M, Benlhachimi A, Bouzid T. Contents of cadmium, mercury and lead in fish from the Atlantic sea (Morocco) determined by atomic absorption spectrometry. *Food Chem.* 2014;147:357–60. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.008>

60. De la Cruz Toribio L, Lazo Solano Y. 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 [Tesis de Químico Farmacéutico]. Perú: Universidad Norbert Wiener; 2020. 94 p. <https://tinyurl.com/5n7k636f>
61. Adams DH, McMichael RH. Mercury in king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, and Spanish mackerel, *S. maculatus*, from waters of the south-eastern USA: regional and historical trends. *Mar Freshw Res.* 2007;58(2):187. <https://doi.org/10.1071/mf06096>
62. Alina M, Azrina A, Mohd Yunus AS, Mohd Zakiuddin S, Mohd Izuan Effendi H, Muhammad Rizal R. Heavy metals (mercury, arsenic, cadmium, plumbum) in selected marine fish and shellfish along the Straits of Malacca. *International Food Research Journal.* 2012. 19(1). <https://tinyurl.com/5f5yxdjh>
63. Mukherjee DP, Bhupander K. Assessment of arsenic, cadmium and mercury level in commonly consumed coastal fishes from Bay of Bengal, India. *Food Science and Quality Management.* 2011. <https://tinyurl.com/9x4jw5t>
64. Nalley EM, Pirkle CM, Schmidbauer MC, Lewis CJ, Dacks RS, Thompson MD, et al. Trophic and spatial patterns of contaminants in fishes from the Republic of the Marshall Islands in the equatorial Pacific. *Chemosphere.* 2023;314(137593):137593. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137593>
65. Frantzen S, Duinker A, Julshamn K, Nottestad L, Maage A. Levels of mercury, arsenic, cadmium and lead in Northeast Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) from northern European waters. *Mar Pollut Bull.* 2024;200(116060):116060. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116060>

66. Aguilar-Miranda A, Fernández L, Yáñez-Jácome GS, Alcóser-Pinto B, Zambrano H, Paz-Suconota F, et al. Total mercury exposure through canned tuna in water sold in Quito, Ecuador. *Sci Rep.* 2024;14(1):27951. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79430-y>
67. Bayraklı B, Altuntas M. Size- and month-dependent bioaccumulation of trace elements and toxic metals in atlantic bonito (*Sarda sarda*, Bloch, 1793): Implications for nutritional security and environmental health. *J Trace Elem Med Biol.* 2025;89(127664):127664. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2025.127664>
68. Ahmed Q, Bat L, Öztekin A, Mohammad Ali Q, Shafiq Ghory F, Yousuf F. Metals levels in *Sarda orientalis* collected from the commercial landings of Karachi Fish Harbor, Pakistan (northern Arabian Sea) and assessment of likely health risks to the consumers. *Spectrosc Lett.* 2023;56(2):73–84. <https://doi.org/10.1080/00387010.2023.2165506>
69. Mutlu T. Heavy metal concentrations in the edible tissues of some commercial fishes caught along the Eastern Black Sea coast of Turkey and the health risk assessment. *Spectrosc Lett.* 2021;54(6):437–45. <https://doi.org/10.1080/00387010.2021.1939386>
70. Lo Turco V, Di Bella G, Furci P, Cicero N, Pollicino G, Dugo G. Heavy metals content by ICP-OES in *Sarda sarda*, *Sardinella aurita* and *Lepidopus caudatus* from the Strait of Messina (Sicily, Italy). *Nat Prod Res.* 2013;27(6):518–23. <https://doi.org/10.1080/14786419.2012.673611>
71. Chahid A, Hilali M, Benlhachimi A, Bouzid T. Contents of cadmium, mercury and lead in fish from the Atlantic sea (Morocco) determined by atomic absorption spectrometry. *Food Chem.* 2014;147:357-60. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.008>

72. Anthonia I. Human health risk of frozen fish species *Scomber scombrus* and *Merluccius capensis* sold from markets in Benin City, Edo State, Nigeria. NIPES PUBLICATIONS; 2024. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.10800982>
73. Ogundele O, Okunade M, Oyegoke D, Olulana C. Heavy Metals Analysis of Imported *Scomber scombrus* Sold by Cold-Rooms in Lagos State of Nigeria. Indonesian Journal of Chemical Research. 2024 . <https://doi.org/10.30598/ijcr.2024.11-olu>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN POR MERCURIO Y PLOMO EN PESCADOS FRESCOS COMERCIALIZADOS EN CENTROS DE ABASTOS DEL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA, LIMA 2024 – 2025.

Formulación del problema	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Diseño metodológico
<p>¿Cuáles serán las concentraciones de mercurio y plomo contenidas en pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica, Lima 2024–2025?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>1. ¿Cuáles son las concentraciones de mercurio incluidos en pescados frescos comercializados en los centros de abastos, distrito de Lurigancho-Chosica?</p> <p>2. ¿Cuáles son las concentraciones de plomo incluidos en pescados frescos comercializados en los centros de abastos, distrito de Lurigancho-Chosica?</p> <p>3. ¿Cómo sería la correlación entre los niveles de mercurio y plomo respecto a los límites máximos permisibles establecidos por SANIPES?</p>	<p>Determinar las concentraciones de mercurio y plomo contenidas en pescados frescos comercializados en los centros de abastos, distrito de Lurigancho-Chosica, 2024–2025.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>1. Determinar la concentración de mercurio incluidos en pescados frescos comercializados en los centros de abastos, distrito de Lurigancho-Chosica.</p> <p>2. Determinar la concentración de plomo incluidos en pescados frescos comercializados en los centros de abastos, distrito de Lurigancho-Chosica.</p> <p>3. Determinar si existe correlación entre los niveles de mercurio y plomo respecto a los límites máximos permisibles establecidos por SANIPES.</p>	<p>H1: La concentración de mercurio y plomo en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica, supera los valores máximos permisibles.</p> <p>H0: La concentración de mercurio y plomo en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica, no supera los valores máximos permisibles.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>1. La concentración de mercurio en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica supera los valores máximos permisibles.</p> <p>2. La concentración de plomo en los pescados frescos comercializados en los centros de abastos del distrito de Lurigancho-Chosica supera los valores máximos permisibles.</p> <p>3. Existe correlación entre los niveles de mercurio y plomo respecto a los límites máximos permisibles establecidos por SANIPES.</p>	<p>Variable 1: Mercurio y plomo Dimensiones: Cuantificación en mg/kg</p> <p>Variable 2: Pescados frescos Dimensiones: Bonito - Caballa</p>	<p>Tipo de investigación: Básica Método: Hipotético–Deductivo Diseño: Observacional y de corte transversal</p> <p>Población y muestra: La población estuvo constituida por el pescado fresco que se comercializa en los mercados del distrito de Lurigancho-Chosica. Se recolectó veinte muestras de pescado fresco de dos diferentes especies. El muestreo se realizó de forma aleatoria tomando muestras de carne de 300 mg de cada muestra de pescado, obtenidas a partir de 200 g de la matriz de pescado.</p>

Anexo 2: Instrumentos

Muestra	Nombre científico	Nombre común	Característica	SANIPES (Pb: 0.3 mg/kg) (Hg: 1.1mg/kg)	Codex Alimentarius (Pb:0.2 mg/kg) (Hg. 0.50 mg/kg)	Lugar de recolección	Identificación
Nº 1	<i>Sarda chiliensis chiliensis</i>	Bonito	Fresco			Centro de abastos 1	Pb/Hg
Nº 2	<i>Sarda chiliensis chiliensis</i>	Bonito	Fresco			Centro de abastos 1	Pb/Hg
Nº 3	<i>Sarda chiliensis chiliensis</i>	Bonito	Fresco			Centro de abastos 1	Pb/Hg
Nº 4	<i>Sarda chiliensis chiliensis</i>	Bonito	Fresco			Centro de abastos 1	Pb/Hg
Nº 5	<i>Sarda chiliensis chiliensis</i>	Bonito	Fresco			Centro de abastos 1	Pb/Hg
Nº 6	<i>Scomber scombrus</i>	Caballa	Fresco			Centro de abastos 1	Pb/Hg
Nº 7	<i>Scomber scombrus</i>	Caballa	Fresco			Centro de abastos 1	Pb/Hg
Nº 8	<i>Scomber scombrus</i>	Caballa	Fresco			Centro de abastos 1	Pb/Hg
Nº 9	<i>Scomber scombrus</i>	Caballa	Fresco			Centro de abastos 1	Pb/Hg
Nº 10	<i>Scomber scombrus</i>	Caballa	Fresco			Centro de abastos 1	Pb/Hg
Nº 11	<i>Sarda chiliensis chiliensis</i>	Bonito	Fresco			Centro de abastos 2	Pb/Hg
Nº 12	<i>Sarda chiliensis chiliensis</i>	Bonito	Fresco			Centro de abastos 2	Pb/Hg
Nº 13	<i>Sarda chiliensis chiliensis</i>	Bonito	Fresco			Centro de abastos 2	Pb/Hg
Nº 14	<i>Sarda chiliensis chiliensis</i>	Bonito	Fresco			Centro de abastos 2	Pb/Hg
Nº 15	<i>Sarda chiliensis chiliensis</i>	Bonito	Fresco			Centro de abastos 2	Pb/Hg
Nº 16	<i>Scomber scombrus</i>	Caballa	Fresco			Centro de abastos 2	Pb/Hg
Nº 17	<i>Scomber scombrus</i>	Caballa	Fresco			Centro de abastos 2	Pb/Hg
Nº 18	<i>Scomber scombrus</i>	Caballa	Fresco			Centro de abastos 2	Pb/Hg
Nº 19	<i>Scomber scombrus</i>	Caballa	Fresco			Centro de abastos 2	Pb/Hg
Nº 20	<i>Scomber scombrus</i>	Caballa	Fresco			Centro de abastos 2	Pb/Hg

Anexo 3: Validez del instrumento

**DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN POR MERCURIO Y PLOMO EN PESCADOS FRESCOS
COMERCIALIZADOS EN CENTROS DE ABASTOS DEL DISTRITO DE LURIGANCHO-
CHOSICA, LIMA 2024-2025.**

VARIABLES	INDICADORES
Concentración de Mercurio	Concentración máxima límite permisible (SANIPES) = 1.1 mg/kg
Concentración de Plomo	Concentración máxima límite permisible (SANIPES) = 0.3 mg/kg

Certificado de validez de instrumento

**DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN POR MERCURIO Y PLOMO EN PESCADOS FRESCOS
COMERCIALIZADOS EN CENTROS DE ABASTOS DEL DISTRITO DE LURIGANCHO-
CHOSICA, LIMA 2024-2025**

N°	DIMENSIONES / ítems (VARIABLE 1):	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSIÓN 1: Concentración de Mercurio							
1	Cuantificación en mg/Kg							
	DIMENSIÓN 2: Concentración de Plomo							
2	Cuantificación en mg/Kg							
	DIMENSIONES / ítems (VARIABLE 2): Pescados frescos							
	DIMENSIÓN 1:							
4	Bonito							
5	Caballa							

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable

Aplicable después de corregir

No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador. Dr.:

DNI:

Especialidad del validador:

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado. ²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima 07 de octubre del 2024

Anexo 4: Análisis toxicológico de mercurio y plomo



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

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

N° 99546 - 99565

SOLICITANTE: MONICA RIVEROS SOCA

TESIS: DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN POR MERCURIO Y PLOMO EN PESCADOS FRESCOS
 COMERCIALIZADOS EN CENTROS DE ABASTOS DEL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA, LIMA 2024-2025

FECHA DE RECEPCIÓN: 19 de febrero de 2025 HORA: 11:50 a.m.


FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 03 de marzo de 2025 HORA: 09:30 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 13 de marzo de 2025 HORA: 03:00 p.m.

MÉTODO: Espectrofotometría de Absorción Atómica - Vapor frío

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
99546	Pescado fresco Centro de abastos 1/Bonito/M3	Cuantificación de Mercurio	1.501 mg/kg
99547	Pescado fresco Centro de abastos 1/Bonito/M5	Cuantificación de Mercurio	0.835 mg/kg
99548	Pescado fresco Centro de abastos 1/Bonito/M1	Cuantificación de Mercurio	1.075 mg/kg
99549	Pescado fresco Centro de abastos 1/Bonito/M4	Cuantificación de Mercurio	0.484 mg/kg
99550	Pescado fresco Centro de abastos 1/Bonito/M2	Cuantificación de Mercurio	1.363 mg/kg
99551	Pescado fresco Centro de abastos 1/Caballa/M6	Cuantificación de Mercurio	0.614 mg/kg
99552	Pescado fresco Centro de abastos 1/Caballa/M9	Cuantificación de Mercurio	0.895 mg/kg
99553	Pescado fresco Centro de abastos 1/Caballa/M7	Cuantificación de Mercurio	0.562 mg/kg
99554	Pescado fresco Centro de abastos 1/Caballa/M8	Cuantificación de Mercurio	0.541 mg/kg
99555	Pescado fresco Centro de abastos 1/Caballa/M10	Cuantificación de Mercurio	0.782 mg/kg
99556	Pescado fresco Centro de abastos 2/Bonito/M5	Cuantificación de Mercurio	1.331 mg/kg
99557	Pescado fresco Centro de abastos 2/Bonito/M2	Cuantificación de Mercurio	1.868 mg/kg
99558	Pescado fresco Centro de abastos 2/Bonito/M1	Cuantificación de Mercurio	1.093 mg/kg
99559	Pescado fresco Centro de abastos 2/Bonito/M4	Cuantificación de Mercurio	1.331 mg/kg
99560	Pescado fresco Centro de abastos 2/Bonito/M3	Cuantificación de Mercurio	1.616 mg/kg
99561	Pescado fresco Centro de abastos 2/Caballa/M6	Cuantificación de Mercurio	0.906 mg/kg
99562	Pescado fresco Centro de abastos 2/Caballa/M8	Cuantificación de Mercurio	1.331 mg/kg
99563	Pescado fresco Centro de abastos 2/Caballa/M7	Cuantificación de Mercurio	0.401 mg/kg
99564	Pescado fresco Centro de abastos 2/Caballa/M9	Cuantificación de Mercurio	0.456 mg/kg
99565	Pescado fresco Centro de abastos 2/Caballa/M10	Cuantificación de Mercurio	0.6244 mg/kg

Lima, 15 de marzo de 2025


 Director de CICOTOX
Dr. César Augusto Canales Martínez
 Esp. Toxicología y Química Legal
 C.Q.F.P. N° 01374
 R.N.E. N° 004
 N° DNI 06269670




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

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

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

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

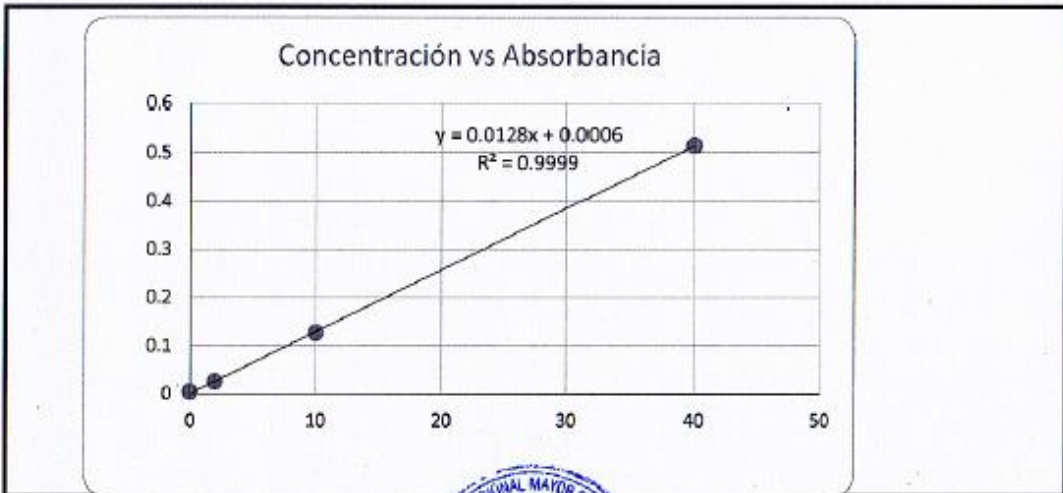
**INFORME INTERNO DE LABORATORIO
ANÁLISIS CUANTITATIVO**

AAS - Hg

CÓDIGO	FECHA	HORA	MUESTRA	ANÁLISIS
99546 - 99565	15/03/2025	13:00	Pescado fresco	Mercurio

VOLUMEN DE MUESTRA	N.A.	LONGITUD DE ONDA	253.7 nm	PRE TRATAMIENTO	Digestión vía húmeda
--------------------	------	------------------	----------	-----------------	----------------------

NOMBRE	CONCENTRACIÓN µg/L (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.004
Estándar 1	2	0.025
Estándar 2	10	0.126
Estándar 3	20	0.246



ANALIZADO POR: Q.F. Américo Figueroa





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

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

N° 99526 - 99545

SOLICITANTE: MONICA RIVEROS SOCA

TESIS: DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN POR MERCURIO Y PLOMO EN PESCADOS FRESCOS COMERCIALIZADOS EN CENTROS DE ABASTOS DEL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA, LIMA 2024-2025

FECHA DE RECEPCIÓN: 19 de febrero de 2025 HORA: 11:50 a.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 03 de marzo de 2025 HORA: 09:30 a.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 13 de marzo de 2025 HORA: 03:00 p.m.

MÉTODO: Espectrofotometría de Absorción Atómica con horno de grafito.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
99526	Pescado fresco Centro de abastos 1/Bonito/M3	Cuantificación de Plomo	0.698 mg/kg
99527	Pescado fresco Centro de abastos 1/Bonito/M5	Cuantificación de Plomo	2.843 mg/kg
99528	Pescado fresco Centro de abastos 1/Bonito/M1	Cuantificación de Plomo	1.497 mg/kg
99529	Pescado fresco Centro de abastos 1/Bonito/M4	Cuantificación de Plomo	3.168 mg/kg
99530	Pescado fresco Centro de abastos 1/Bonito/M2	Cuantificación de Plomo	2.248 mg/kg
99531	Pescado fresco Centro de abastos 1/Caballa/M6	Cuantificación de Plomo	0.981 mg/kg
99532	Pescado fresco Centro de abastos 1/Caballa/M9	Cuantificación de Plomo	1.548 mg/kg
99533	Pescado fresco Centro de abastos 1/Caballa/M7	Cuantificación de Plomo	1.437 mg/kg
99534	Pescado fresco Centro de abastos 1/Caballa/M8	Cuantificación de Plomo	3.288 mg/kg
99535	Pescado fresco Centro de abastos 1/Caballa/M10	Cuantificación de Plomo	1.819 mg/kg
99536	Pescado fresco Centro de abastos 2/Bonito/M5	Cuantificación de Plomo	4.355 mg/kg
99537	Pescado fresco Centro de abastos 2/Bonito/M2	Cuantificación de Plomo	2.664 mg/kg
99538	Pescado fresco Centro de abastos 2/Bonito/M1	Cuantificación de Plomo	0.918 mg/kg
99539	Pescado fresco Centro de abastos 2/Bonito/M4	Cuantificación de Plomo	2.394 mg/kg
99540	Pescado fresco Centro de abastos 2/Bonito/M3	Cuantificación de Plomo	0.638 mg/kg
99541	Pescado fresco Centro de abastos 2/Caballa/M6	Cuantificación de Plomo	0.279 mg/kg
99542	Pescado fresco Centro de abastos 2/Caballa/M8	Cuantificación de Plomo	0.525 mg/kg
99543	Pescado fresco Centro de abastos 2/Caballa/M7	Cuantificación de Plomo	1.399 mg/kg
99544	Pescado fresco Centro de abastos 2/Caballa/M9	Cuantificación de Plomo	4.365 mg/kg
99545	Pescado fresco Centro de abastos 2/Caballa/M10	Cuantificación de Plomo	5.249 mg/kg

Lima, 15 de marzo de 2025


 Director de CICOTOX
 Dr. César Augusto Canales Martínez
 Esp. Toxicología y Química legal
 C.Q.F.P N° 01374
 R.N.E N° 004
 N° DNI 06269670




 G. AMÉRICA A. FIGUEROA VARGA
 C.Q.F.P. 18579

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

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

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

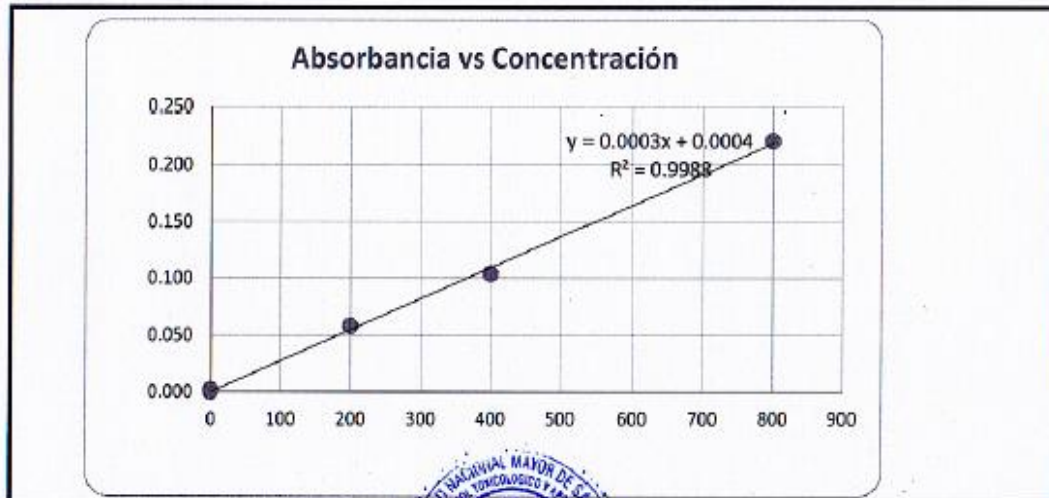
**INFORME INTERNO DE LABORATORIO
ANÁLISIS CUANTITATIVO**

AAS - Pb

CÓDIGO	FECHA	HORA	MUESTRA	ANÁLISIS
99526 - 99545	15/03/2025	13:00	Pescado fresco	Plomo

VOLUMEN DE MUESTRA	N.A.	LONGITUD DE ONDA	283.3 nm	PRE TRATAMIENTO	Digestión vía seca
--------------------	------	------------------	----------	-----------------	--------------------

NOMBRE	CONCENTRACIÓN $\mu\text{g/L}$ (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.002
Estándar 1	200	0.058
Estándar 2	400	0.104
Estándar 3	800	0.221



Analizado por:



Q.F. Americo Figueroa

Anexo 5: Estadística complementaria

Intervalos de confianza para la media

Centro de abastos		N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		
				Límite inferior	Límite superior	
Centro de abastos 01	Hg	Bonito	5	1.05	0.54	1.56
	(mg/kg)	Caballa	5	0.68	0.49	0.87
Centro de abastos 02	Hg	Bonito	5	1.45	1.08	1.82
	(mg/kg)	Caballa	5	0.74	0.27	1.22
Total	Hg	Bonito	10	1.25	0.97	1.53
	(mg/kg)	Caballa	10	0.71	0.51	0.91
Centro de abastos 01	Pb	Bonito	5	2.09	0.84	3.34
	(mg/kg)	Caballa	5	1.81	0.73	2.90
Centro de abastos 02	Pb	Bonito	5	2.19	0.33	4.05
	(mg/kg)	Caballa	5	2.36	-0.48	5.21
Total	Pb	Bonito	10	2.14	1.28	3.00
	(mg/kg)	Caballa	10	2.09	0.90	3.28

Anexo 6: Evidencias fotográficas del trabajo de campo



Investigadoras durante la recolección de la muestra en los centros de abastos en el distrito de Lurigancho-Chosica, Lima



Digestión de muestras



Muestras en sequedad después de digestión
en plancha de calentamiento



Filtración de muestras digestadas



Equipo Absorción atómica, modelo
THERMO SCIENTIFIC ICE 3000
equipado con horno de grafito



Inicio de la digestión de la muestra



Final de la digestión

Anexo 7. Carta de aprobación de la institución para la recolección de datos

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **Florinda Julia Joaquin Paucar**, identificado(a) con D.N.I./C. E N° **10184191**, en mi calidad de Representante Legal (o su equivalente o el que haga sus veces) del mercado: **“ASOCIACION DE COMERCIANTES DEL MERCADO SEÑOR DE LOS MILAGROS”**, con R.U.C. N° **20138363539** ubicado en Chosica, distrito de Lurigancho Chosica provincia y departamento de Lima.

Otorgo la AUTORIZACIÓN, a la Srtas. Jessica Giovanna Pancca Belizario identificado(a) con D.N.I./C. E N° 70189842. Y Monica Riveros Soca identificado(a) con D.N.I./C. E N° 46517760 de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Norbert Wiener, para que ejecute su investigación titulada. **“DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN POR MERCURIO Y PLOMO EN PESCADOS FRESCOS COMERCIALIZADOS EN CENTROS DE ABASTOS DEL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA, LIMA 2024-2025”**.

Asimismo, autorizo expresamente el uso de la información con fines académicos, contribuyendo con la comunidad educativa.

Lima, 14 de febrero del 2025



FIRMA

Florinda Julia Joaquin Paucar

D.N.I: 10184191



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

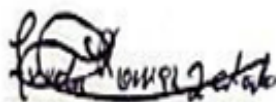
CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **FRIDA ROMERO ZELADA**, identificado(a) con D.N.I./C. E N° **06808419**, en mi calidad de Representante Legal (o su equivalente o el que haga sus veces) del mercado: **“ASOCIACION DE COMERCIANTES DEL MERCADO BARATILLO CHOSICA”**, con R.U.C. N° **20606761822** ubicado en Chosica, distrito de Lurigancho - Chosica provincia y departamento de Lima.

Otorgo la AUTORIZACIÓN, a la Srtas. Jessica Giovanna Pancca Belizario identificado(a) con D.N.I./C. E N° 70189842. Y Monica Riveros Soca identificado(a) con D.N.I./C. E N° 46517760 de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Norbert Wiener, para que ejecute su investigación titulada. **“DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN POR MERCURIO Y PLOMO EN PESCADOS FRESCOS COMERCIALIZADOS EN CENTROS DE ABASTOS DEL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA, LIMA 2024-2025”**.

Asimismo, autorizo expresamente el uso de la información con fines académicos, contribuyendo con la comunidad educativa.

Lima, 14 de febrero del 2025



FIRMA

Frida Romero Zelada

D.N.I: 06808419



Anexo 8. Carta de comité institucional de ética e integridad científica



COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA E INTEGRIDAD CIENTÍFICA

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Lima, 31 de enero de 2025

Investigador(a)
Jessica Giovanna Pancca Belizario
Mónica Riveros Soca
Exp. N°: 1437-2024

De mi consideración:

Es grato expresarle mi cordial saludo y a la vez informarle que el Comité Institucional de Ética e Integridad Científica de la Universidad Privada Norbert Wiener (CIEIC-UPNW) evaluó y **APROBO** los siguientes documentos:

- Protocolo titulado: **“DETERMINAR LA CONTAMINACIÓN POR MERCURIO Y PLOMO EN PESCADOS FRESCOS COMERCIALIZADOS EN CENTROS DE ABASTOS DEL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA, LIMA 2024-2025”** Versión 01 con fecha 27/12/2024.
- Formulario de Consentimiento Informado Versión 01 con fecha 27/12/2024.

El cual tiene como investigador principal al Sr(a) Jessica Giovanna Pancca Belizario y Sr(a) Mónica Riveros Soca.

La **APROBACIÓN** comprende el cumplimiento de las buenas prácticas éticas, el balance riesgo/beneficio, la calificación del equipo de investigación y la confidencialidad de los datos, entre otros.

El investigador deberá considerar los siguientes puntos detallados a continuación:

1. La vigencia de la aprobación es de dos años (24 meses) a partir de la emisión de este documento.
2. El **Informe de Avances** se presentará cada 6 meses, y el informe final una vez concluido el estudio.
3. **Toda enmienda o adenda** se deberá presentar al CIEIC-UPNW y no podrá implementarse sin la debida aprobación.
4. Si aplica, la **Renovación** de aprobación del proyecto de investigación deberá iniciarse treinta (30) días antes de la fecha de vencimiento, con su respectivo informe de avance.

Es cuanto informo a usted para su conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente,


Raúl Antonio Rojas Ortega
Presidencia
Comité Institucional de Ética e Integridad Científica
UPNW



Av. Arzobispo 440 - Santa Beatriz
Universidad Privada Norbert Wiener
Teléfono: 706-5555 Anexo 3290 Cel. 981-090-698
Correo: comite.etica@privadnorberta.pe

ANOTACIÓN MARGINAL – NO ALTERA FECHA DE EMISIÓN ORIGINAL

Constancia CIEIC N.º 1437-2024, emitida en Lima, 31 de enero del 2025.

En atención a la solicitud de la Oficina de Grados y Títulos, y en cumplimiento del acuerdo del CIEIC, se registra la presente anotación marginal con la finalidad de atender un caso pendiente identificado por dicha oficina, correspondiente a la gestión anterior, a fin de no generar perjuicio al egresado.

La anotación se limita exclusivamente a corregir el campo “Proyecto Titulado”, quedando de la siguiente manera:

Donde dice: “DETERMINAR LA CONTAMINACIÓN POR MERCURIO Y PLOMO EN PESCADOS FRESCOS COMERCIALIZADOS EN CENTROS DE ABASTOS DEL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA, LIMA 2024-2025”

Debe decir: “DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN POR MERCURIO Y PLOMO EN PESCADOS FRESCOS COMERCIALIZADOS EN CENTROS DE ABASTOS DEL DISTRITO DE LURIGANCHO – CHOSICA, LIMA 2024-2025”

La presente corrección es de carácter nominal y no introduce modificaciones en los objetivos, metodología, población, lugar de ejecución, resultados ni en las condiciones éticas previamente aprobadas. Asimismo, no altera la fecha de emisión ni la vigencia del pronunciamiento original.

Fecha de anotación: Lima, 16 de octubre de 2025



Mg. Angelica Karina Minaya Galarreta
Presidenta
Comité Institucional de Ética e Integridad Científica
Universidad Privada Norbert Wiener




10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 6% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 8% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Trabajos entregados	Universidad María Auxiliadora SAC on 2024-09-16	4%
2	Internet	repositorio.uwiener.edu.pe	2%
3	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2016-03-14	<1%
4	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2016-12-19	<1%
5	Internet	www.mdpi.com	<1%
6	Internet	cybertesis.unmsm.edu.pe	<1%
7	Trabajos entregados	uwiener on 2023-03-18	<1%
8	Internet	hdl.handle.net	<1%
9	Internet	www.npunto.es	<1%
10	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2022-09-03	<1%
11	Internet	repositorio.udh.edu.pe	<1%