



**Universidad  
Norbert Wiener**

Powered by **Arizona State University**

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

**Tesis**

Principio de permisibilidad del Códex Alimentarius de arsénico y mercurio en “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda Chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024

**Para optar el Título Profesional de  
Químico Farmacéutico**

**Presentado por:**

**Autora:** Perez Palomino, Paola Esthefany

**Código ORCID:** <https://orcid.org/0009-0000-7574-482X>

**Autor:** Rodriguez Guizado, Bryan Jordi

**Código ORCID:** <https://orcid.org/0009-0007-4564-7827>

**Asesora:** Dra. Alvarado Chavez, Britt

**Código ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0601-6973>

**Lima – Perú**

**2025**

 Universidad Norbert Wiener	<b>DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b>		
	<b>CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033</b>	<b>VERSIÓN: 01</b> REVISIÓN: 01	<b>FECHA: 08/11/2022</b>

Yo, Bryan Jordi Rodriguez Guizado y Paola Pérez Palomino egresados de la Facultad de **Farmacia y Bioquímica** y Escuela Académica Profesional de **Farmacia y Bioquímica** de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo de investigación “Principio de permisibilidad del Códex Alimentarius de arsénico y mercurio en “jurel” (Trachurus murphyi) y “bonito” (Sarda Chiliensis) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024” Asesorado por el docente: Britt Alvarado Chávez DNI 31667036 ORCID 0000-0002-0601-6973

tiene un índice de similitud de **15 (quince) %** con código 14912:446353421 verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

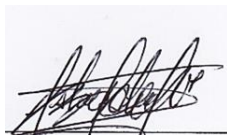
1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4.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



.....  
 Firma de autor 1  
 Bryan Jordi Rodriguez Guizado  
 DNI:74847718



.....  
 Firma de autor 2  
 Paola Esthefany Perez Palomino  
 DNI: 75685376



.....  
 Firma  
 Dra. Britt Alvarado Chávez  
 DNI 31667036

Lima, 27 de mayo de 2025

# DEDICATORIA

A mis padres Victoria y Crecencio que son la razón y la luz de todos mis días para ser mejor profesional y persona. A mis hermanos Cinthia, Freddy y Jorge por la fortaleza y perseverancia que muestran en sus vidas a pesar de los obstáculos.

**Br. Paola Esthefany Perez Palomino**

Con todo mi cariño, dedico este trabajo a mis padres, Luis e Isabel, cuyo apoyo constante fue un pilar fundamental para alcanzar mis objetivos y que representó una gran motivación para la realización de esta tesis.

**Br. Bryan Jordi Rodriguez Guizado**

# AGRADECIMIENTOS

"Elevamos nuestra más sincera gratitud al universo, fuente de energía y guía, por habernos dotado de la fortaleza y la determinación necesarias para culminar esta etapa de arduo trabajo.

Reconocemos la invaluable contribución de la Institución Superior "Norbert Wiener", cuyo equipo de profesionales nos brindó los conocimientos esenciales para nuestro desarrollo personal y profesional.

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a la magister Britt Alvarado Chávez por su dedicación y apoyo constante durante el transcurso de este proyecto.

A nuestros seres queridos, quienes han sido nuestro refugio y soporte incondicional, les dedicamos este logro. Su amor y compañía han sido el impulso que nos ha permitido avanzar en este hermoso viaje llamado vida."

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN .....	XII
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
<i>1.2.1 Problema general.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.2 Problemas específicos.....</i>	<i>3</i>
<b>1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<i>1.3.1 Objetivo general.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>4</i>
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<i>1.4.1 Teórica.....</i>	<i>4</i>
<i>1.4.2 Metodológica.....</i>	<i>5</i>
<i>1.4.3 Práctica .....</i>	<i>5</i>
<b>1.5 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>5</b>
<i>1.5.1 Temporal.....</i>	<i>5</i>
<i>1.5.2 Espacial.....</i>	<i>6</i>
<i>1.5.3 Población o unidad de análisis .....</i>	<i>6</i>
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 ANTECEDENTES.....</b>	<b>6</b>
2.1.1 NACIONALES.....	6
2.1.2 INTERNACIONALES .....	7
<b>2.2 BASES TEÓRICAS .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>19</b>
<i>2.3.1 Hipótesis general.....</i>	<i>19</i>
<i>2.3.2 Hipótesis específicas .....</i>	<i>19</i>
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>19</b>

3.2	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
3.3	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	20
3.4	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
3.5	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	20
3.6	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	22
3.7	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	22
3.7.1	<i>Técnica</i> .....	22
3.7.2	<i>Descripción de instrumentos</i> .....	22
3.7.3	<i>Validación</i> .....	24
3.7.4	<i>Confiabledad</i> .....	24
3.8	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	24
3.9	ASPECTOS ÉTICOS .....	25
<b>CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>		<b>25</b>
4.1	RESULTADOS .....	25
4.2	DISCUSIÓN .....	29
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>33</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	33
5.2	RECOMENDACIONES.....	34
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>35</b>
6.	ANEXOS.....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Análisis de mercurio en muestras de “jurel” .....	25
<b>Tabla 2.</b> Análisis de mercurio en muestras de “bonito” .....	26
<b>Tabla 3.</b> Análisis de varianza (ANOVA) .....	26
<b>Tabla 4.</b> Prueba de Tukey .....	27
<b>Tabla 5.</b> Análisis de arsénico en muestras de “jurel” .....	27
<b>Tabla 6.</b> Análisis de arsénico en muestras de “bonito” .....	28
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza (ANOVA) .....	28
<b>Tabla 8.</b> Prueba de Tukey .....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Metabolismo del arsénico en humanos. <sup>(24)</sup> .....	10
<b>Figura 2.</b> Toxicodinámica del arsénico .....	11

## RESUMEN

Los metales pesados se consideran un problema grave a nivel mundial, generado principalmente por actividades humanas, donde los peces son indicadores de contaminación por arsénico y mercurio; estos valores son regulados por el *Codex Alimentarius* para garantizar un consumo inocuo. Por ello, como objetivo del estudio se planteó determinar la permisibilidad de arsénico y mercurio en “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024. La metodología fue un estudio descriptivo no experimental de corte transversal, donde se trabajaron con 10 muestras de “jurel” y 10 de “bonito” procedentes del terminal pesquero de Ventanilla. Estas muestras fueron analizadas para la cuantificación de arsénico y mercurio totales por la técnica de absorción atómica. Los resultados indicaron que la concentración de mercurio en “jurel” y “bonito” fueron de  $16,722 \pm 2,206$  y  $15,44 \pm 2,229$   $\mu\text{g/Kg}$ , respectivamente; y la concentración de arsénico en “jurel” y “bonito” fueron de  $57,837 \pm 20,005$  y  $59,808 \pm 15,713$   $\mu\text{g/Kg}$ , respectivamente. En conclusión, los valores de arsénico y mercurio en los pescados “jurel” y “bonito” se encontraron dentro de los límites máximos permisibles establecidos por *Codex Alimentarius*.

**Palabras clave:** jurel (*Trachurus murphyi*), bonito (*Sarda chiliensis*), arsénico, mercurio, permisibilidad, *Codex Alimentarius*.

## ABSTRACT

Heavy metals are considered a serious global problem, generated primarily by human activities, where fish are indicators of arsenic and mercury contamination; these values are regulated by the *Codex Alimentarius* to ensure safe consumption. Therefore, the objective of the study was to determine the permissibility of arsenic and mercury in horse mackerel (*Trachurus murphyi*) and bonito (*Sarda chiliensis*) sold at the Ventanilla fishing terminal, Lima-2024. The methodology was a descriptive, non-experimental, cross-sectional study, where 10 samples of “jurel” and 10 of “bonito” from the Ventanilla fishing terminal were worked with. These samples were analyzed to quantify total arsenic and mercury using the atomic absorption technique. The results indicated that the mercury concentrations in “jurel” and “bonito” were  $16,722 \pm 2.206$  and  $15,44 \pm 2.229$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ , respectively; and the arsenic concentrations in “jurel” and “bonito” were  $57,837 \pm 20.005$  and  $59,808 \pm 15,713$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ , respectively. In conclusion, the arsenic and mercury values in “jurel” and “bonito” fish were within the maximum permissible limits established by the *Codex Alimentarius*.

**Keywords:** jurel (*Trachurus murphyi*), bonito (*Sarda chiliensis*), arsenic, mercury, permissibility, Codex Alimentarius.

## INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria es un componente esencial para garantizar la salud pública y el bienestar de las poblaciones en todo el mundo, cuyo aspecto clave es la regulación de los contaminantes presentes en los alimentos, particularmente en productos de origen marino, debido a la posibilidad de acumulación de metales pesados tóxicos como el arsénico y el mercurio. Estos metales, aunque presentes de manera natural en el medio ambiente, pueden alcanzar niveles peligrosos debido a actividades industriales, agrícolas y de contaminación, afectando gravemente la calidad de los productos pesqueros y, por ende, la salud de los consumidores (1).

Por ello, el *Códex Alimentarius*, establece límites máximos de contaminantes en los alimentos para proteger la salud humana. Entre estos contaminantes, el arsénico y el mercurio han sido identificados como sustancias de riesgo debido a sus efectos tóxicos y su capacidad de bioacumularse en las cadenas tróficas, particularmente en especies marinas como el “jurel” (*Trachurus murphyi*) y el “bonito” (*Sarda chiliensis*)(2).

Es así como en el estudio se abordaron cinco capítulos distribuidos de esta manera: En el capítulo I, se desarrolló el planteamiento del problema, pregunta de investigación, justificación, los objetivos y limitaciones del estudio.

El capítulo II describen los antecedentes nacionales como internacionales, las bases teóricas de acuerdo a las variables de estudio, como definición de los metales pesados, tipos, la técnica de cuantificación de absorción atómica, entre otros. En relación con el capítulo III, se estableció la metodología desarrollada, donde se detalló el tipo de estudio, diseño, enfoque, técnica e instrumento de recolección de la muestra; el procesamiento y análisis de los datos a través del software estadístico SPSS. Seguidamente, el capítulo IV, se mostraron los resultados y la discusión de ellos. Finalmente, el capítulo V se detalla las conclusiones y recomendaciones del estudio.

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

El *Codex Alimentarius* es una síntesis de reglas alimentarias aprobadas internacionalmente y la FAO/OMS se encarga de verificar las normas alimentarias, que en conjunto se encargan de asegurar la inocuidad de los alimentos para proteger la salud de los consumidores con ello favorecer a la armonización y posibilitar las practicas equitativas en el comercio internacional (3).

Los metales pesados se consideran un problema grave a nivel mundial, generado principalmente por actividades humanas(4,5) como la industrialización, urbanización, actividades agrícolas, tecnológicas y mineras(4,6). Siendo la minería y las actividades de procesamiento de minerales las principales fuentes de contaminación de suelos, agua y atmosférico(4,7); ocasionando problemas a la salud humana y al balance local de los ecosistemas(8).

Dentro de las características de los metales pesados, se consideran a aquellos metales con una densidad mayor a  $4 \text{ g/cm}^3$  y peso atómico superior a 20 daltons(6,9). Estos pueden entrar en ríos y lagos de una variedad de fuentes que incluyen las rocas y suelos expuestos directamente a las aguas superficiales, además de la descarga de diversos residuos líquidos tratados y no tratados a los cuerpos de agua y los humanos, están expuestos a estos contaminantes(10). Dentro de ellos, tenemos al cobalto (Co), plomo (Pb), mercurio (Hg), arsénico (As), talio (Tl), níquel (Ni), el manganeso (Mn), zinc (Zn), cadmio (Cd) y el cromo (Cr) los cuales son muy persistentes al ambiente y la salud humana (11). La exposición a altos niveles de estos metales pesados entre muchos efectos puede dañar seriamente el cerebro y los riñones, causar aborto involuntario en las mujeres embarazadas, dañan los órganos

responsables de la producción de esperma en los hombres y puede causar la muerte en última instancia(11).

Asimismo, los metales pesados en cantidades importantes en el ambiente, también han afectado el equilibrio de los ecosistemas; incorporándose en los alimentos o como partículas que se respiran y se van acumulando en el organismo, hasta llegar a límites que superan los límites máximos permisibles (12).

Dentro del ecosistema, los peces representan varios niveles de la cadena alimenticia acuática, siendo indicadores de contaminación por metales pesados, ya que pueden bioacumular y biomagnificar, es decir este último traslada la bioacumulación a la cadena alimenticia, estos elementos como el mercurio el cual es bioamplificado casi en su totalidad por los peces en forma de metilmercurio, sustancia altamente tóxica y de fácil fijación en los tejidos musculares y adiposos, convirtiéndola en elemento clave en el transporte de este metal en las cadenas alimenticias acuáticas que culminan en el consumo humano(13,14).

Además, el problema de la intoxicación alimentaria por metales pesados está muy relacionado a la ingestión continua, regular y a las cantidades ingeridas, además de las condiciones de salud de las poblaciones; por ello, los metales pesados cobran gran importancia en Salud Pública por su toxicidad en la población (15).

En el Perú, la tasa de consumo de pescado en los últimos años es aproximadamente 22,5 kg por habitante al año, siendo mayor que la tasa recomendada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (12 kg/habitante/año) y una de las mayores en el continente americano, esto ubica al Perú en los primeros lugares de América del Sur, por encima del consumo de Chile o Ecuador que apenas alcanzan los 20 kilos(16).

A pesar de sus beneficios, el consumo de pescado proveniente de zonas impactadas por actividad industrial puede representar un riesgo para la salud humana, debido a que los peces pueden acumular contaminantes del ambiente acuático en sus tejidos y amplificarlos según el

nivel de la cadena trófica<sup>(15)</sup>. Por otra parte, el metabolismo de los peces puede ser perjudicado por estos contaminantes como metales traza y metaloides (17).

Por todo lo mencionado anteriormente, el presente trabajo de investigación tiene como propósito de determinar el principio de permisibilidad del *Codex Alimentarius* de arsénico y mercurio en “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla en Lima del 2024.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuáles son los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de arsénico (As) y mercurio en “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla?

### **1.2.2 Problemas específicos**

1. ¿Cuáles son los límites máximos permisibles de arsénico (As) y mercurio (Hg) según el *Codex alimentarius*?
2. ¿Cuáles son los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de arsénico (As) en “jurel” (*Trachurus murphyi*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla?
3. ¿Cuáles son los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de mercurio (Hg) en “jurel” (*Trachurus murphyi*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla?
4. ¿Cuáles son los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de arsénico (As) en “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla?

5. ¿Cuáles son los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de mercurio (Hg) en “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar la permisibilidad de arsénico (As) y mercurio (Hg) en “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Estimar los límites máximos permisibles de arsénico (As) y mercurio (Hg) según el *Codex alimentarius*.
2. Estimar los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de arsénico (As) en “jurel” (*Trachurus murphyi*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla.
3. Estimar los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de mercurio (Hg) en “jurel” (*Trachurus murphyi*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla.
4. Estimar los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de arsénico (As) en “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla.
5. Estimar los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de mercurio (Hg) en “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla.

### **1.4 Justificación**

#### **1.4.1 Teórica**

Dentro de la alimentación de las personas, uno de los alimentos más importantes radica en englobar en la comida cotidiana, el “jurel”, la “caballa” o “bonito”, debido a que tiene muchas proteínas para combatir con cierto tipo de enfermedades como la anemia que causan daño a los niños y niñas; por ello, los recursos hidrobiológicos son considerados importantes

fuentes de proteínas de alta calidad, minerales y ácidos grasos poliinsaturados. El Ministerio de la Producción (PRODUCE) informó que el consumo per cápita de productos hidrobiológicos en nuestro país creció en los últimos nueve años, y pasó de 13.2 kilogramos en 2012 a 18.4 kilogramos en 2021(15). Es decir, aumentó un 39%. Por todo lo mencionado, la importancia del consumo de pescado debe ser inocuo como otros alimentos; por ello, la monitorización de metales pesados como mercurio y arsénico es vital a fin de evitar riesgos en la salud humana.

#### **1.4.2 Metodológica**

Se utilizó como instrumentos de medición la espectrofotometría de absorción atómica, cuya técnica fue realizada por un laboratorio certificado acreditado, los cuales permiten dar un nuevo aporte al conocimiento científico. Asimismo, el resultado de los análisis obtenidos de los datos permite tener un argumento para esclarecer el problema y resolverlo con respecto a los valores de arsénico y mercurio en pescados.

#### **1.4.3 Práctica**

Se verificaron los valores de mercurio y arsénico en muestras de las especies “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*), cuyos resultados se comprueban si están dentro de los límites máximos permisibles, de esta manera podamos reflexionar de la realidad nacional a la que nos vemos enfrentando hasta la actualidad en los centros pesqueros, y así proponer soluciones y estrategias concretas para que se reduzca los niveles de concentración de los metales pesados en las especies marinas.

### **1.5 Delimitaciones de la investigación**

#### **1.5.1 Temporal**

La investigación, específicamente la recolección de muestras, se realizó en septiembre del 2024.

## 1.5.2 Espacial

Específicamente la recolección de muestras, se realizó en un terminal pesquero ubicado en el distrito de Ventanilla, Perú.

## 1.5.3 Población o unidad de análisis

**Población:** Peces del terminal pesquero de Ventanilla

**Muestra:** “Jurel” *Trachurus murphyi* y “bonito” *Sarda chiliensis*.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Nacionales

**Rodriguez,**(18) en su tesis titulada “Cuantificación de las concentraciones de metales pesados (Pb, Cd, Cu) por espectrofotometría de absorción atómica de los peces pelágico de la bahía del Callao”, para la obtención del grado de magister en la Universidad Nacional del Callao, se planteó como objetivo cuantificar las concentraciones de metales pesados de plomo, cadmio y cobre en las especies “liza” (*Mugil cephalus*), “pejerrey” (*Odontesthes regia regia*) y “lorna” (*Sciaena deliciosa*); obteniendo como resultados, que la mayor acumulación de los tres metales se presentó en el hígado, mientras que en el músculo se determinó concentraciones promedio de cadmio de 1,62 µg/g en “lorna”, 1,59 µg/g “pejerrey” y 0,73 µg/g en “lisa”. Finalmente, concluyó que entre las tres especies tuvieron diferentes concentraciones de los metales tanto en hígado como en músculo.

**Ninaja & Ortiz,** (19), en su publicación “Niveles de mercurio en los pescados de mayor consumo en los mercados de Tacna exceden límites permitidos por entidades regulatorias”, se plantearon como objetivo determinar la concentración de mercurio en “bonito” (*S. sarda*), “caballa” (*S. scombrus*), “lisa” (*M. cephalus*), “lorna” (*S. deliciosa*) y “diamante” (*I. oxyrinchus*); teniendo como resultados que la concentración promedio de mercurio fue de 0,883

$\pm 0,104$  ppm y que la especie “bonito” obtuvo la concentración más alta de mercurio; concluyendo que el 73,30 % de las muestras de pescado analizadas excedieron este parámetro de mercurio, según los límites máximos permisibles de 0,5 ppm permitidos por la Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

**Rivas,(20)** en la tesis titulada “Determinación de arsénico, mercurio y plomo en truchas (*Oncorhynchus mykiss*), piensos y agua de piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, región Lima”; para la obtención del grado de magister en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, tuvo como objetivo determinar la concentración de metales pesados en las muestras de “trucha”, agua y pienso que fueron recolectadas de las piscigranjas; teniendo como resultados concentraciones máximas y mínimas de arsénico en muestra de “trucha” de 1,140 ppb y 0,510 ppb, respectivamente; y de mercurio de 0,600 ppb y 0,100 ppb respectivamente; concluyendo, que los valores superan los límites máximos permisibles del *Códex Alimentarius*, Comunidad Europea y Norma Técnica Peruana (NTP).

### **2.1.2 Internacionales**

**Ramirez et al,(13)** en su artículo titulado “Determinación de mercurio en pescado fresco que se comercializa en el área metropolitana de Monterrey”, se plantearon como objetivo determinar la presencia y estimar la concentración de mercurio (Hg) total en cuatro especies de pescado que se comercializa en el Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León; encontrando que las concentraciones más altas se presentaron en el “bagre” (*Bagre marinus*)  $0,3361 \pm 0,3336$ ; concluyendo que el promedio de Hg total estimado no rebasó la Norma Oficial Mexicana (NOM) 031 SSA1 1993, sin embargo, en algunos especímenes si sobrepasó.

**Barraza et al., (21)** en su tesis titulada “Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la unión europea”, tuvo como objetivo cuantificar la concentración de los metales pesados, en el tejido muscular de las especies estudiadas, teniendo como

resultado del estudio se indicó que las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en el tejido muscular están por debajo del nivel máximo permitido para consumo humano según las normativas nacionales y europeas, concluyendo que las concentraciones de los 4 metales pesados determinados, en las muestras de Merluza Austral y Pescadilla no excedieron el nivel máximo permitido en Argentina, ni los niveles máximos de la Unión Europea.

**Sanchez, (22)** en su tesis titulada “Cuantificación de los niveles de arsénico y mercurio en sushi de restaurantes y grandes superficies de la Comunidad Autónoma de Madrid” para la obtención del grado de doctor en la Universidad de Alcalá, tuvo como objetivo cuantificar el arsénico y el mercurio de muestras de sushi adquiridas en restaurantes asiáticos de la ciudad; teniendo como resultados concentración de arsénico de 0,3715mg/kg y una concentración de mercurio de 0,0295mg/kg; concluyendo, que ninguno de sus tres componentes sobrepasó los valores que se les aplican de manera individual según EFSA debido a que no existe ninguna normativa para el sushi indicado por la Unión Europea.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Metales pesados**

Los metales pesados se definen como aquellos elementos pertenecientes a un grupo de metales y metaloides que tienen una densidad relativamente alta superior a  $5 \text{ g cm}^{-3}$ , que tienen un número atómico superior a 20 y deben exhibir las propiedades del metal. Además, son tóxicos incluso a niveles de ppb (23).

Dentro del grupo de metales pesados se encuentran el Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn)(11).

### **a. Bioacumulación de metales pesados**

Las diferentes especies marinas concentran las trazas de los metales pesados en sus cuerpos las cuales provienen de diversas industrias localizadas en los puertos, las cuales generan un alto impacto ambiental debido a la producción de residuos sólidos, vertidos efluentes líquidos y emisiones atmosféricas. Las concentraciones de la trazas de los metales pesados en los seres son reguladas y se mantienen dependiendo de la variabilidad de la concentración del agua. Sin embargo, si las concentraciones del ambiente exceden la habilidad biológica de regular la concentración del tejido, podrá presentar efectos tóxicos en los organismos expuestos (11,12).

### **2.2.2 Arsénico**

El elemento arsénico (As) pertenece al grupo VA periodo 4 del sistema periódico. Es un metaloide que contamina el medio ambiente ya sea de forma natural o también por la actividad humana. Se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre en estados de oxidación de  $-(\text{III})$ ,  $(0)$ ,  $+(\text{III})$  y  $+(\text{V})$ , a menudo como sulfuros o arseniuros o en forma de arseniatos metálicos (12).

#### **a. Toxicocinética**

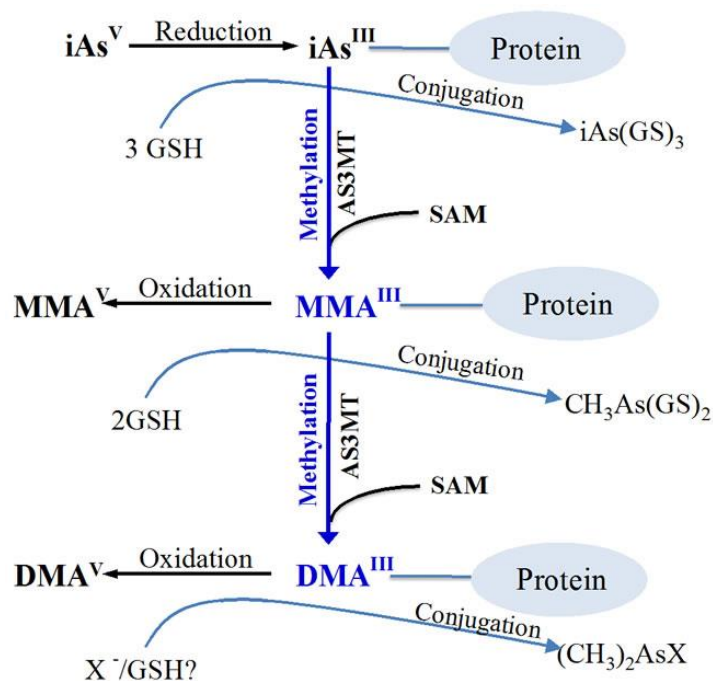
Los crustáceos y otros peces son una fuente conocida de exposición al arsénico orgánico; sin embargo, en esta forma, la toxicidad se considera insignificante. La absorción del arsénico inorgánico se da en un 70-80 % a través del tracto gastrointestinal, las vías respiratoria y parenteral también pueden absorber arsénico; la distribución inicial se dirige predominantemente al hígado, los riñones, los músculos y la piel (24).

El metabolismo involucra que el arsénico se una a numerosas enzimas celulares interfiriendo con la respiración celular, produce intermediarios reactivos de oxígeno que provocan la peroxidación de lípidos (23). En exposiciones crónicas, el arsénico se redistribuye en el hígado, los riñones, los pulmones, el sistema nervioso, el bazo, el cabello y las uñas, sufre

metilación hepática y sus metabolitos se excretan por la orina (a menos que se trate de arsenoides orgánicos provenientes de mariscos, en cuyo caso se excreta sin cambios) (25).

La excreción de arsénico depende del estado y la forma de valencia. El arsenito (forma trivalente) tiene una tasa de excreción más lenta en comparación con el arseniato (forma pentavalente) y el arsénico orgánico, lo que puede contribuir al aumento de la toxicidad del arsenito en comparación con el arseniato y el arsénico orgánico.

. El arsénico inorgánico se elimina mediante el sistema urinario, que es una de las principales formas de eliminación y se estima que solo el 30% se elimina en la primera semana. La vida media de eliminación es de 3 a 5 días después de la ingestión aguda y se distribuye a los riñones y al hígado (23).



**Figura 1.** Metabolismo del arsénico en humanos. (23)

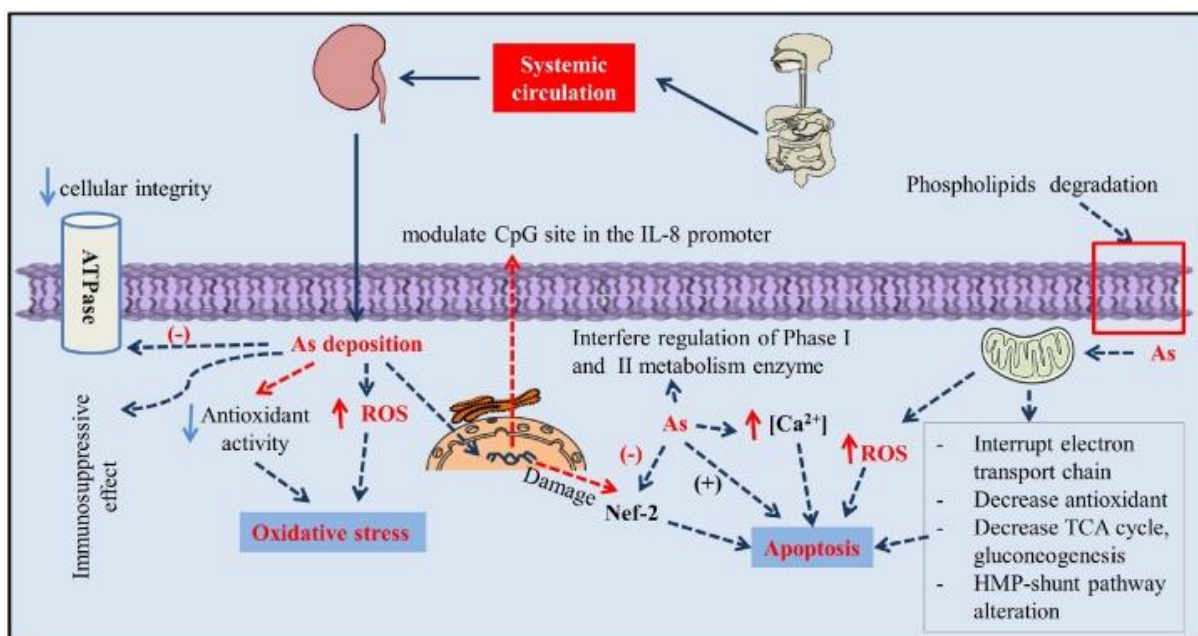
## b. Toxicodinámica

La acumulación de As y el agotamiento de la actividad antioxidante endógena acelera el daño tisular introduciendo una condición de estrés oxidativo. Luego, el As inorgánico

depositado en el riñón podría convertirse en metabolito metilado mediante la enzima metiltransferasa<sup>+3</sup>(As<sup>3</sup>mt), generando hidronefrosis del riñón (26).

La unión de As trivalente a un antioxidante que contiene tiol conduce a una serie de eventos como disminución de la actividad antioxidante, daño al ADN renal y muerte celular, modulación de la concentración de (Ca<sup>+2</sup>), entre otros (26).

El arsénico interrumpe la cadena de transporte de electrones mitocondrial al inhibir la función o actividad del isocitrato deshidrogenasa, la α-cetoglutarato deshidrogenasa, el succinato deshidrogenasa, la NADH-deshidrogenasa, la citocromo c oxidasa, aumentando la LPO y disminuyendo la actividad antioxidante en las mitocondrias (Figura 2)(26).



**Figura 2.** Toxicodinámica del arsénico

### c. Arsénico en pescados

Las formas orgánicas se pusieron de manifiesto en los organismos marinos, muchos de estos compuestos se encuentran en altas concentraciones de forma natural, en estas especies (12).

La mayoría de los pescados y mariscos almacenan arsénico en una forma inofensiva llamada arsenobetaína. Las algas y mariscos Hijiki en algunas áreas contienen arsénico

inorgánico, lo que genera advertencias estatales o locales sobre el pescado; estos deben consumirse raramente o evitarse (27).

En peces, la tolerancia al As parece aumentar con la temperatura, En los peces, como suele existir en dos estados de oxidación, especies metiladas, arsenoazúcares y arsenolípidos, que varían en su toxicidad y la combinación de estos dos estados en los tejidos de los peces conduce a efectos fisiopatológicos (27).

Se ha demostrado que la exposición transmitida por la dieta es más importante que la exposición transmitida por el agua para los efectos del crecimiento cuando la dieta oligoqueta y los peces están expuestos a la misma concentración de arsénico (27).

#### **d. Fuentes de exposición**

Está presente en los suelos, el agua dulce y los ambientes marinos. En algunos entornos constituye un problema ambiental grave dado su alta concentración y los efectos nocivos que presenta sobre los organismos vivos, ya sea por absorción directa o a través de la cadena alimenticia (12,28).

El arsénico está presente en el medio ambiente en diversas formas químicas orgánicas e inorgánicas: arsenito ( $\text{As}^{+3}$ ), arseniato ( $\text{As}^{+5}$ ), ácido monometilarsónico (MMA), ácido dimetilarsónico (DMA), óxido de trimetilarsina (TMAO), arsenobetaina. (AsB), etc(29). La toxicidad, movilidad y solubilidad difieren entre especies, de tal forma que el  $\text{As}^{+3}$  inorgánico es más tóxico que el  $\text{As}^{+5}$ , y a su vez el As orgánico es menos tóxico (29).

Existen varias formas de exposición humana al arsénico de fuentes tanto naturales como antropogénicas. En cuanto a las fuentes geogénicas, la corteza terrestre es una fuente natural abundante de arsénico con una concentración promedio de As de  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  como la arsenopirita. En relación con las fuentes antropogénicas, actividades como la minería, fundición de metales y la quema de combustibles fósiles, estos procesos industriales son los encargados de ocasionar contaminación en el aire, agua y suelo de arsénico. Gran parte del

arsénico en la atmósfera proviene de procesos de alta temperatura, como las centrales eléctricas alimentadas con carbón y la quema de vegetación, pero también de la actividad volcánica (29).

#### **e. Ciclo del arsénico**

Inicia con su ingreso en la atmósfera a través de las cenizas emitidas por las erupciones volcánicas, la erosión eólica y la volatilización de los lechos de rocas a temperaturas bajas, los aerosoles marinos y la contaminación de origen antropogénico, especialmente la que se genera en las extracciones auríferas debido a su coexistencia con el oro, la industria de la fundición de metales no ferrosos, la fabricación de productos electrónicos, la síntesis de pesticidas y su empleo descontrolado, o la carpintería industrial(30). Más tarde, se deposita sobre la superficie terrestre, en las masas de agua superficiales, en las escorrentías y en las aguas subterráneas, pudiendo unirse a partículas en suspensión o precipitar, hundiéndose en los sedimentos (30).

### **2.2.3 Mercurio (Hg)**

El Hg es conocido como un metal de transición además es un denso líquido plateado a temperatura ambiente, tiene un punto de fusión de 234,14°K (39°C), un punto de ebullición de 630,15°K (357°C), una densidad relativa de 13,5 g/mL y una masa atómica de 200,6 g/mol. Este elemento existe en tres estados de oxidación, mercurio elemental o metálico ( $\text{Hg}^0$ ), mercurioso ( $\text{Hg}^{+1}$ ) y mercúrico ( $\text{Hg}^{+2}$ ). Rara vez se le encuentra en su forma pura como metal líquido, generalmente se encuentra combinado con otros elementos (como cloro, azufre y oxígeno) para formar sales inorgánicas, o bien formando compuestos orgánicos (como el metilmercurio, el fenilmercurio, etilmercurio)(12).

#### **a. Toxicocinética**

La absorción del metilmercurio procedente de exposiciones dietéticas y por inhalación es casi por completo (aproximadamente 90%) en el torrente sanguíneo. El metilmercurio puede convertirse en mercurio inorgánico tanto en animales de experimentación como en humanos

mediante la flora intestinal y las células de macrófagos. Se han observado complejos de glutatión y péptido sulfhidrilo en la bilis (25).

El metilmercurio se distribuye rápidamente a todos los tejidos y se acumulan altas concentraciones en el cerebro, el órgano objetivo de la toxicidad (31). El metilmercurio se mueve fácilmente a través de la placenta y se encuentran concentraciones más altas en la sangre del cordón umbilical en comparación con la sangre materna.

La vía fecal es responsable de aproximadamente el 90% de la eliminación total del mercurio después de la exposición al metilmercurio. La mayor parte del metilmercurio resultante de la secreción biliar es desmetilado por la flora intestinal y eliminado en las heces como mercurio inorgánico. El metilmercurio restante puede pasar a la circulación enterohepática, mientras que un pequeño porcentaje del mercurio inorgánico se absorbe y distribuye a los tejidos. Se estima que la vida media del metilmercurio en humanos que comen pescado es de entre 39 y 70 días (31).

La absorción de mercurio elemental es por el tracto respiratorio oscilando entre 69 y 85% en humanos adultos; y por el tracto gastrointestinal es ingerido en forma de amalgama de mercurio; y dérmica se ha demostrado que la absorción se da por exposición de la piel al vapor de mercurio (Figura 3) (32,33).

La distribución después de la exposición por inhalación al vapor de mercurio, el mercurio se distribuye por todo el cuerpo, y las concentraciones más altas se producen en los riñones. La proximidad vascular del corazón y el cerebro junto con una tasa de oxidación limitante de  $Hg^0$  en la sangre contribuye a un efecto de primer paso en la absorción de  $Hg^0$  en estos tejidos después de la inhalación de vapor de mercurio (32,33).

El metabolismo del  $Hg^0$  se oxida rápidamente en la sangre y los tejidos a mercurio mercúrico ( $Hg^{+2}$ ). La principal vía oxidativa del  $Hg^0$  está catalizada por la enzima catalasa. La

oxidación elimina el  $\text{Hg}^0$  de la sangre, limitando su transferencia de la sangre al aire exhalado y su distribución a otros tejidos (32,33).

Las principales rutas de excreción del vapor de mercurio absorbido son la excreción de  $\text{Hg}^0$  no metabolizado en el aire exhalado y la excreción urinaria y fecal de  $\text{Hg}^{+2}$  mercurico después de la oxidación de  $\text{Hg}^0$  en sangre y otros tejidos. La cinética de eliminación del mercurio tras la exposición a la inhalación de vapor de mercurio muestra múltiples fases. La mitad del tiempo terminal, que se cree que refleja en gran medida la excreción urinaria y fecal de  $\text{Hg}^{+2}$ , oscila entre 30 y 90 días (32,33).

### **b. Toxicodinámica**

La exposición prolongada al mercurio, tanto orgánico como inorgánico, es perjudicial para la salud. Desde la circulación sistémica, el Hg es absorbido por el transporte de aniones orgánicos y luego hacia el riñón, principalmente hacia los túbulos proximales. En esta parte, la ruptura del enlace carbono-mercurio transforma el mercurio orgánico en inorgánico como metabolitos por proceso enzimático o no enzimático. Al mismo tiempo, la deposición de Hg está relacionada con la generación de ROS, la apoptosis y el daño tubular proximal.

El  $\text{Hg}^{+2}$  tiene una mayor afinidad para unirse con enzimas que contienen tiol inactivándolas mediante oxidación irreversible dando como resultado el agotamiento del contenido total de tioles y el estrés oxidativo; ocasionando radicales libres y la proteína urea (N-acetil-beta-D-glucosaminidasa)(26). El Hg disminuye la resistencia eléctrica transepitelial (TER) y facilita la fosforilación de la proteína de unión estrecha, la ocludina, a través de un mecanismo dependiente de la proteína quinasa A (PKA) en el riñón.

### **b. Origen de Mercurio (cc)**

El mercurio existe en forma natural en el medio ambiente. La principal fuente natural de mercurio es la desgasificación de la corteza terrestre, incluyendo las emisiones volcánicas y la evaporación de los océanos, también son fuente de contaminación actividades como el uso

de combustibles fósiles, la producción de acero, cemento y fosfatos, y la fundición de minerales con sulfuro(12).

El mercurio en la atmósfera se deposita en la superficie terrestre a través de la lluvia o nieve, por lo que cuando el mercurio cae del aire o efluye de la tierra al agua, los microorganismos y sedimentos convierten una parte del mercurio en metil-mercurio, forma orgánica altamente tóxica(12).

### **c. Mercurio en peces**

Los animales marinos pequeños ingieren el mercurio, y obedeciendo la cadena alimenticia sus devoradores se alimentan de ellos, ingiriendo así el metilmercurio. A medida que este proceso de bioacumulación siga llevándose a cabo, los niveles de mercurio aumentan. Esto quiere decir que los peces que se encuentran en la parte superior de la cadena alimenticia, tienen mayores concentraciones de mercurio que aquellos que se encuentran en la parte inferior. Las personas y los animales se exponen cuando se alimentan de los pescados y mariscos que contienen metil-mercurio(12).

### **d. Transformación de metilmercurio**

El mercurio es liberado al ambiente y es ahí cuando se da la formación del metilmercurio y esta se transforma a través de los procesos de metilación en complejos orgánicos. Esta transformación está mediada por la interacción con bacterias y otros microorganismos que viven en el suelo, las aguas y los sedimentos (32).

Se sabe que el metilmercurio se bioacumula y bioconcentra en la cadena alimenticia. La concentración de mercurio aumenta en los organismos según en la posición que estén en la cadena alimenticia. De este modo, por ejemplo, las concentraciones mercuriales serán progresivamente más elevadas al ir tomando muestras de algas, zooplancton, peces fitófagos, peces depredadores y organismos que comen pescado como patos, garzas o el hombre (32).

#### **e. Ciclo de Biotransformación**

El mercurio será biotransformado, especialmente por microorganismos en el agua de los ríos, y entrará en la cadena alimentaria en forma de metilmercurio, que es altamente tóxico. En la atmósfera la especie principal es el  $\text{Hg}^{+2}$ , que se forma en diversos procesos químicos a partir de otras especies de mercurio, como el dimetilmercurio, el  $\text{HgO}$  o el propio mercurio metálico, mientras que, en el agua, como ya hemos dicho, se biotransforma en metilmercurio (32).

#### **2.2.4 Especies de pescados**

##### **a. “jurel”**

###### **a.1 Características físicas**

El “jurel” pertenece a la familia de los carangidos, es un pez que vive en manada, de cuerpo delgado y ceñido, con un estrecho pedúnculo caudal y pectorales alargados. Abundantes escamas en aspecto de escudos, de cabeza a cola tiene forma arqueada y muy alargada. Diverso tipo de coloración dependiendo de la parte del cuerpo, gris oscuro en la cabeza, gris azulado en los flacos y en la parte del vientre blanco. Mancha oscura en opérculo o borde de oreja. Ojos grandes con un párpado adiposo bien desarrollado. Tiene una boca en forma de triángulo con mandíbula superior moderadamente ancha, que va hasta debajo del borde anterior del ojo, y con la inferior ligeramente prominente, además tiene dientes pequeños. Tiene dos alas dorsales distintas y de distinto tamaño, la primera formada por 8 espinas y la segunda por 1 espina y 29-33 radios. Dos ventrales. Talla más común, entre 15-30 cm es una especie pelágica de forma hidrodinámica: pedúnculo caudal muy fino y la cola bifurcada con una quilla lateral formada por las escamas engrosadas que constituyen el término de la línea lateral, la que está cubierta de escamas transformadas en escudos y tiene una curva característica (33).

## **a.2 Hábitat**

Viven en climas de temperatura caliente estos rangos de temperatura del agua varía entre 287,15°K y 296,15°K (14 y 23 °C). La salinidad puede variar entre 34,80 y 35,25 unidades prácticas de salinidad (12).

## **a.3 Distribución**

Se deriva en mayor abundancia en el Pacífico Sudoriental desde el Ecuador por la zona del norte y desde la costa de América del Sur por la zona del oeste, hasta las aguas litorales de Nueva Zelanda y la Isla Tasmania por la zona del oeste(34).

La distribución y concentración de los cardúmenes de “jurel” guardan cierta relación con la variación e interacción de las masas de agua frente a nuestro litoral. Se acerca a la costa durante el verano o en años cálidos (Fenómeno del Niño) y se aleja en los meses de invierno o en años fríos (Fenómeno de la Niña) (12).

## **b. “Bonito”**

Es un animal carnívoro que se alimenta de peces pelágicos (los que nadan en aguas superficiales), como “sardinias”, “anchoas” o “jureles” a los que ataca en grupo(12).

### **b.1 Características físicas**

El “bonito” presenta escamas muy chicas, más notorio sobre el pecho además tiene un color de dorso azulados, con bandas oscuras, vientre blanco. Longitud máxima 140cm, habitualmente entre 55 y 100 cm. Tiene un cuerpo largo con cabeza en forma de triángulo y una boca ancha(35).

### **b.2 Distribución**

Se encuentra desde el norte del Perú hasta Talcahuano (Chile)(12,35).

## **2.3 Formulación de hipótesis**

### **2.3.1 Hipótesis general**

Existe permisibilidad jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero

### **2.3.2 Hipótesis específicas**

- Existe límites máximos permisibles de arsénico (As) y mercurio (Hg) según el *Codex alimentarius*.
- Existe límites máximos permisibles de arsénico (As) en “jurel” (*Trachurus murphyi*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima.
- Existe límites máximos permisibles de mercurio (Hg) en “jurel” (*Trachurus murphyi*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima.
- Existe límites máximos permisibles de arsénico (As) en “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima.
- Existe límites máximos permisibles de mercurio (Hg) en “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 Método de investigación**

Método deductivo, el cual consiste en ir de los conceptos más generales a los más específicos, eso hace que al partir de la idea más general logre llegar a la conclusión más específica(36).

### **3.2 Enfoque de la investigación**

En este presente trabajo, el enfoque es cuantitativo, se efectúa una recolección de datos para luego ser ordenados (Microsoft Excel), analizados (software SPSS) para contestar la pregunta de investigación y probar las hipótesis establecidas.

### **3.3 Tipo de investigación**

Investigación de tipo básica busca ampliar la información y la comprensión del objeto de estudio en base de la recopilación de datos; se fortaleza conocimientos basado en los resultados(36).

### **3.4 Diseño de la investigación**

Diseño de tipo no experimental, descriptivo, de corte transversal; se denomina descriptivo ya que describe algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes(36). Es no experimental “la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no se hace variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otra variable, solo se evalúa características o relación entre ambas variables”. Es de corte transversal pues se desarrollará en determinado periodo de tiempo(36).

### **3.5 Población, muestra y muestreo**

#### **Población:**

La población estuvo conformada por las especies “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializadas en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024. En total se realizaron N=40 determinaciones de mercurio (18) y arsénico (18).

#### **Criterios de inclusión**

- Especies marinas “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*).
- Muestras que cumplan con criterios organolépticos aceptable según el Codex alimentarios.

#### **Criterios de exclusión**

- Especies marinas diferentes a “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*). Muestras refrigeradas o congeladas.

- Muestras que no cumplan con criterios organolépticos de calidad según el Codex alimentarios.

**Muestra:**

La muestra estuvo conformada por 20 pescados por cada especie de “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*) que fueron tomados de los distintos puestos ubicados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024, los cuales cumplieron los criterios de inclusión y exclusión.

**Muestreo:**

El muestreo fue aleatorio de “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*) adquiridas en el terminal pesquero de Ventanilla teniendo como referencia la tabla de las Normas Técnicas Peruanas ISO 2859-1:2013 (Procedimientos de Muestreo para Inspección por Atributo)

### 3.6 Variables y operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Escala valorativa (Niveles o rangos)
<b>V1:</b> Valores permisibles según el <i>Codex Alimentarius</i>	El <i>Codex Alimentarius</i> se enfoca en la elaboración de reglas, códigos de practicas y sugerencias sobre inocuidad de los alimentos. Es un órgano creado por FAO y la OMS(3).	Protección de la salud de los clientes, y de sostener prácticas justas en el comercio de alimentos.	Valores Permisibles	Valores Permisibles según el <i>Codex</i> alimentarios	Ordinal	0,5 mg/kg según el <i>Codex Alimentarius</i>
<b>V2:</b> Concentración de mercurio y arsénico en jurel y bonito	Concentración de Hg y As en muestras de músculos de especies marinas que habitan en el litoral peruano tales como “jurel” ( <i>Trachurus murphyi</i> ) y “bonito” ( <i>Sarda chiliensis</i> ) consumidos habitualmente por la población peruana.	Medición de la concentración de Hg y As en muestras de músculos de especies marinas a través de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica.	Concentración de metales pesados: mg/kg de peso húmedo	Concentración de mercurio y arsénico en mg/kg peso húmedo.	Ordinal	0,5 mg/kg según el <i>Codex Alimentarius</i>

### 3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.7.1 Técnica

Se uso la espectrofotometría de absorción atómica aplicada a las muestras de especies marinas “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024,

#### 3.7.2 Descripción de instrumentos

Inicialmente, las especies marinas “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*) se recolectaron de 5 puestos en el terminal pesquero de Ventanilla. Se muestreó aleatoriamente las dos especies marinas resultando en total 40 muestras; para la toma de muestras se consideraron los promedios de peso y talla para cada especie. La cantidad

recolectada en total fue de 40 Kg aproximadamente, las muestras fueron colocadas en bolsas de polietileno, identificada cada una con la fecha, el puesto y el nombre del terminal, una vez rotuladas, fueron colocadas en un *cooler* a fin de mantener la cadena de frío; posteriormente se realizaron el traslado hacia el laboratorio para la cuantificación de los metales.

### **Cuantificación de metales pesados**

#### **Digestión de muestras**

La cuantificación de As y Hg se llevó a cabo realizando la digestión de las muestras, las cuales fueron digeridas con agua regia o bajo presión para mineralizar la muestra y preparar una solución; la muestra se trituró y mezcló utilizando una picadora. Se tomó una alícuota de 3 g de músculo de pescado crudo y se añadió a un vaso; por otro lado, se añadió 5 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado y 2 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 6% al blanco, a los patrones para el control de la calidad y de la recuperación de la matriz y a las muestras. Luego, se introdujo en el horno microondas, se inició el programa de digestión. Una vez enfriadas, las muestras digeridas se diluyeron con 50 mL de agua ultrapura en un matraz aforado, listas para su análisis espectrofotométrico (22).

#### **Espectrofotometría de absorción atómica**

La espectrometría de absorción atómica (AAS) se encarga de localizar y/o medir la cantidad producida de energía de luz UV que han sido absorbidas por un elemento. Los elementos individuales absorberán longitudes de onda de manera diferente y estas absorbancias se miden con respecto a estándares. Se emplea distintas longitudes de onda de radiación que son absorbidas por distintos átomos (37).

Primero se pulverizan los analitos, emitiendo y registrando así sus longitudes de onda características. Luego, tras la excitación, cuando estos átomos absorben cierta energía, los electrones de sus átomos ascienden un nivel de energía. Esta energía corresponde a una determinada longitud de onda característica del elemento. Dependiendo de la longitud de onda

de la luz y su intensidad, se pueden detectar elementos específicos y medir sus concentraciones (38).

Tiene un número ilimitado de aplicaciones y sigue siendo una opción popular para el análisis de elementos traza sencillo. La espectrometría de absorción atómica de llama es ampliamente aceptada en muchas industrias, que continúan utilizando los beneficios únicos y específicos de esta tecnología. La espectrometría de absorción atómica con horno de grafito es una tecnología establecida para medir elementos en concentraciones de partes por mil millones (ppb o  $\mu\text{g/L}$ ) con volúmenes de muestra increíblemente bajos (38).

El As se cuantificó mediante el método de horno de grafito y el Hg por generación de vapor frío. La determinación del mercurio y arsénico se realizaron en un laboratorio con acreditación en Norma Técnica Peruana NTP-ISO/IEC 17025.

### **3.7.3 Validación**

No aplica

### **3.7.4 Confiabilidad**

El índice de confiabilidad se obtuvo luego de analizar la recolección de instrumento por lo tanto el indicador de confiabilidad será el alfa de Cronbach que evalúa la magnitud en la cual los instrumentos a usar estén correlacionados.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right]$$

$\alpha$ : Alfa de Cronbach

$K$ : Número de ítem

$V_i$ : Varianza de cada ítem

$V_t$ : Varianza del total

## **3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos**

### **Análisis de datos**

Los valores obtenidos de cada metal en los pescados fueron analizados a través de ANOVA utilizando la prueba estadística de Tukey con una confianza de 95 % ( $p < 0,05$ ). El programa estadístico utilizado fue SPSS 25.

### 3.9 Aspectos éticos

En este caso no aplica

## CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Resultados

#### Análisis descriptivo

**Tabla 1.** Análisis de mercurio en muestras de “jurel”

<b>Muestras</b>	<b>Concentración de Hg(<math>\mu\text{g}/\text{Kg}</math>)</b>
JM1	17,71
JM2	18,25
JM3	19,31
JM4	16,36
JM5	16,93
JM6	19,66
JM7	17,36
JM8	13,56
JM9	14,36
JM10	13,72
<b>Promedio</b>	<b><math>16,722 \pm 2,206</math></b>

#### LEYENDA

**J:** Jurel

**M:** Mercurio

La Tabla 1 muestra el análisis de mercurio en diez muestras de “jurel” mediante espectrofotometría de absorción atómica, las cuales presentaron valores entre 13,56 y 19,66  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  de pescado. El promedio de mercurio en “jurel” es de  $16,722 \pm 2,206 \mu\text{g}/\text{Kg}$  de pescado

**Tabla 2.** Análisis de mercurio en muestras de “bonito”

<b>Muestras</b>	<b>Concentración de Hg(<math>\mu\text{g}/\text{Kg}</math>)</b>
BM1	15,22
BM2	13,75
BM3	14,52
BM4	13,50
BM5	13,94
BM6	14,36
BM7	20,68
BM8	15,85
BM9	17,83
BM10	14,75
<b>Promedio</b>	<b>15,44 <math>\pm</math> 2,229</b>

**LEYENDA****B: Bonito****M: Mercurio**

La Tabla 2 muestra el análisis de mercurio en diez muestras de “bonito” mediante espectrofotometría de absorción atómica, las cuales presentaron valores entre 13,50 y 20,68  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  de pescado. El promedio de mercurio en “jurel” es de  $15,440 \pm 2,229 \mu\text{g}/\text{Kg}$  de pescado.

**Tabla 3.** Análisis de varianza (ANOVA)

<b>Concentraciones de mercurio (<math>\text{mg}/\text{Kg}</math>)</b>	Suma de cuadrados	df	Cuadrados medios	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	8,218	1	8,218	1,670	0,213
<b>Dentro de grupos</b>	88,556	18	4,920		
<b>Total</b>	96,774	19			

La Tabla 3 nos indica que no hubo diferencia significativa entre los grupos ( $p > 0,05$ ); es decir, la concentración de mercurio en las muestras de “jurel” y “bonito” del terminal pesquero de Ventanilla, Lima 2024 son similares.

**Tabla 4.** Prueba de Tukey

(I) Pescados	(J) Pescados	Diferencia significativa (I-J)	Std. Error	Sig.
<b>Jurel</b>	Bonito	1,2820	0,96549	0,398
	LMR	-483,278	1,67228	0,000
<b>Bonito</b>	Jurel	-1,2820	0,96549	0,398
	LMR	-484,560	1,67228	0,000
<b>LMP</b>	Jurel	483,278	1,67228	0,000
	Bonito	484,560	1,67228	0,000

**LEYENDA****LMR:** Límites máximos de residuos**LMP:** Límites máximos de permisibles

La Tabla 4 nos indica que no hubo diferencia significativa entre las muestras de pescados “jurel” y “bonito” ( $p>0,05$ ) con respecto a la concentración de mercurio; sin embargo; si evidenciaron diferencia estadísticamente significativa en comparación al LMP establecido por el *Codex alimentarius*, el cual es 0,5 mg/Kg de mercurio en pescados, indicando que los valores de mercurio de “jurel” y “bonito” del terminal pesquero de Ventanilla, Lima 2024 se encuentran dentro del LMP del *Codex Alimentarius*.

**Tabla 5.** Análisis de arsénico en muestras de “jurel”

Muestras	Concentración de As( $\mu\text{g/Kg}$ )
JA1	59,00
JA2	48,29
JA3	49,22
JA4	50,97
JA5	61,96
JA6	23,74
JA7	97,42
JA8	56,50
JA9	81,73
JA10	49,54
<b>Promedio</b>	<b>57,837 <math>\pm</math> 20,005</b>

**LEYENDA****J:** Jurel**A:** Arsénico

La Tabla 5 muestra el análisis de mercurio en diez muestras de “jurel” mediante espectrofotometría de absorción atómica, las cuales presentaron valores entre 23,74 y 97,42  $\mu\text{g/Kg}$  de pescado. El promedio de arsénico en “jurel” es de  $57,837 \pm 20,005 \mu\text{g/Kg}$  de pescado.

**Tabla 6.** Análisis de arsénico en muestras de “bonito”

<b>Muestras</b>	<b>Concentración de As(<math>\mu\text{g/Kg}</math>)</b>
BA1	49,81
BA2	53,86
BA3	71,72
BA4	61,10
BA5	67,86
BA6	92,43
BA7	63,98
BA8	34,12
BA9	52,65
BA10	50,55
<b>Promedio</b>	<b><math>59,808 \pm 15,713</math></b>

**LEYENDA**

**B: Bonito**

**A: Arsénico**

La Tabla 6 muestra el análisis de mercurio en diez muestras de “bonito” mediante espectrofotometría de absorción atómica, las cuales presentaron valores entre 34,12 y 92,43  $\mu\text{g/Kg}$  de pescado. El promedio de arsénico en “bonito” es de  $59,808 \pm 15,713 \mu\text{g/Kg}$  de pescado.

**Tabla 7.** Análisis de varianza (ANOVA)

<b>Concentraciones de arsénico (mg/Kg)</b>	Suma de cuadrados	df	Cuadrados medios	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	19,424	1	19,424	0,060	0,809
<b>Dentro de grupos</b>	5823,988	18	323,555		
<b>Total</b>	5843,412	19			

La Tabla 7 del ANOVA nos indica que no hubo diferencia significativa entre los grupos ( $p > 0,05$ ); es decir, la concentración de arsénico en las muestras de “jurel” y “bonito” son similares.

**Tabla 8.** Prueba de Tukey

(I) Pescados	(J) Pescados	Diferencia significativa (I-J)	Std. Error	Sig.
<b>Jurel</b>	Bonito	-1,97100	7,82976	0,966
	LMR	-442,1630	13,56154	0,000
<b>Bonito</b>	Jurel	1,97100	7,82976	0,966
	LMR	-440,1920	13,56154	0,000
<b>LMP</b>	Jurel	442,1630	13,56154	0,000
	Bonito	440,1920	13,56154	0,000

**LEYENDA**

LMR: Límites máximos de residuos

LMP: Límites máximos de permisibles

La Tabla 8 nos indica que no hubo diferencia significativa entre las muestras de pescados “jurel” y “bonito” ( $p > 0,05$ ) con respecto a la concentración de arsénico; sin embargo; si evidenciaron diferencia estadísticamente significativa en comparación al LMP establecido por el *Codex alimentarius*, el cual es 0,5 mg/Kg de arsénico en pescados, indicando que los valores de mercurio de “jurel” y “bonito” del terminal pesquero de Ventanilla, Lima 2024 se encuentran dentro del LMP del *Codex Alimentarius*.

**4.2 Discusión**

El *Códex Alimentarius* ha fijado límites de concentración de los metales pesados arsénico y mercurio que deben ser respetados para garantizar la seguridad del consumo humano, particularmente en productos marinos como el jurel (*Trachurus murphyi*) y el bonito (*Sarda chiliensis*), que son especies de gran importancia comercial, especialmente en mercados internacionales(39). Por ello, se determinó evaluar la concentración de Hg y As en las especies mencionadas y verificar si cumplen con la norma establecida.

Como objetivo general se estableció determinar la permisibilidad de arsénico (As) y mercurio (Hg) en “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024, donde se encontraron que los valores de As y Hg de los pescados estudiados fueron significativamente menores de 0,5 mg/Kg, valor establecido por el *Códex Alimentarius*. Esto coincide con Barraza(21), quien cuantificó metales pesados como arsénico, cadmio, mercurio y plomo en tejido muscular de merluza austral (*Merluccius australis*) y pescadilla (*Cynoscion striatus*) comercializadas en el puerto de Mar del Plata, cuyos valores de As y Hg fueron menores a 0,5 mg/Kg. Esto quiere decir que las variedades de pescados estudiadas cumplen con la norma establecida resultando ser inocuos para su consumo. Sin embargo, el constante monitoreo de As y Hg son necesarios debido a que son contaminantes ambientales que por sus características químicas y su capacidad de bioacumulación, pueden concentrarse en los tejidos de los peces y mariscos. La contaminación por estos metales proviene, en su mayoría, de fuentes industriales, como la minería y la quema de combustibles fósiles, y puede llegar a los océanos a través de la atmósfera o por vertidos directos al agua(40). Con respecto al primer objetivo específico de estimar los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de arsénico (As) en “jurel” (*Trachurus murphyi*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, se encontró en promedio el valor de As de  $57,837 \pm 20,005$   $\mu\text{g/Kg}$ . Esto coincide con Masco et al.,(41) quienes encontraron que las concentraciones de As en el músculo del jurel ( $< 5 \mu\text{g/Kg}$ ) es inferior al nivel de concentración permisible. No obstante, se sugiere que el As se absorbe en mayor proporción en las agallas y vísceras del pescado(41). Además, debemos considerar que el As se presentan en dos formas, donde el inorgánico es altamente tóxico y se encuentra en concentraciones peligrosas en algunas especies, mientras que el arsénico orgánico, en su forma metilada, es menos tóxico pero aún puede representar un riesgo para la salud humana si se consume en grandes cantidades (42).

En relación con el segundo objetivo específico de estimar los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de mercurio (Hg) en “jurel” (*Trachurus murphyi*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, se encontró un valor promedio de Hg de  $16,722 \pm 2,206$   $\mu\text{g}/\text{Kg}$ . Esto coincide con Masco et al.,(41) quienes demostraron que en músculo del jurel el nivel de concentración fue de  $18 \mu\text{g}/\text{Kg}$ , inferior al nivel de concentración permisible. Asimismo, Huaratongo & Santamaria (43) evaluaron Hg en muestras de jurel de un mercado de San Juan de Lurigancho donde encontraron en promedio  $54 \mu\text{g}/\text{Kg}$ . Esto se fundamenta porque los peces de tamaño reducido (no predadores) poseen una cantidad menor de Hg que los peces de gran tamaño que se alimentan de los chicos (predadores), viviendo más tiempo(44).

Con respecto al tercer objetivo de estimar los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de arsénico (As) en “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, se encontró un valor promedio de As de  $59,808 \pm 15,713 \mu\text{g}/\text{Kg}$ . No obstante, el estudio de Yaulimango & Tarazona(45) reportaron un promedio de As de  $0,696 \pm 0,273 \text{ mg}/\text{kg}$  en la ciudad de Huacho, esta variación puede deberse al aumento del nivel trófico como con el aumento del peso corporal del pescado; y por actividades antropogénicas del entorno(45).

En relación con el cuarto objetivo de estimar los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius* de mercurio (Hg) en “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla se encontró un valor promedio de Hg de  $15,44 \pm 2,229 \mu\text{g}/\text{Kg}$ . Esto difiere de Ninaja & Ortiz (19), quienes evaluaron Hg en pescado jurel vendidos en mercados de Tacna donde la concentración promedio fue de  $1,264 \pm 0,115 \text{ mg}/\text{Kg}$ , superando los valores máximos permisibles por el *Códex Alimentarius*. Es necesario prevenir la ingesta elevada de Hg inorgánico, debido a que causa enfermedades crónicas y congénitas en mujeres embarazadas, daña el cerebro y el sistema nervioso de las personas expuestas a lo largo del

tiempo(46,47); por ello, es recomendable la ingesta de máximo 340 g de los pescados de baja concentración de Hg semanal(48).

Asimismo, Blanco et al., (49) reportó un promedio de Hg total de 0,46 mg/kg en atún-bonito frescos procedentes del mar mediterráneo argumentando que estos valores son cambiantes de acuerdo a las emisiones antropogénicas. Aunque los límites establecidos por el *Códex Alimentarius* son considerados adecuados para proteger la salud pública, los riesgos asociados al consumo de estos contaminantes deben ser continuamente evaluados, especialmente en áreas donde los niveles de Hg y As puedan ser más altos debido a la contaminación local. Las poblaciones más vulnerables, como niños, mujeres embarazadas y personas con sistemas inmunológicos comprometidos, deben ser objeto de especial atención, dado que los efectos tóxicos de estos metales pueden tener consecuencias a largo plazo en el desarrollo cognitivo y la salud general(50).

Por otro lado, las implicancias teóricas mencionan que las concentraciones Hg y As no solo afectan el ámbito de la seguridad alimentaria, sino que también contribuyen a la comprensión de la dinámica de los contaminantes en los ecosistemas marinos, la relación entre la contaminación ambiental y la salud pública, y las políticas internacionales de comercio y regulaciones sanitarias(51).

Con respecto a las implicancias prácticas el cumplimiento de los estándares del *Códex Alimentarius* también tiene repercusiones significativas. Si bien los límites de arsénico y mercurio pueden parecer restrictivos para algunos productores pesqueros, son fundamentales para garantizar la competitividad internacional de estos productos, ya que los mercados globales están cada vez más atentos a los riesgos asociados con los contaminantes en los alimentos. De esta forma, los países exportadores deben invertir en la mejora de sus sistemas de monitoreo y control para asegurar que sus productos pesqueros mantengan la calidad y la seguridad requeridas.

Como parte de las limitaciones del estudio, los datos no son extrapolables a otras poblaciones debido a que el estudio se realizó en un solo período temporal, en ese sentido los niveles de As y Hg en los peces pueden fluctuar con el tiempo debido a factores estacionales, cambios en la contaminación ambiental y variaciones en las prácticas de pesca.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- En el presente estudio, se determinó que los niveles de arsénico (As) y mercurio (Hg) en las dos especies marinas “jurel” (*Trachurus murphyi*) y bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, se encuentra dentro de los límites establecidos por el Codex Alimentarius para estos metales pesados. Las especies marinas analizadas cumplen con los estándares internacionales de seguridad alimentaria y no representa un riesgo significativo para la salud pública.
- Las concentraciones de As en “jurel” (*Trachurus murphyi*) y bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla son similares, no encontrándose diferencias significativas. Asimismo, el Hg en “jurel” (*Trachurus murphyi*) y bonito” (*Sarda chiliensis*) no evidenciaron diferencias significativas en su concentración, donde ambos metales cumplieron con los límites máximos permisibles del *Códex Alimentarius* en pescados frescos.
- La concentración de As en “jurel” (*Trachurus murphyi*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla fue  $57,837 \pm 20,005 \mu\text{g/Kg}$ , valor estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) que se encuentra dentro de los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius*.
- La concentración de Hg en “jurel” (*Trachurus murphyi*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla fue  $16,722 \pm 2,206 \mu\text{g/Kg}$ , valor estadísticamente significativo

( $p < 0,05$ ) que se encuentra dentro de los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius*.

- La concentración de As en “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla fue  $59,808 \pm 15,713 \mu\text{g}/\text{Kg}$ , valor estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) que se encuentra dentro de los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius*.
- La concentración de Hg en “bonito” (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla fue  $15,44 \pm 2,229 \mu\text{g}/\text{Kg}$ , valor estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) que se encuentra dentro de los límites máximos permisibles según el *Códex Alimentarius*.

## 5.2 Recomendaciones

- Es importante realizar un programa de monitoreo continuo de la concentración de As y Hg en pescados frescos a lo largo del tiempo para observar las fluctuaciones estacionales y las tendencias a largo plazo de la acumulación de metales pesados en las poblaciones de peces.
- Si bien los valores encontrados están dentro del rango permitido por el Codex Alimentarius, se sugiere desarrollar normas locales más estrictas, en línea con las mejores prácticas internacionales, para mantener la calidad de los productos pesqueros y proteger la salud pública
- Se debería evaluar los efectos combinados de los metales pesados Hg y As con otros contaminantes presentes en los productos pesqueros para proporcionar una visión más precisa de los riesgos para la salud humana, particularmente cuando los contaminantes interactúan de maneras complejas.

- La educación y la capacitación a los pescadores y vendedores del terminal pesquero es crucial para tener una buena práctica de manipulación y almacenamiento de pescado, de esta manera se podría evitar una posible contaminación.
- Es necesario la comunicación de los resultados de los análisis a los consumidores ya que generaría confianza en la comercialización de los pescados.
- A pesar de los resultados favorables se debe prestar a la identificación de fuentes potenciales de contaminación, la cercanía a zonas industriales o agrícolas podría estar influyendo a la presencia de metales pesados en el ecosistema marino.

## REFERENCIAS

1. Urgilez MDR. Seguridad alimentaria: Riesgo asociados Metales Pesados sobre la salud humana. *Journal of American Health* [Internet]. 31 de julio de 2024 [citado 20 de marzo de 2025];7(2). Disponible en: <https://www.jah-journal.com/index.php/jah/article/view/204>
2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Norma general del codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos [Internet]. 1995. Disponible en: [https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/livestockgov/documents/CXS\\_193s.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf)
3. Organización Mundial de la Salud, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Codex Alimentarius* [Internet]. 2019 [citado 17 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/es/>
4. dos Santos JV, Varón-López M, Fonsêca Sousa Soares CR, Lopes Leal P, Oswaldo Siqueira J, de Souza Moreira FM. Biological attributes of rehabilitated soils contaminated with heavy metals. *Environmental science and pollution research international*. 2016;23(7):6735-48.
5. Zhang Q, Yu R, Fu S, Wu Z, Chen HYH, Liu H. Spatial heterogeneity of heavy metal contamination in soils and plants in Hefei, China. *Sci Rep*. 31 de enero de 2019;9(1):1049.
6. Londoño-Franco LF, Londoño-Muñoz PT, Muñoz-García FG. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2016;14(2):145-53.
7. Pérez-Sirvent C, Hernández-Pérez C, Martínez-Sánchez MJ, García-Lorenzo ML, Bech J. Metal uptake by wetland plants: implications for phytoremediation and restoration. *Journal of Soils and Sediments*. 2017;17:1384-93.

8. Doležalová Weissmannová H, Mihočová S, Chovanec P, Pavlovský J. Potential Ecological Risk and Human Health Risk Assessment of Heavy Metal Pollution in Industrial Affected Soils by Coal Mining and Metallurgy in Ostrava, Czech Republic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16(22):4495.
9. Soto-Benavente M, Rodríguez-Achata L, Olivera M, Arostegui V, Colina C, Garate J. Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. *Scientia Agropecuaria*. 1 de abril de 2020;11(1):49-59.
10. Sufiani Baharom Z, Yusoff Ishak M. Determination of Heavy Metal Accumulation in Fish Species in Galas River, Kelantan and Beranang Mining Pool, Selangor. *Procedia Environmental Sciences*. 2015;30:320-5.
11. Covarrubias SA, Cabriales JJP. Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y Estrategias de Fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 5 de abril de 2017;33:7-21.
12. Nifla A. Evaluación del contenido de mercurio en pescados comerciales expendidos en el Mercado de Ventanilla, Lima-Perú [Internet] [Maestría]. [Tacna]: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2017. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3455>
13. Ramírez Arizpe A, Ramos Peña EG, Rodríguez Fuentes H. Determinación de mercurio en pescado fresco que se comercializa en el área Metropolitana de Monterrey. *RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición*. 10 de abril de 2017;16(1):33-8.
14. Panduro J, Bartolome. Bioacumulación de cadmio y plomo en la especie *Hypostomus oculus* (carachama) del río Huallaga, Tingo María [Pregrado]. [Tingo Maria]: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2019.
15. Ministerio de Producción. Produce: Consumo per cápita de productos hidrobiológicos creció en 39% en el país [Internet]. 2022 [citado 15 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/acomerpescado/noticias/643279-produce-consumo-per-capita-de-productos-hidrobiologicos-crecio-en-39-en-el-pais>
16. Aljovin C. Consumo de pescado [Internet]. Come rico, come sano, come pescado. 2022 [citado 15 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://snp.org.pe/consumo-de-pescado/>
17. Espinoza Ortiz D, Falero Alama S. Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para salud humana por su consumo. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas* [Internet]. 2015;18(36). Disponible en: <https://doi.org/10.15381/iigeo.v18i36.12016>
18. Rodríguez Vilchez 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 [Internet] [Pregrado]. [Callao]: Universidad Nacio Rodríguez Vilchez 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 [Internet] [Pregrado]. [Callao]: Universidad Nacional del Callao; 2022 [citado 10 de abril de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6502>

- Rodriguez Vilchez 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 [Internet] [Pregrado]. [Callao]: Universidad Nacional del Callao; 2022 [citado 10 de abril de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6502>
- nal del Callao; 2022 [citado 10 de abril de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6502>
19. Ninaja Sarmiento PN, Ortiz Faucheux R. Niveles de mercurio en los pescados de mayor consumo en los mercados de Tacna exceden límites permitidos por entidades regulatorias. *Revista Médica Basadrina* [Internet]. 2020;14(1). Disponible en: <https://doi.org/10.33326/26176068.2020.1.922>
  20. Rivas Altez W. Determinación de arsénico, mercurio y plomo en truchas (*Oncorhynchus mykiss*), piensos y agua de piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, región Lima [Internet] [Maestría]. [Lima]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10095>
  21. Barraza MHE. Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea [Internet] [Tesina]. [Tandil]: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires; 2018 [citado 20 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://ridaa.unicen.edu.ar/items/057f5258-3cb5-457f-a52f-bc8cdce82212>
  22. Sánchez Junco N. Cuantificación de los niveles de arsénico y mercurio en sushi de restaurantes y grandes superficies de la Comunidad Autónoma de Madrid [Internet] [Doctorado]. Cuantificación de los niveles de arsénico y mercurio en sushi de restaurantes y grandes superficies de la Comunidad Autónoma de Madrid. [Madrid]: Universidad de Alcalá; 2022 [citado 20 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://investigacion.uax.es/documentos/637c22ded3fa435f72f97781>
  23. Yadav M, Gupta R, Sharma RK. Green and Sustainable Pathways for Wastewater Purification. En: *Advances in Water Purification Techniques* [Internet]. 2019 [citado 20 de marzo de 2025]. p. 355-83. Disponible en: <https://colab.ws/articles/10.1016%2FB978-0-12-814790-0.00014-4>
  24. Kuivenhoven M, Mason K. Arsenic Toxicity. En: *StatPearls* [Internet] [Internet]. StatPearls Publishing; 2023 [citado 15 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541125/>
  25. Long N. Arsenic toxicity [Internet]. *Life in the Fast Lane • LITFL*. 2019 [citado 20 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://litfl.com/arsenic-toxicity/>
  26. Khairul I, Wang QQ, Han Jiang Y, Wang C, Naranmandura H. Metabolism, toxicity and anticancer activities of arsenic compounds. *Oncotarget*. 2017;8(14):23905-26.
  27. Rana MN, Tangpong J, Rahman MM. Toxicodynamics of Lead, Cadmium, Mercury and Arsenic- induced kidney toxicity and treatment strategy: A mini review. *Toxicol Rep*. 2018;5:704-13.
  28. Kumari B, Kumar V, Sinha AK, Ahsan J, Ghosh AK, Wang H, et al. Toxicology of arsenic in fish and aquatic systems. *Environmental Chemistry Letters*. 2017;15:43-64.

29. Malik A, Khalid F, Hidait N, Mehmood Anjum K, Mahad S, Razaq A, et al. Arsenic Toxicity in Fish: Sources and Impacts. En: Arsenic in the Environment - Sources, Impacts and Remedies [Internet]. IntechOpen; 2023 [citado 20 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/1135734>
30. Singh Patel K, Kant Pandey P, Martín-Ramos P, Corns WT, Varol S, Bhattacharya P, et al. A review on arsenic in the environment: contamination, mobility, sources, and exposure. RSC Advances. 2023;(13):8803-21.
31. Khosravi-Darani K, Rehman Y, Katsoyiannis IA, Kokkinos E, Zouboulis AI. Arsenic Exposure via Contaminated Water and Food Sources. Water. 14(12):1884.
32. Gad SC. Methylmercury. En: Wexler P, editor. Encyclopedia of Toxicology [Internet]. 3.<sup>a</sup> ed. Academic Press; 2014 [citado 20 de marzo de 2025]. p. 318-20. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/methylmercury>
33. Gupta RC, Milatovic D, Lall R, Srivastava A. Chapter 31 - Mercury. En: Gupta RC, editor. Veterinary Toxicology (Third Edition) [Internet]. 3.<sup>a</sup> ed. Academic Press; 2018 [citado 20 de marzo de 2025]. p. 455-62. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128114100000313>
34. Ramos E, Bandín R. Jurel [Internet]. Mar del Perú. 2023 [citado 20 de marzo de 2024]. Disponible en: [https://mardelperu.pe/articulos\\_wikipesca/principales-pesquerias-marinas-en-el-peru/jurel/](https://mardelperu.pe/articulos_wikipesca/principales-pesquerias-marinas-en-el-peru/jurel/)
35. Bandín R, Scheske C, Castagnino F, Guidino C. Bonito – Mar del Perú [Internet]. 2023 [citado 20 de marzo de 2024]. Disponible en: [https://mardelperu.pe/articulos\\_wikipesca/principales-pesquerias-marinas-en-el-peru/bonito/](https://mardelperu.pe/articulos_wikipesca/principales-pesquerias-marinas-en-el-peru/bonito/)
36. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación [Internet]. 6.<sup>a</sup> ed. España: McGraw Hill España; 2014 [citado 20 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
37. Razmilic B, Merck Química Chilena Soc. Ltda. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018 [citado 20 de marzo de 2025]. Espectrometría de absorción atómica. Disponible en: <https://www.fao.org/4/ab482s/ab482s04.htm>
38. Yáñez-Jácome GS, Romero-Estévez D, Navarrete H, Simbaña-Farinango K, Vélez-Terreros PY. Optimization of a Digestion Method to Determine Total Mercury in Fish Tissue by Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrophotometry. Methods and Protocols. 2020;3(2):45.
39. Organización Mundial de la Salud, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Codex Alimentarius FAO-WHO. 2023 [citado 20 de marzo de 2025]. Contaminants. Disponible en: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/thematic-areas/contaminants/en/>
40. Ray S, Vashishth R. From water to plate: Reviewing the bioaccumulation of heavy metals in fish and unraveling human health risks in the food chain. Emerging Contaminants. 1 de diciembre de 2024;10(4):100358.

41. Masco Arriola M, Callo Choquevilca Y, Loaiza Becerra A, Cantero Loaiza AN, Surco Fuentes J. Evaluación de la concentración de metales pesados (Pb, Hg, Cd) y As en pescados expendidos en los mercados de la ciudad del Cusco, Perú. *Revista Q'EUÑA*. 2021;12(2):29-34.
42. Byeon E, Kang HM, Yoon C, Lee JS. Toxicity mechanisms of arsenic compounds in aquatic organisms. *Aquatic Toxicology*. 1 de agosto de 2021;237:105901.
43. Huatarongo Gomez 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 [Internet] [Pregrado]. Universidad María Auxiliadora; 2022. Disponible en: <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/1367>
44. Codex Alimentarius FAO-WHO. Programa conjunto de la FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del codex sobre aditivos y contaminantes de alimentos [Internet]. 2005 [citado 10 de enero de 2024]. Disponible en: [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FShared%2BDocuments%252FArchive%252FMeetings%252FCCFAC%252Fcfac37%252FFA37\\_35s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FShared%2BDocuments%252FArchive%252FMeetings%252FCCFAC%252Fcfac37%252FFA37_35s.pdf)
45. Yaulimango Cuyubamba R del R, Tarazona Sandoval SS. Niveles de metales pesados en *Sarda chiliensis chiliensis* (bonito) como factor de riesgo para la salud del consumidor, Huacho - 2017 [Internet] [Pregrado]. [Huacho]: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión; 2018 [citado 20 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/2178>
46. Organization of Teratology Information Specialists. Methylmercury in Fish. En: *Mother To Baby | Fact Sheets* [Internet]. Brentwood (TN): Organization of Teratology Information Specialists (OTIS); 2024 [citado 20 de marzo de 2025]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK582836/>
47. Wu YS, 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*. 6 de febrero de 2024;9(5):5100-26.
48. Raimann X, Rodríguez O L, Chávez P, Torrejón C. Mercurio en pescados y su importancia en la salud. *Revista médica de Chile*. septiembre de 2014;142(9):1174-80.
49. Blanco C, Ballester F, Báguena R, Marín S, Llop S, López-González U, et al. Niveles de mercurio en pescado en la Comunitat Valenciana: evolución temporal (2011-2017) y factores asociados. *Revista Española de Salud Pública* [Internet]. 2023 [citado 20 de marzo de 2025];97. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1135-57272023000100125&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1135-57272023000100125&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
50. Althomali RH, Abbood MA, Saleh EAM, Djuraeva L, Abdullaeva BS, Habash RT, et al. Exposure to heavy metals and neurocognitive function in adults: a systematic review. *Environmental Sciences Europe*. 22 de enero de 2024;36(1):18.

51. Chałabis-Mazurek A, Rechulicz J, Pyz-Łukasik R. A Food-Safety Risk Assessment of Mercury, Lead and Cadmium in Fish Recreationally Caught from Three Lakes in Poland. *Animals*. 2021;11(12):3507.

## 6. ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

**Título: DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO Y MERCURIO EN “jurel” (*Trachurus murphyi*) Y “bonito” (*Sarda chiliensis*)  
COMERCIALIZADOS EN EL TERMINAL PESQUERO DE VENTANILLA EN SETIEMBRE DEL 2023.**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cuáles son los límites máximos permisibles según el <i>Codex Alimentarius</i> de arsénico (As) y mercurio en “jurel” (<i>Trachurus murphyi</i>) y “bonito” (<i>Sarda chiliensis</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>-¿Cuáles son los límites máximos permisibles de arsénico (As) y mercurio (Hg) según el <i>Codex alimentarius</i>? -Cuáles son los límites</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Determinar la permisibilidad de arsénico (As) y mercurio (Hg) en “jurel” (<i>Trachurus murphyi</i>) y “bonito” (<i>Sarda chiliensis</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>- Estimar los límites máximos de permisibilidad de arsénico (As) en “jurel” (<i>Trachurus murphyi</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>Las dos especies marinas “jurel” (<i>Trachurus murphyi</i>) y “bonito” (<i>Sarda chiliensis</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024 presentan concentraciones de mercurio y arsénico dentro del límite máximo permisible según el <i>Codex Alimentarius</i>.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>-Existe límites máximos permisibles de arsénico (As) y mercurio (Hg) según el <i>Codex alimentarius</i>. -Existe límites máximos permisibles de arsénico (As) en “jurel” (<i>Trachurus murphyi</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima. -Existe límites máximos permisibles de mercurio (Hg) en</p>	<p><b>Variable 1</b></p> <p>Valores Permisibles según el <i>Codex alimentarios</i></p> <p><b>Variable 2</b></p> <p>Concentración de mercurio y arsénico en jurel y bonito</p>	<p>- Límites máximos permisibles del elemento arsénico es de 0,5 mg/kg y del mercurio: es de 0,5 mg/kg.</p>	<p><b>Tipo y nivel de investigación</b></p> <p>Transversal y descriptivo, cuantitativo</p> <p><b>Población</b></p> <p>“jurel” (<i>Trachurus murphyi</i>) y “bonito” (<i>Sarda chiliensis</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla Lima-2024</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>20 muestras recolectadas de puestos pertenecientes en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024</p>

<p>máximos permisibles según el <i>Códex Alimentarius</i> de arsénico (As) en “jurel” (<i>Trachurus murphyi</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla?</p> <p>-Cuáles son los límites máximos permisibles según el <i>Códex Alimentarius</i> de mercurio (Hg) en “jurel” (<i>Trachurus murphyi</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla?</p> <p>-Cuáles son los límites máximos permisibles según el <i>Códex Alimentarius</i> de arsénico (As) en “bonito” (<i>Sarda chiliensis</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla?</p> <p>-¿Cuáles son los límites máximos permisibles según el <i>Códex Alimentarius</i> de mercurio (Hg) en “bonito” (<i>Sarda chiliensis</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla?</p>	<p>- Estimar los límites máximos de permisibilidad de mercurio (Hg) en “jurel” (<i>Trachurus murphyi</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024.</p> <p>- Estimar los límites máximos de permisibilidad de arsénico (As) en “bonito” (<i>Sarda chiliensis</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024.</p> <p>- Estimar los límites máximos de permisibilidad de mercurio (Hg) en “bonito” (<i>Sarda chiliensis</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima-2024.</p>	<p>“jurel” (<i>Trachurus murphyi</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima.</p> <p>-Existe límites máximos permisibles de arsénico (As) en “bonito” (<i>Sarda chiliensis</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima.</p> <p>Existe límites máximos permisibles de mercurio (Hg) en “bonito” (<i>Sarda chiliensis</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima.</p>			
--	---	---	--	--	--

## Anexo 2: Aprobación del Comité de ética



### COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA E INTEGRIDAD CIENTÍFICA

#### CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Lima, 07 de Diciembre de 2024

Investigador(a)  
**BRITT ALVARADO CHAVEZ**  
Exp. N°: 1157-2024

---

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 APROBÓ** los siguientes documentos:

- Protocolo titulado: **“Principio de permeabilidad del códex alimentarius de arsénico y mercurio en jurel (*Trachurus murphyi*) y bonito (*Sarda chiliensis*) comercializados en el terminal pesquero de Ventanilla, Lima 2024” Versión 01 con fecha 25/11/2024.**

El cual tiene como investigador principal al Sr(a) Britt Alvarado Chavez.

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

**Presidente**

Comité Institucional de Ética e Integridad Científica  
UPNW



### Anexo 3: Reporte de análisis de Mercurio en Jurel y Bonito



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
Universidad del Perú. Decana de América  
Facultad de Farmacia y Bioquímica  
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



## REPORTE DE ANÁLISIS N° 00009-CCA-2025

SOLICITADO POR\* : **BRYAN JORDI RODRIGUEZ GUIZADO**  
DIRECCIÓN\* : MZ. 13 A LT 42 SAN JUAN DE AMANCAES  
MUESTRA\* : **PESCADO**

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO RECEPCIONADO : 40 tapers pequeños de plástico tapados sin rotular.  
VARIEDAD RECEPCIONADA\* : -  
PRINCIPIO ACTIVO\* : **Mercurio** N° CAS\*: -  
NÚMERO DE LOTE\* : -  
CANTIDAD : 20 muestras  
ORDEN DE ANÁLISIS : 0321-2024  
FECHA DE RECEPCIÓN : 13 de diciembre del 2024  
FECHA DE FABRICACIÓN\* : -  
FECHA DE VENCIMIENTO\* : -  
EJECUCIÓN DEL ENSAYO : Del 09 de diciembre del 2024 al 10 de febrero del 2025  
FECHA DE EMISIÓN : 12 de febrero del 2025

MUESTRA	CONCENTRACIÓN (ug/kg)
JM1	17.71
JM2	18.25
JM3	19.31
JM4	16.36
JM5	16.93
JM6	19.66
JM7	17.36
JM8	13.56
JM9	14.36
JM10	13.72

MUESTRA	CONCENTRACIÓN (ug/kg)
BM1	15.22
BM2	13.75
BM3	14.52
BM4	13.50
BM5	13.94
BM6	14.36
BM7	20.68
BM8	15.85
BM9	17.83
BM10	14.75

  
**Q.F. Paul Iván Gutiérrez Elescano**  
Director del Centro de Control Analítico



\*Datos proporcionados por el cliente  
Los resultados son válidos solo para la muestra ensayada.

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

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú Teléfonos: 3284739 - 982949135 – Lima 1  
E-mail: [cca.farmacia@unmsm.edu.pe](mailto:cca.farmacia@unmsm.edu.pe) <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

## Anexo 4: Reporte de análisis de Arsénico en Jurel y Boni



Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Universidad del Perú. Decana de América  
Facultad de Farmacia y Bioquímica  
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA




### REPORTE DE ANÁLISIS N° 00012-CCA-2025

SOLICITADO POR\* : BRYAN JORDI RODRIGUEZ GUIZADO  
DIRECCIÓN\* : MZ. 13 A LT 42 SAN JUAN DE AMANCAES  
MUESTRA\* : PESCADO  
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO RECEPTACIONADO : 40 tapers pequeños de plástico tapados sin rotular.  
VARIEDAD RECEPTACIONADA\* : -  
PRINCIPIO ACTIVO\* : Arsénico N° CAS\*: -  
NÚMERO DE LOTE\* : -  
CANTIDAD : 20 muestras  
ORDEN DE ANÁLISIS : 0321-2024  
FECHA DE RECEPCIÓN : 13 de diciembre del 2024  
FECHA DE FABRICACIÓN\* : -  
FECHA DE VENCIMIENTO\* : -  
EJECUCIÓN DEL ENSAYO : Del 09 de diciembre del 2024 al 18 de febrero del 2025  
FECHA DE EMISIÓN : 24 de febrero del 2025

MUESTRA	CONCENTRACIÓN (ug/kg)
JA1	59.00
JA2	48.29
JA3	49.22
JA4	50.97
JA5	61.96
JA6	23.74
JA7	97.42
JA8	56.50
JA9	81.73
JA10	49.54

MUESTRA	CONCENTRACIÓN (ug/kg)
BA1	49.81
BA2	53.86
BA3	71.72
BA4	61.10
BA5	67.86
BA6	92.43
BA7	63.98
BA8	34.12
BA9	52.65
BA10	50.55

  
Q.F. Paul Iván Gutiérrez Elescano  
Director del Centro de Control Analítico



\*Datos proporcionados por el cliente  
Los resultados son válidos solo para la muestra ensayada.

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

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú Teléfonos: 3284739 - 982949135 - Lima 1  
E-mail: [cca.farmacia@unmsm.edu.pe](mailto:cca.farmacia@unmsm.edu.pe) <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

## Anexo 5: Informe del asesor de Turnitin

### Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Proyecto de investigación 0204.docx**

AUTOR

**Paola Perez Palomino**

RECuento DE PALABRAS

**12022 Words**

RECuento DE CARACTERES

**69715 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**58 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.7MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 6, 2025 2:50 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 6, 2025 2:51 PM GMT-5**

#### ● 15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

#### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Resumen

## ● 15% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### FUENTES PRINCIPALES

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

1	<b>repositorio.uwiener.edu.pe</b> Internet	2%
2	<b>repositorio.unjbg.edu.pe</b> Internet	2%
3	<b>hdl.handle.net</b> Internet	1%
4	<b>uwiener on 2023-03-30</b> Submitted works	<1%
5	<b>scribd.com</b> Internet	<1%
6	<b>revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe</b> Internet	<1%
7	<b>uwiener on 2023-12-19</b> Submitted works	<1%
8	<b>Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD on 2022-11-28</b> Submitted works	<1%