



**Universidad  
Norbert Wiener**

**FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE FARMACIA Y  
BIOQUÍMICA**

**CONCENTRACIÓN DE MERCURIO Y ARSÉNICO EN  
*Aulacomya atra* “CHORO” COMERCIALIZADO EN LOS  
TERMINALES PESQUEROS DE ANCÓN,  
VENTANILLA, CHORRILLOS Y VILLA MARÍA DEL  
TRIUNFO EN ENERO DEL 2018**

Tesis para optar el Título profesional de Químico Farmacéutico

Presentado por:

**Br. Centurión Contreras Luz Aurora**

**Br. Centurión Contreras Marleni**

Asesor:

**MG. Lizano Gutiérrez Jesús Víctor**

Lima – Perú  
2019

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida y permitirme llegar a este momento crucial, por darme el vigor para seguir adelante y no dejarme avasallar por los problemas que se presentaban.

A mis padres por su apoyo, consejos, guía y comprensión en los momentos difíciles.

A mi esposo e hija por ser mis pilares y mi luz en mi vida, por su amor bendito, gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos.

Br. Centurión Contreras Luz Aurora

Dedico este trabajo de investigación principalmente a Dios por haberme dado la vida y hacer realidad este momento importante en mi formación profesional.

A mi esposo e hijos por demostrarme cariño y el apoyo incondicional a cada momento.

A mis padres por ser los pilares más importantes y demostrarme siempre su apoyo incondicional.

Br. Centurión Contreras Marleni

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

	Pag
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Situación problemática .....	<b>1</b>
1.2. Formulación del problema.....	<b>2</b>
1.3. Justificación.....	<b>2</b>
1.4. Objetivos.....	<b>3</b>
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Variables.....	<b>4</b>
1.6. Hipótesis .....	<b>4</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	<b>5</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales: .....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales: .....	8
2.2. Bases teóricas .....	<b>12</b>
2.2.2. Características morfológicas .....	12
2.2.3. Clasificación taxonómica (Molina, 1782).....	13
2.2.4. Distribución geográfica.....	13
2.2.5. Alimentación.....	14
2.2.6. Programa de control de Moluscos Bivalvos – PCMB .....	14
2.3. Metales pesados.....	<b>15</b>
2.3.1. Arsénico .....	16
2.3.2. Vías de exposición al Arsénico en el medioambiente.....	16
2.3.3. Efectos del arsénico en la salud humana.....	18
2.3.4. Mercurio.....	19

2.3.5.	Vías de exposición al Mercurio en el medioambiente .....	19
2.3.6.	Efectos del mercurio en la salud humana.....	20
2.3.7.	Contaminación de ambientes acuáticos por metales pesados .....	21
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
3.1.	Tipo y diseño .....	<b>23</b>
3.2.	Población y muestra .....	<b>23</b>
3.2.1.	Muestra.....	23
3.2.2.	Reactivos, materiales y equipos .....	23
3.3.	Criterios de inclusión y exclusión.....	24
3.3.1.	Criterios de inclusión.....	24
3.3.2.	Criterios de exclusión .....	24
3.4.	Metodología.....	25
3.5.	Instrumentos y procedimientos de recolección de datos .....	25
3.6.	Análisis de datos.....	2533
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>444</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>466</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>47</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>488</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuantificación de Mercurio por generador de Hidruros .....	26
Tabla 2. Parámetros de Calibración .....	277
Tabla 3. Parámetros de Medición de muestra .....	27
Tabla 4. Modo de calibración: LS Lineal A través de Cero, Error máx.: 0,1377, R2: 0,9999, R: 1, Concentración = 142,7132 *Absorbancia. ....	288
Tabla 5. Rangos de preparación de la solución patrón.....	30
Tabla 6. Parámetros del Espectrómetro de Absorción Atómica para la evaluación de arsénico. ....	311
Tabla 7. Parámetro de Calibración para Arsénico por Espectrometría de Absorción Atómica.....	31
Tabla 8. Parámetros Muestra/Control de flama para Arsénico por Espectrometría de Absorción Atómica .....	322
Tabla 9. Calibración completa para Arsénico por Espectrometría de Absorción Atómica.....	32
Tabla 10. Concentración media (ppm), desviación estándar y rango de mercurio en <i>Aulacomya atra</i> procedentes de 4 terminales pesqueros de Lima. ....	344
Tabla 11. Concentración media (ppm), desviación estándar y rango de arsénico en <i>Aulacomya atra</i> procedentes de 4 terminales pesqueros de Lima. ....	366
Tabla 12. Comparación de los niveles medianos de Mercurio según terminal de procedencia (Ancón – Chorrillos).....	377
Tabla 13. Comparación de los niveles medianos de Mercurio según terminal de procedencia (Ancón – Ventanilla). ....	377
Tabla 14. Comparación de los niveles medianos de Mercurio según terminal de procedencia (Ancón – Villa María del Triunfo). ....	388
Tabla 15. Comparación de los niveles medianos de Mercurio según terminal de procedencia (Ventanilla vs Villa María del Triunfo).....	388
Tabla 16. Comparación de los niveles medianos de Mercurio según terminal de procedencia (Ventanilla vs Chorrillos) .....	399

Tabla 17. Comparación de los niveles medianos de Mercurio según terminal de procedencia (Ventanilla vs Chorrillos).....	399
Tabla 18. Comparación de los niveles medianos de Arsénico según terminal de procedencia (Ancón – Chorrillos).....	40
Tabla 19. Comparación de los niveles medianos de Arsénico según terminal de procedencia (Ancón – Ventanilla).....	40
Tabla 20. Comparación de los niveles medianos de Arsénico según terminal de procedencia (Ancón – Villa María del Triunfo).....	411
Tabla 21. Comparación de los niveles medianos de Arsénico según terminal de procedencia (Ventanilla vs Villa María del Triunfo).....	411
Tabla 22. Comparación de los niveles medianos de Arsénico según terminal de procedencia (Ventanilla vs Chorrillos).....	422
Tabla 23. Comparación de los niveles medianos de Arsénico según terminal de procedencia (Villa María del Triunfo vs Chorrillos).....	422

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Aulacomya atra</i> , ejemplar de 43 mm de largo.....	13
Figura 2. Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de mercurio.....	28
Figura 3. Elaboración de la curva patrón de arsénico.....	29
Figura 4. Curva de calibración de Arsénico.....	30
Figura 5. Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de arsénico.....	333
Figura 6. Concentración de mercurio en muestras de la especie <i>Aulacomya atra</i> ...	355
Figura 7. Concentración de arsénico en muestras de la especie <i>Aulacomya atra</i> ....	366
Figura 8. Concentración de arsénico y mercurio en muestras de la especie <i>Aulacomya atra</i> .....	433

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia .....	55
Anexo 2. Operacionalización de variables.....	56
Anexo 3. Taxonomía de <i>Aulacomya atra</i> “choro” .....	57
Anexo 4. Toma de muestra de <i>Aulacomya atra</i> “choro” terminal Ancón. ....	58
Anexo 5. Toma de muestra de <i>Aulacomya atra</i> “choro” terminal de Ventanilla.....	59
Anexo 6. Toma de muestra de <i>Aulacomya atra</i> “choro” terminal de Chorrillos.....	60
Anexo 7. Toma de muestra de <i>Aulacomya atra</i> “choro” terminal de Villa María del Triunfo. ....	61
Anexo 8. Evaluación de <i>Aulacomya atra</i> “Choro”, laboratorio UPNW.....	62



## RESUMEN

Los metales pesados representan un grave problema de contaminación de ambientes acuáticos, debido a que no son degradables y pueden persistir por mucho tiempo en la naturaleza a través de la bioacumulación en tejidos de plantas y organismos marinos. *Aulacomya atra*, es un bivalvo con capacidad filtradora y bioacumuladora de metales pesados, por lo cual su consumo puede representar un riesgo para la salud de las personas. El presente trabajo de investigación tuvo como **objetivo** determinar la concentración de mercurio y arsénico en muestras de *Aulacomya atra* “choros” los cuales fueron recolectados de cuatro terminales pesqueros ubicados en la ciudad de Lima, Perú. La **metodología** de la investigación fue transversal y descriptiva. Dos curvas de calibración para mercurio y arsénico utilizando soluciones patrón fueron elaboradas para la medición de la concentración de metales pesados en los bivalvos, que analizada a través de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros vapor frio para mercurio y espectrofotometría de absorción atómica con flama y generador de hidruros para arsénico. Todos los bivalvos filtradores fueron recolectados de los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa maría del Triunfo. Los **resultados** hallados en esta investigación mostraron bajos valores de concentración de mercurio en las 20 muestras analizadas, con un rango de variación de 0,03 a 0,25 ppm para Hg y 0,32 a 1,35 ppm para As. Comparado con normas peruanas, los datos obtenidos mostraron niveles de este metal por debajo del límite máximo permitido (0, 5pmm) según SANIPES. Las concentraciones de ambos metales en las muestras provenientes de los terminales pesqueros no presentaron diferencias significativas al comparar cada uno de los puntos de comercialización. Se llegó a la **conclusión** que las concentraciones de los metales pesados analizados no sobrepasan los valores máximos permisibles, y que, además, no existe diferencias en la concentración de los metales pesados en las muestras de *A. atra* recolectados de los 4 terminales pesqueros.

**Palabras clave:** Metales pesados, Espectrometría de absorción atómica, bivalvos.

## ABSTRACT

Heavy metals represent a serious problem of pollution of aquatic environments, because they are not degradable and can persist for a long time in nature through bioaccumulation in tissues of marine plants and organisms. *Aulacomya atra* is a bivalve with capacity to filter and bioaccumulate heavy metals, so its consumption is a risk to human health. The objective of this research work was to determine the concentration of mercury and arsenic in samples of *Aulacomya atra* "choros" which were collected from four fishing terminals located in the city of Lima, Peru. The research methodology was transversal and descriptive. Two calibration curves for mercury and arsenic using standard solutions were elaborated. The measurement of the concentration of heavy metals in the bivalves was analyzed through the technique of hydride/flame generation atomic absorption spectrometry both arsenic and arsenic respectively. All the samples were collected from the Ancon, Ventanilla, Chorrillos and Villa María del Triunfo fishing terminals. The results found in this investigation showed low mercury concentration values in the 20 samples with a range of variation from 0.03 to 0.25 ppm for Hg and 0.32 to 1.35 ppm for As. Compared to Peruvian standards, the data obtained showed levels of this metal below the maximum limit allowed (1 ppm) according to SANIPES, as well as, this concentration was below the maximum allowed (0.5 ppm) by the European Union. The concentration of both metals in the samples coming from the fishing terminals did not present significant differences when comparing each one of the commercialization points. It was concluded that the concentrations of the analyzed heavy metals do not exceed the maximum permissible values, and that there are no differences in the concentration of heavy metals in the *A. atra* samples collected from the 4 fishing terminals.

**Key words:** Heavy metals, atomic absorption spectrometry, bivalves.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Situación problemática

Durante los últimos años un especial interés ha sido enfocado a la presencia de los metales pesados en zonas costeras, donde estos son depositados por una gran cantidad de contaminantes que provienen de residuos domésticos e industriales generados principalmente en las grandes ciudades<sup>1-5</sup>. Recientes trabajos relacionados a la contaminación por metales pesados en sistemas acuáticos se han desarrollado en el uso de indicadores biológicos, debido a que estos poseen la capacidad de acumular contaminantes que están presentes en el medio ambiente. Estos estudios han proporcionado características químicas y estimaciones directas de la concentración de tales sustancias en su medio ambiente<sup>4,6-9</sup>. Sin embargo, a diferencia de los contaminantes orgánicos, los metales pesados no pueden ser degradados química o biológicamente en la naturaleza y contienen una gran cantidad de compuestos los cuales pueden ser alterados, aunque son todavía metales tóxicos y además la estabilidad que poseen les permite transferirse a diferentes distancias. Estos contaminantes metálicos ingresan a la cadena trófica tras bioacumularse en organismos acuáticos y pueden representar una amenaza para la salud humana cuando los productos marinos son consumidos por el hombre<sup>10-12</sup>.

Actualmente, existe bastante evidencia que demuestra que ciertos metales pesados son un riesgo para salud humana cuando estos son consumidos incluso en cantidades muy pequeñas<sup>13-14</sup>. Por lo tanto, se debe revisar con atención y prestar mucha atención a la concentración de estos metales en los alimentos de las áreas impactadas por actividades humanas. Actualmente, la Unión Europea<sup>15</sup> ha incluido al plomo, cadmio y mercurio como peligrosos para el consumo humano, mientras que la FDA (Food and Drug Administration) ha incluido a metales como el arsénico, cromo y níquel en la categoría de peligrosos<sup>16</sup>.

En el Perú pocas investigaciones relacionadas a la presencia de metales pesados en moluscos bivalvos han sido desarrolladas. Por otra parte, el ente

gubernamental encargado de normar, regular y garantizar la inocuidad en toda cadena productiva de los productos pesqueros, es el Organismo Nacional de Sanidad Pesquero (SANIPES). Un estudio realizado por Mamani<sup>17</sup> en el puerto de Ilo evidencio la presencia de altos niveles de Cadmio en *Aulocomya atra*, los cuales están sobre los límites permisibles. Debido a ello, SANIPES ha prohibido la extracción de dicho recurso, generando como consecuencia un problema social y económico, que afectó principalmente a los pescadores artesanales, debido a que esta actividad representaba el principal ingreso de recursos económicos para sus familias.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar y comparar la concentración de mercurio y arsénico en *Aulacomya atra* “choros” los cuales son comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa maría del Triunfo en enero del 2018. La concentración de estos metales en este bivalvo podría servir como un diagnóstico del grado de contaminación de metales pesados en las zonas costeras de la capital, así como también permitiría conocer si los bivalvos expendidos en los terminales pesqueros presentan similares concentraciones de los metales evaluados.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuáles son las concentraciones de mercurio y arsénico en *Aulacomya atra* “choro” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa maría del Triunfo en enero del 2018?

## **1.3. Justificación**

Teóricamente esta investigación se justifica, debido a que se generará datos e información acerca de los niveles de concentración de metales pesados como el arsénico y mercurio que están presentes en *Aulacomya atra*. Lo cual permitiría diagnosticar el estado de contaminación de los ambientes acuáticos y podría permitir el uso de este bivalvo (debido a su naturaleza bioacumuladora) como un bioindicador de aguas contaminadas con metales pesados.

Metodológicamente el presente estudio se justifica debido a que se aplicó una metodología específica para el procesamiento de las muestras biológicas y técnicas avanzadas como la espectrofotometría de absorción atómica la cual permitió la generación de datos cuantitativos acerca de las concentraciones de arsénico y mercurio en *Aulacomya atra*.

Esta investigación presenta una justificación social debido a que los datos generados acerca de la concentración de metales pesados en estos productos de consumo masivo proporcionaran información sobre el consumo de especies contaminadas y además de generar consciencia sobre el problema de contaminación de los ambientes acuáticos.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la concentración de mercurio y arsénico en *Aulacomya atra* “choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa maría del Triunfo en enero del 2018.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de mercurio en *Aulacomya atra* “choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa maría del Triunfo en enero del 2018.
- Determinar la concentración la concentración de arsénico en *Aulacomya atra* “choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa maría del Triunfo en enero del 2018.
- Comparar la concentración de Mercurio en *Aulacomya atra* “choros” expendidos en cada uno de los terminales pesqueros: Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa maría del Triunfo con los LMP dados por SANIPES.
- Comparar la concentración de Arsénico en *Aulacomya atra* “choros” expendidos en cada uno de los terminales pesqueros: Ancón,

Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo con los LMP dados por SANIPES.

## 1.5. Variables

### 1.5.1. Variable independiente

Concentración de mercurio y arsénico en *Aulacomya atra* “Choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018.

## 1.6. Hipótesis

**Hi:** La especie *Aulacomya atra* “Choros” comercializada en los terminales pesqueros: Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018 contienen niveles de concentración de mercurio y arsénico que sobrepasan los límites máximos permisibles dados por SANIPES.

**Ho:** La especie *Aulacomya atra* “Choros” comercializada en los terminales pesqueros: Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018 contienen bajos niveles de concentración de mercurio y arsénico según los límites máximos permisibles dados por SANIPES.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales:

Collaguazo *et al.* En el año 2017. Realizaron un estudio sobre la cuantificación de metales pesados en la especie *Anadara tuberculosa* (*Mollusca bivalvia*) del estero Huaylá de Puerto Bolívar a través del método de espectrofotometría de absorción atómica. **Objetivo:** Determinar la presencia de metales pesados en *Anadara tuberculosa*, molusco de importancia comercial en Puerto Bolívar, Ecuador. **Resultados:** Los principales resultados obtenidos mostraron la presencia de seis metales pesados (Plomo, Arsénico, Mercurio, Cadmio, Cromo y Cobalto) en las muestras analizadas. Los valores de concentración obtenidos expresados en mg.kg-1 fueron: Pb ( $7,52 \pm 0,46$ ); As ( $1,55 \pm 0,14$ ); Hg ( $364,38 \pm 91,39$ ); Cd ( $1,68 \pm 0,28$ ); Cr ( $3,89 \pm 1,82$ ) y Co ( $2,71 \pm 0,34$ ). Estos resultados demuestran que las concentraciones de Pb, As, Cd, y Hg superan los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea. Siendo el mercurio el metal que superó en más de 100 veces el valor del límite permisible. Por otra parte, comprobaron también que la talla más pequeña del molusco (3-4 cm) en estudio posee la capacidad de bioacumular las mayores concentraciones de Pb, Cd y Cr. **Conclusión:** Los autores concluyen que las concentraciones de Pb, Hg, Cd en la especie marina estudiada superan los límites máximos permisibles establecidos por la Norma de la Unión Europea<sup>18</sup>.

Ruiz *et al.* En el año 2018. Traza metales y estado oxidativo en tejidos blandos de mejillones enjaulados (*Aulacomya atra*) en la costa del norte de la Patagonia. **Objetivo:** Investigar la acumulación de metales y los efectos oxidativos en el manto, las branquias y las glándulas digestivas en el mejillón acanalado *Aulacomya atra* de la costa argentina del norte de la Patagonia. **Resultados:** Muestran la acumulación y efectos oxidativos de metales pesados tales como: Aluminio (Al), cromo (Cr), cobre (Cu), manganeso (Mn) en el manto, branquias y glándulas digestivas de

*Aulacomya atra* “choros” recolectados de las costas argentinas del norte de Patagonia. Los choros los recolectaron de una zona con bajo impacto antropogénico para luego ser trasplantados a las costas del muelle Almirante Storni Pier, donde existen altas concentraciones de aluminio, cromo, cobre, manganeso, níquel y zinc, además midieron parámetros de estrés oxidativos por un periodo de 18 meses. **Método:** La concentración de los metales en los órganos del bivalvo fue cuantificada a través de la técnica de espectroscopia de masas de plasma (ICP-OES). Donde encontraron que no hubo variación de la concentración de trazas metálicas en las costas marinas a lo largo de los 18 meses evaluados. Sin embargo, distintos niveles de los metales pesados fueron bioacumulados en las glándulas digestivas, branquias y el manto de *Aulacomya atra*. Siendo las glándulas digestivas las que presentaron las más altas concentraciones de metales, en comparación a las branquias y el manto. **Conclusión:** Estos resultados demuestran que *A. atra* posee la capacidad de acumular selectivamente metales presentes en el agua. Los autores concluyen que esta investigación proporciona relevante información acerca de los efectos biológicos de la concentración medioambiental de metales sobre la fisiología de estos bivalvos filtradores<sup>19</sup>.

Barraza *et al.* En el 2018. Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea. **Objetivo:** Determinar y cuantificar el contenido de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en tejido muscular de ejemplares de *Merluccius australis* “merluza austral” y *Cynoscion striatus* “pescadilla” fue llevado a cabo en el puerto de Mar del Plata. **Método:** La metodología utilizada para el análisis y cuantificación de los distintos metales pesados fue la espectrofotometría de absorción atómica. **Resultados:** Los resultados del estudio indicaron que las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio y plomo (0.01 – 0.04 ppm) en el tejido muscular de los peces están por debajo del nivel máximo permitido para consumo humano según las normativas argentinas y europeas (0.5 ppm). **Conclusión:** Las aguas de la costa Mar platense están contaminadas por metales pesados, sin embargo, la concentración de estos



metales en los peces evaluados no excede los límites permisibles y se encuentran dentro del límite de tolerancia y biodisponibilidad metálica<sup>20</sup>.

Di Salvatore *et al.* En el 2013. Efecto de la estacionalidad sobre las respuestas al estrés oxidativo y la acumulación de metales en los tejidos blandos de *Aulacomya atra*, un mejillón de la costa patagónica del Atlántico Sur. **Objetivo:** Determinar los efectos medioambientales de la concentración de trazas metálicas sobre el estatus oxidativo de *A. atra* en relación a la temperatura del agua. **Método:** Durante el verano e invierno del 2011, recolectaron muestras bivalvo de cuatro sitios diferentes, que presentaban distintos grados de impacto y tipo de actividad humana. La concentración de los metales (cromo, cobre, manganeso, níquel y zinc) presentes en los cuerpos de agua fue determinada a través de la técnica de espectroscopia de masas de plasma (ICP-OES), así como también, midieron la acumulación de dichos metales, la peroxidación de lípidos, la oxidación de proteínas, los niveles de glutatión reducido y la actividad enzimática del superóxido dismutasa (SOD) y glutatión-S-transferasa en branquias y glándulas digestivas del bivalvo. **Resultado:** La bioacumulación de metales y la respuesta al estrés oxidativo en ambos tejidos evaluados fue más alta en las zonas con impacto antropogénico. Por otra parte, la temperatura del agua tuvo un efecto resaltante sobre la actividad de SOD y la oxidación de proteínas durante el invierno en los bivalvos de todas las zonas evaluadas. **Conclusión:** Los autores concluyen que medir tanto la bioacumulación y la respuesta al estrés oxidativo permitirían una evaluación más precisa de los efectos biológicos de los metales presentes en los cuerpos de agua<sup>21</sup>.

Giarratano *et al.* En el año 2014. Biomarcadores de estrés ambiental en branquias de mejillonesacanalados *Aulacomya atra atra* (Nuevo Golfo, Patagonia Norte). **Objetivo:** Evaluar la concentración de trazas metálicas (Fe, Al, Zn, Cu, Cd y Pb) en tejido muscular de *Aulacomya atra atra* “Choros” así como también, la presencia de varios biomarcadores en branquias tales como: especies reactivas de oxígeno (ROS), radicales lipídicos (LR), malondialdehído (MDA), superóxido dismutasa (SOD),

catalasa (CAT), glutatión-S-transferasa (GST) y metalotioneína (MT), en muestras procedentes de tres sitios del Nuevo Golfo (Norte de Patagonia). **Resultados:** Los resultados mostraron una significativa inducción de SOD, GST, MT y MDA, así como también, altas concentraciones de Fe, Al y Cd en el invierno más que en el verano. Con respecto al alto contenido de MDA en músculos de bivalvos provenientes de un barco sumergido (Folías Wreck) aparentemente parece ser causado por los altos niveles de Fe que se generan por la corrosión de la nave. El análisis de los músculos de bivalvos extraídos de la zona control ubicado en Punta Cuevas presentaron los más bajos niveles de Cd y los más altos niveles de Al en el invierno. A pesar de esta aparente correlación positiva entre el Al y la GST, ninguna diferenciación espacial de estos biomarcadores fue detectada. Por otra parte, este estudio reporta a la MT como la única relacionada a Al, siendo probablemente influenciada mayormente por las variables medioambientales que por la presencia de trazas metálicas. Los autores resaltan que la relación encontrada entre la temperatura del agua, los nutrientes y respuestas antioxidantes en las branquias se debe probablemente al hecho de que estos tejidos están en directo contacto con el agua y por lo tanto son sensibles a sus variaciones. **Conclusión:** Los autores mencionan que las branquias son un tipo de tejido con una activa proliferación y la primera diana para determinar la presencia de contaminantes en el agua, por lo que, los cambios en el sistema de antioxidantes podrían proporcionar una señal de alerta temprana en comparación a otros tejidos<sup>22</sup>.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales:

Cajaleón y Concepción en el año 2018. Determinación de la concentración de arsénico y mercurio por espectrofotometría de absorción atómica en peces procedentes del mar de Huacho y Chorrillos. **Objetivo:** Determinar la concentración (según el límite máximo permisibles) de arsénico y mercurio en hígado y tejido muscular en las especies de: Liza, Cabrilla, Lorna, Merluza y Caballa las cuales son expandidas en mercados de Huacho y chorrillos. **Método:** La metodología utilizada fue a través de la

Espectrofotometría de absorción atómica. **Resultados:** La concentración promedio de arsénico en tejido muscular fue de 0.00265 mg/kg y la concentración de mercurio en hígado fue de 0.03945 mg/kg; estas concentraciones comparadas con la norma de la Unión Europea, Codex Alimentarius y la norma peruana de Sanidad Pesquera se encuentran por debajo del límite máximo permisible. Por otra parte, los niveles de concentración de arsénico y mercurio en el agua de mar no superaron los valores máximos permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente (Minan). **Conclusión:** Las concentraciones de arsénico y mercurio en órganos blandos de peces y en el agua procedentes del litoral de mar peruano específicamente en Huacho y Chorrillos no se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, por lo cual el estudio afirma que se cumplen con los parámetros de calidad, y puede ser considerado como apto para el consumo humano<sup>23</sup>.

Mamani en el año 2019. Sistema de depuración natural de metales pesados, cadmio, plomo y mercurio; para el choro (*Aulacomya atra*), en el puerto de Ilo. **Objetivo:** Encontrar el medio y características adecuadas para evaluar la depuración de cadmio por *Aulacomya atra* "Choros". **Método:** Para evaluar la depuración inicialmente analizaron el medio natural donde este recurso habita. Para determinar el funcionamiento del medio y la influencia de la columna de agua sobre el Choro, los autores extrajeron 2400 individuos del medio natural y los reinstalaron en dos linternas de cultivo con una densidad de 120 individuos/piso. Evaluaron ambas linternas (1 y 2) por un periodo de tiempo (5 y 3 meses respectivamente). **Resultados:** Mostraron una concentración de cadmio (0.79 mg/Kg) en el musculo del *A. atra*, determinando una efectividad de depuración del 62.7% en la linterna 1; para la segunda linterna se determinó una concentración de cadmio de 0.68 mg/kg en el músculo que demuestra una efectividad de 61.8 % de depuración. **Conclusión:** *A. atra*, posee una efectividad de depuración (mayor a 60%) del metal el cual se acumula en la musculatura del bivalvo, además el medio más adecuado para la depuración de este metal es la columna de agua por ser un ambiente libre de saturación<sup>17</sup>.

Barriga y Aranda en el año 2013. Metales pesados (Pb, Cd y Hg) en moluscos bivalvos. **Objetivos:** Cuantificar metales pesados como plomo, cadmio y mercurio presentes en moluscos bivalvos: *Argopecten purpuratus* “concha de abanico”, *Aulacomya ater* “choro”, *Donax* sp. “palabritas” y *Gari solida* “almeja” en el periodo de 2009 a 2011, además comparar las concentraciones cuantificadas con el contenido máximo permisible establecido por la Comunidad Europea. **Método:** La cuantificación de los metales presentes en los bivalvos fue a través del método de espectrofotometría de absorción atómica. **Resultados:** Mostraron que en las especies de moluscos se encontraron valores menores (< 1.5 mg/kg para el plomo) a los límites máximos establecidos para el plomo, cadmio y mercurio, con excepción del choro, el cual presentó valores superiores al máximo (>1 mg/kg) establecido para el cadmio en las tres zonas de estudio. Los 4 moluscos bivalvos evaluados presentaron bajos valores de mercurio (< 0,06 mg/kg). **Conclusión:** Las concentraciones de plomo, cadmio y mercurio, fueron bajas para todas las especies, exceptuando el choro, el cual presentó valores superiores, por lo que los autores sugieren que las autoridades competentes tomen una acción en relación al contenido de cadmio en el choro<sup>24</sup>.

Pacus *et al.* En el año 2015. Determinación de Metales Pesados en Mariscos Comercializados en el Puerto de Huacho. **Objetivo:** Determinar metales pesados en 4 especies de mariscos (*Stramonita chocolata*, *Aulacomya ater*, *Fissurella limbata* y *Platyxanthus orbigny*) de mayor consumo y así mismo estimar el riesgo de exposición por consumo. **Método:** Fue a través de la aplicación de una encuesta a 100 individuos residentes en el distrito para establecer el consumo semanal y calcular el riesgo de exposición al plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y mercurio (Hg); y para determinar la concentración de los metales se utilizó la espectrometría de absorción atómica. **Resultados:** Las concentraciones de Hg halladas en *A. ater*, *S. chocolata*, *F. limbata* y *P. orbigny* fueron menores de 0,5 mg/Kg; el As en todas las especies, fue menor al límite máximo permisible de 5,0 mg/Kg; en todas las muestras el Pb se mantuvo por debajo de 1,5 mg/Kg (para *A. ater*, *S. chocolata*, *F. limbata*) y 0,5 mg/Kg (*P. orbigny*). El Cd superó el

límite máximo permisible de 1.0 mg/Kg en *A. ater*, *S. chocolata*, *F. limbata*, mientras que en el *P. orbigny* se mantuvo debajo del límite (0,5 mg/Kg). **Conclusión:** El Cd es el metal pesado más abundante, de mayor porcentaje de consumo y que representa un riesgo de toxicidad por la ingesta de *S. chocolata* de 0.030 a 0.060 Kg /Semana<sup>25</sup>.

Marín y García en el año 2017. Contaminación por cadmio en alimentos marinos, Lima-2015. **Objetivo:** Determinar las concentraciones de cadmio en alimentos marinos, y compararlos con los contenidos máximos según el Reglamento (CE) N° 1881/2006 y modificatoria Reglamento (UE) N° 488/2014 de la Comisión de la Unión Europea. **Método:** Las muestras fueron obtenidas y recolectadas del Terminal Pesquero de Villa María del Triunfo. Los análisis de metales pesados fueron desarrollados por espectrofotometría de absorción atómica. **Resultados:** Las especies de peces como *Trachurus picturatus murphyi* “Jurel” presentan una concentración promedio de 0,35 mg/kg de cadmio por peso fresco, lo cual está muy por encima del valor permitido que es 0,05 mg/kg peso fresco. En el caso de crustáceos la especie *Litopenaeus vannamei* “Langostinos” presento un promedio de 0,42 mg/kg peso fresco, lo cual fue inferior al límite máximo permitido que es 0,50 mg/kg de peso fresco. Por otra parte, el límite máximo en moluscos bivalvos es 1,00 mg/kg peso fresco y en este estudio encontraron concentraciones diferentes en especies distintas, así : *Semele* sp. “Conchas blancas” y *Argopecten purpuratus* “Conchas de abanico” no superan los límites permitidos; *Aulacomya atra* “Choro” estuvo en el límite; las especie *Mesodesma donacium* “Macha” y *Gari solida* “Almejas” no superaron los valores límites. Finalmente, en moluscos cefalópodos como *Dosidicus gigas* “Pota” el promedio fue 1,11 mg/kg peso fresco, siendo ligeramente mayor al límite permitido que es 1,00 mg/kg peso fresco<sup>26</sup>.

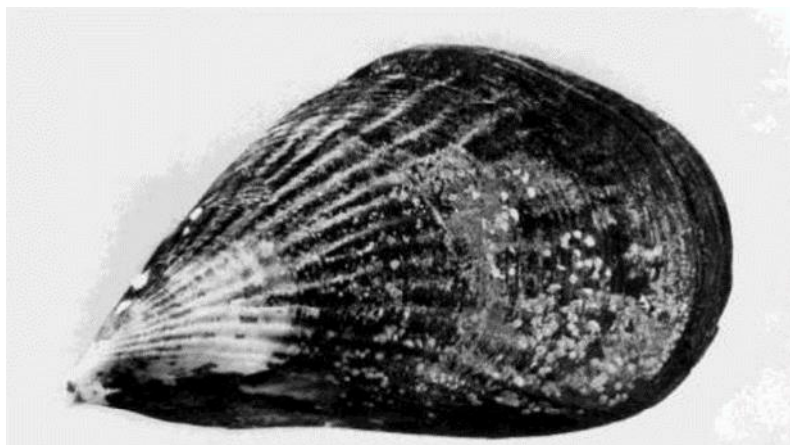
## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. *Aulacomya atra* “El choro”

Esta especie conocida también como “choro”, “cholga o mejillón” el territorio peruano, y “cholga”, “cholgua” o “mejillón rayado” en Chile, está clasificada en el grupo de los invertebrados bentónicos que pertenece a la clase Bivalvia, Orden Mytilida y Familia Mitylidae. *A. atra* se ha convertido en una especie de consumo humano que ha sido explotada desde hace mucho tiempo. Ya desde el 1950 existen registros de la extracción de volúmenes menores a 10 mil toneladas anuales por parte de Perú y Chile. Más adelante, ya por la década de los 70’ los desembarques anuales se incrementaron llegando a sobrepasar valores de 20 mil toneladas anuales<sup>27</sup>.

### 2.2.2. Características morfológicas

*Aulacomya atra* es un molusco bivalvo de concha gruesa del tipo mitiliforme<sup>28,29</sup> cuya superficie interna es de color blanco nacarado.<sup>28</sup> Presenta un borde dorsal redondeado, y su parte más alta hacia la mitad de la valva, presenta estrías radicales bien marcadas, en ocasiones cruzadas por finas estrías transversales independientes de la línea de crecimiento, los umbos son puntiagudos y divergentes, charnela con un solo diente en la valva derecha y su correspondiente hendidura en la valva izquierda.<sup>29</sup> Al respecto IMARPE (2016)<sup>28</sup> detalla que el diente se encuentra en la valva izquierda. Presenta un musculo aductor visible solo en algunos ejemplares de gran tamaño, representado por escasas fibras musculares<sup>27</sup>, y un periostraco negro azuloso rojizo o café oscuro<sup>29</sup> (Fig. 1).



**Fig. 1.** *Aulacomya atra*, ejemplar de 43 mm de largo (Puerto Madryn, golfo Nuevo)<sup>29</sup>.

#### 2.2.3. Clasificación taxonómica (Molina, 1782)

Clase	: Bivalvia
Sub clase	: Autobranchia Grobben
Orden	: Mytilida Ferussac
Superfamilia	: Mytiloidea Rafinesque
Familia	: Mytilidae Rafinesque
Género	: <i>Aulacomya</i> Mörch

#### 2.2.4. Distribución geográfica

A nivel de las costas del pacifico esta especie está distribuida desde el norte peruano (Chimbote), hasta el sur de Chile (estrecho de Magallanes); y en las costas del Atlántico su distribución recorre el sur de Brasil hasta Argentina (tierra del fuego). Además, se ha reportado la presencia de este bivalvo en las Islas Malvinas y parte de la costa de Sudáfrica. Los bancos de choros viven asociados comúnmente con algas pardas las cuales sirven de nicho también para otras especies marinas como Gasterópodos, Poliquetos y Crustáceos. *Heliaster helianthus* “estrella de mar” y *Thais* sp. “Caracol” son los principales depredadores de estos bivalvos.<sup>31</sup> El hábitat de estas especies marinas está ubicada en aguas de bahías tranquilas, cerca de la zona intermareal hasta 40 metros de profundidad donde se encuentran

rocas de forma aislada y pedregales fangosos. También ha sido encontrada habitando aguas poco profundas donde pueden tolerar distintos tipos de estrés abiótico<sup>32</sup>.

#### 2.2.5. Alimentación

*Aulacomya atra* es un bivalvo con capacidad filtradora, planctófago y detritívoro. A nivel trófico se ubica junto con las especies de *Mytilus chilensis* y *Choromytilus chorus*, mostrando una diferencia en el tamaño máximo de las partículas que puede ingerir<sup>33-35</sup>.

Un análisis realizado por Castro (1975)<sup>36</sup>, sobre el contenido de 200 estómagos de *A. atra* de una zona de Chimbote durante el periodo de agosto – noviembre de 1974, encontró la presencia de criptógamas como diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados, además halló la presencia de macrofitos superiores del género *Bangia* y *Enteromorpha*, restos de copépodos, huevos de peces y también células sexuales del choro. El género *Coscinodiscus* estuvo en mayor porcentaje de ocurrencia con respecto a las diatomeas. A nivel de tallas, la alimentación de estos bivalvos filtradores hasta los 40 mm de longitud se encuentra representada básicamente por *Coscinodiscus* y *Actinophyticus*, mientras que, una dieta de mayor variedad fue hallada en los tamaños más grandes de este bivalvo evaluado.

#### 2.2.6. Programa de control de Moluscos Bivalvos – PCMB

Este programa está destinado a regular las condiciones y requisitos de seguridad alimentaria e inocuidad que deben reunir los moluscos bivalvos usados para la comercialización o el consumo directo humano. Además, está encargado de normar las condiciones adecuadas que deben reunir las áreas de producción y también tiene la facultad de dar concesiones en temas acuícolas específicamente donde se realizan actividades de extracción/recolección y/o cosecha de estos productos marinos. Estas actividades las realiza a través del control y vigilancia sanitaria que es



ejecutado por la Subdirección de Supervisión Acuícola (SDSA) de la Dirección de Supervisión y fiscalización Pesquera y Acuícola (DSFPA). Con respecto a la toma de muestras ejecutadas, en el marco del Programa Control de Moluscos Bivalvos (PCMB), forman parte de las actividades de vigilancia y control sanitario oficial que realiza SANIPES, a través de sus inspectores delegados en las distintas Oficinas Desconcentradas quienes ejecutan la toma y envío de las muestras correspondientes.<sup>37</sup>

### **2.3. Metales pesados**

Los metales pesados son elementos químicos con una gravedad específica de al menos 5 veces más que el agua. La gravedad específica del agua es 1 a 4 °C. La gravedad específica es una medida de la densidad de una sustancia sólida cuando es comparada a una cantidad equivalente al agua. En pequeñas cantidades ciertos metales son nutricionalmente esenciales para la salud. Algunos de estos elementos (por ejemplo: hierro, cobre, manganeso y zinc) o algunas formas de ellos son comúnmente encontrados de forma natural en los productos alimenticios, frutos y vegetales y en productos multivitamínicos comercialmente disponibles. Aplicaciones en el diagnóstico médico incluyen inyección directa de galio durante procedimientos radiológicos, suplementación de cromo en mezclas de nutrición parental, y el uso del plomo como una protección contra la radiación generada por los equipos de rayos X.<sup>38-40</sup> Los metales pesados son también comúnmente usados en aplicaciones industriales.

Los metales pesados son un grave problema de contaminación de ambientes acuáticos, debido a que no son degradables y persisten por mucho tiempo en la naturaleza. Los metales pesados pueden bioacumularse en tejidos de plantas y organismos marinos tales como: algas, bivalvos, peces y moluscos, y por lo tanto se convierten en un riesgo para las personas consumidoras de productos marinos. En el agua los metales están disueltos y suspendidos formando partículas. En las profundidades marinas los metales se acumulan en los sedimentos y se pierden fácilmente en las aguas circundantes por medio del intercambio de iones entre el agua y los sedimentos. Algunos pueden estar en

varios estados en el medio ambiente marino y esto puede llevar a complicaciones, debido a que algunos metales pueden ser muy tóxicos solo cuando están en ciertos estados de oxidación.<sup>39</sup>

Los metales pesados una vez liberados en el medioambiente pueden permanecer en las aguas fluviales por décadas o incluso siglos en concentraciones que pueden ser tóxicas poniendo en riesgo la salud. Varios métodos son usados para limpiar del medio ambiente los contaminantes, pero la mayoría de ellos son muy costosos y es difícil conseguir los resultados óptimos deseados. Actualmente la fitorremediación es una solución efectiva y apropiada usada para extraer o remover metales inactivos y contaminantes metálicos de agua y suelos contaminados. Esta tecnología es ambientalmente amigable y potencialmente efectiva en costo.<sup>40</sup>

### 2.3.1. Arsénico

El Arsénico es un elemento químico con el símbolo As, su número atómico es 33 y su masa atómica relativa es 77.92. Tiene una gravedad específica de 5.73, su punto de fusión es de 817 °C (a 28 atmósferas de presión). Hierve a 613 °C y a un vapor de presión de 1 mmHg a 372 °C. El arsénico es un elemento semimetálico, sin olor y sin sabor, además el arsénico está catalogado como una de las primeras sustancias peligrosas y tóxicas y la causa más común de envenenamiento por metales<sup>41</sup>.

### 2.3.2. Vías de exposición al Arsénico en el medioambiente

El arsénico es encontrado de forma natural en la tierra en pequeñas concentraciones. Está presente en el suelo y minerales y puede ingresar al aire, agua y la tierra a través del polvo arrastrado por el viento y las escorrentías. El arsénico en la atmósfera proviene de varias fuentes, los volcanes liberan alrededor de 3000 toneladas de arsénico por año, y los microorganismos liberan metilarsinas volátiles hasta un punto de 20 000 toneladas por año, sin embargo, la actividad humana es la responsable de una liberación mayor a 80 000 toneladas por año debido a la quema de

combustibles fósiles. El arsénico puede estar presente en varias formas en el medio ambiente.<sup>42</sup> El arsénico inorgánico y sus compuestos al ingresar a la cadena alimenticia son progresivamente metabolizados a formas menos tóxicas de arsénico a través del proceso de la metilación<sup>43</sup>.

El arsénico es un elemento altamente tóxico que existe en varias especies, a pesar de su notoriedad como un veneno altamente mortal, el arsénico es una esencial traza metálica para algunos animales, aunque la absorción necesaria debe ser tan baja como 0.01 mg/día. La toxicidad del arsénico depende sobre el tipo de especie, el pH, la condición redox, la composición mineral circundante, la actividad microbiana afectan la forma (orgánica o inorgánica) y el estado oxidación del arsénico. En general, los compuestos inorgánicos de arsénico son considerados como los altamente tóxicos que la mayoría de las formas inorgánicas que son menos tóxicas<sup>44</sup>.

Los humanos pueden estar expuestos al arsénico a través del alimento, agua y aire. La exposición puede también ocurrir a través del contacto de la piel con el agua o suelo contaminados con arsénico. El ciclo del arsénico se ha ampliado como consecuencia de la intervención humana. Grandes cantidades de arsénico terminan en el medio ambiente y dentro de los organismos vivos.

El arsénico es liberado en el medio ambiente por los procesos de fundición de cobre, zinc y plomo, así como también en la fabricación de químicos y vidrios. El gas arsénico es un producto común producido por la fabricación de pesticidas que contienen arsénico. El arsénico también puede ser encontrado en suministros de agua en todo el mundo, contaminando crustáceos, bacalao y abadejos. Otras fuentes pueden ser las pinturas, veneno para ratas, fungicidas y preservantes de maderas.<sup>38,45</sup> El arsénico no puede ser destruido una vez que ingresa al medio ambiente, y por lo tanto puede dispersarse y ocasionar problemas en la salud de los animales y seres humanos en muchas partes de la tierra<sup>46</sup>.

### 2.3.3. Efectos del arsénico en la salud humana

El envenenamiento por arsénico a partir de fuentes naturales presentes en el agua para consumo humano permanece como un problema latente en muchas partes del mundo. Los residentes quienes consumen el agua con altos niveles de mercurio (mayores a 5 µg/L) por más de 10 años fueron los más probables a ser diagnosticados con cáncer de piel, inicio de la diabetes en adultos, y enfermedades cardiovasculares más que en residentes de la misma edad quienes bebían agua de contenedores donde no se habían detectado arsénico<sup>46</sup>.

El arsénico proveniente de aguas contaminadas puede ocasionar enfermedades en la piel incluyendo cáncer de piel, cáncer de pulmón, cáncer de vejiga, y cáncer de riñón, y quizás también la aparición de pequeños tumores, enfermedades, enfermedades vasculares periféricas, hipertensión y diabetes. También parece tener un efecto negativo sobre procesos reproductivos (mortalidad infantil y en el peso de los recién nacidos).<sup>47</sup> El As está clasificado como un carcinogénico humano establecido por la agencia internacional para la investigación del cáncer. Estudios epidemiológicos han proporcionado evidencia sustancial que asocia la presencia de arsénico en el agua para consumo con cáncer de piel (no melanomas), pulmón y vejiga. Limitada evidencia epidemiológica sugiere también una posible asociación del arsénico en el agua con el cáncer de hígado, riñón y próstata<sup>48</sup>.

Las plantas pueden absorber arsénico con relativa facilidad, así que, un ranking muy elevado de arsénico puede ser encontrado en los alimentos. Los niveles de arsénico en los alimentos son fácilmente altos, sin embargo, en los peces y productos marinos puede ser aún más alto, debido a que estos pueden absorber el metal presente en el agua donde se desarrollan. Las concentraciones de peligrosas especies de arsénico inorgánico que están actualmente en la superficie del agua pueden potenciar la alteración del material genético en peces. Esto es principalmente ocasionado por la acumulación de arsénico organismos de agua dulce que se alimentan de

plantas. Las aves se alimentan de peces que pueden ya contener grandes cantidades de arsénico y morirán como resultado del envenenamiento por arsénico a medida que los peces se descomponen en su cuerpo. El arsénico no se absorbe muy bien por la piel. Por lo tanto, su exposición a partir solo de contacto tal como una ducha en aguas contaminadas con el metal, es improbable que pueda ocasionar problemas de salud<sup>49</sup>.

#### 2.3.4. Mercurio

El mercurio es un metal que está presente en la naturaleza de en varias formas. El mercurio metálico es un líquido brillante, blanco plateado y sin olor. El mercurio tiene el más bajo punto de fusión (-39 °C) en comparación a los demás metales, es el único metal puro líquido a temperatura ambiente y debido a eso posee ventajas físicas y químicas tales como bajo punto de fusión (357 °C) y fácil vaporización, el mercurio aún sigue siendo importante en muchos productos industriales. Este metal se genera naturalmente en el medio ambiente a partir de la desgasificación de la corteza terrestre en las emisiones volcánicas. El mercurio existe en varias formas: mercurio elemental o metálico, compuestos de mercurio inorgánico y compuestos de mercurio orgánico. El más reducido es el metal  $Hg^0$ , siendo las otras dos formas iónicas de iones mercuriosos e iones mercurícos  $Hg^{2+}$ , en condiciones oxidadas especialmente a bajo pH. El ion  $Hg^+$  no es estable bajo condiciones ambientales ya que se convierte en  $Hg^0$  y  $Hg^{2+}$ <sup>50</sup>.

#### 2.3.5. Vías de exposición al Mercurio en el medioambiente

La contaminación ambiental debido al mercurio es causada por varias industrias, petroquímicas y también por productos agrícolas tales como fertilizantes y fungicidas en spray<sup>51</sup>. Algunas de las fuentes más comunes de mercurio encontradas en el medioambiente incluyen Algunas de las fuentes más comunes de mercurio que se encuentran en el medio ambiente incluyen, pero no se limitan solo a, blanqueadores, ácido y químicos cáusticos (en general el ácido de las baterías, lejía común, ácido muriático

(ácido clorhídrico), hidróxido de sodio, y ácido sulfúrico), instrumentos que contienen mercurio (en general instrumental médico, termómetros, barómetros y manómetros), amalgamas dentales (empastes) pintura látex (fabricados antes de 1990), baterías, luz eléctrica (lámparas fluorescentes, filamentos de alambres incandescentes, lámparas a vapor de mercurio, lámparas ultravioletas), pesticidas, productos farmacéuticos (en general spray nasales, cosméticos, productos de lentes de contacto), detergentes domésticos y limpiadores, químicos de laboratorio, tintas y revestidores de papel, aceites lubricantes, dispositivos cableados e interruptores, textiles. Aunque el uso del mercurio está prohibido en la elaboración de muchos de los artículos mencionados anteriormente, todavía, existen algunos productos antiguos que lo usan<sup>52</sup>. Las operaciones mineras, las plantas cloro-alcálicas y la industria del papel son productores significativos de mercurio<sup>53</sup>. El mercurio atmosférico es dispersado a lo largo de todo el globo terrestre por el viento y vuelve a la tierra por medio de la lluvia, acumulándose en las cadenas tróficas acuáticas.

Las plantas terrestres son generalmente insensibles a los efectos dañinos de compuestos de mercurio, sin embargo, el mercurio es conocido por alterar la fotosíntesis y el metabolismo oxidativo interfiriendo en la cadena transportadora de electrones en los cloroplastos y mitocondrias. El mercurio inhibe también la actividad de las acuaporinas y reduce la absorción de agua por la planta<sup>54</sup>.

#### 2.3.6. Efectos del mercurio en la salud humana

El mercurio y sus compuestos son toxinas acumulativas que en pequeñas cantidades son peligrosos para la salud humana. Los mayores efectos por envenenamiento por mercurio se manifiestan como desórdenes neurológicos y renales como también pueden atravesar fácilmente la barrera hematocefálica y tener efectos sobre el cerebro.<sup>51</sup> El mercurio es un elemento altamente tóxico que es encontrado de forma natural y como contaminante introducido en el medio ambiente. Aunque su potencial de alta toxicidad en áreas altamente contaminadas tales como Minamata Bay,

Japón, en los años 50 y 60s, está muy bien documentado, investigaciones han demostrado que el mercurio puede ser un peligro para la salud de las personas y la vida silvestre en muchos medioambientes que obviamente no están contaminados<sup>55</sup>.

El consejo de nacional de investigaciones de los estados Unidos, en su reporte del 2000 sobre los efectos toxicológicos del mercurio, resalto que las poblaciones de más alto riesgo son los recién nacidos de mujeres quienes consumen grandes cantidades de pescados y productos marinos. Este reporte fue sobre el estimado que más de 60 000 niños nacen cada año en riesgo por los efectos adversos al neurodesarrollo debido a una exposición del útero a metilmercurio. En su reporte al congreso sobre el mercurio en 1997, la agencia de protección medioambiental de los Estados Unidos (EPA) concluyo que el mercurio representa también un riesgo para algunos adultos y poblaciones silvestres que consumen grandes cantidades de peces que están contaminados con mercurio. El mercurio es un contaminante medioambiental muy persistente siendo capaz de bioacumularse en tejidos de los peces, bivalvos, animales y humanos. Las sales de mercurio y los compuestos órgano-mercuriales están entre las sustancias más tóxicas en el medioambiente<sup>50</sup>.

#### 2.3.7. Contaminación de ambientes acuáticos por metales pesados

Los metales pesados son elementos no esenciales que pueden convertirse en un problema cuando ellos están en concentraciones demasiado altas<sup>40</sup>. La asociación negativa de los metales pesados con la naturaleza y la salud humana<sup>56</sup> fue caracterizada en mediados de 1950<sup>57</sup>. Los avances en la investigación en el campo medioambiental han venido a través del desarrollo de nuevos métodos analíticos y la modificación de técnicas preexistentes para optimizar la detección de los límites de estos metales pesados en la atmosfera, litosfera y los sistemas acuáticos<sup>58</sup>. El método más común para investigar el nivel de metales pesados en la naturaleza incluye la Espectrometría de Absorción Atómica (AAS) y los métodos

acoplados tales como la Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (HG-ICP-MS)<sup>59</sup>.

La concentración natural de estos metales en la naturaleza es conocida como baja en cualquier ambiente<sup>59</sup>. Estos solo pueden ser liberados a la naturaleza a partir de fuentes naturales como por ejemplo procesos que incluyen el ciclo hidrológico, el viento, la actividad sísmica como los terremotos, y los procesos climáticos a través de medios físicos, químicos y biológicos<sup>60</sup>. El medio ambiente costero es muy susceptible al crecimiento demográfico, incremento en el desarrollo y urbanización y las actividades recreativas<sup>61</sup>. La lejana localización de estos contaminantes tiene una gran influencia sobre la distribución espacial de los metales en los ambientes marinos<sup>62</sup>.

Las principales fuentes de metales pesados en la contaminación de los sistemas acuíferos que pueden incluir operaciones mineras, actividad industrial (acabado metálico, galvanoplastia y refinamiento metálico) y la incineración de residuos municipales (residuos domésticos y médicos). La quema y eliminación de combustibles fósiles por los tubos de escape, los lodos activados y los lixiviados de los vertederos fuente principal efecto directo en la contaminación de estos sistemas acuáticos<sup>63</sup>.



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Tipo y diseño

La presente investigación es de tipo transversal y descriptivo<sup>64</sup>.

- Transversal: Dado que los datos fueron recolectados en un tiempo determinado.
- Descriptivo: Las características de las variables se midieron en el estudio (valores medios de las concentraciones de Mercurio y Arsénico).

#### 3.2. Población y muestra

##### 3.2.1. Muestra

La muestra estuvo constituida por individuos de *Aulacomya atra* “Choros” recolectados de los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo. De cada terminal se obtuvo un total de 250 gramos durante enero del 2018, sumando un total de 20 muestras. Las muestras fueron conservadas en un Cooler con hielo seco a una temperatura de 4°C para su transporte y posterior análisis en el laboratorio.

##### 3.2.2. Reactivos, materiales y equipos

###### a) Reactivos

- Agua ultra pura Tipo I, usada para la preparación de reactivos y limpieza de los materiales de vidrio.
- Agua oxigenada 30 volúmenes de marca Fisher
- Solución stock: 1000mg/L de Hg como Hg (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> de marca Fisher.
- Solución stock: 1000mg/L de As como As (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> de marca Fisher.
- Solución modificante: Ácido fosfórico (1%) ultra puro de marca Fisher.
- Hidróxido de sodio Q.P de marca Fisher.
- Ácido nítrico ultrapuro 65% de marca Fisher.
- Ácido clorhídrico ultra puro 35% de marca Fisher.
- Boro hidruro de Sodio Q.P. de marca Fisher.

- Ioduro de potasio Q.P. de marca Fisher.

b) Materiales

- Fiolas clase A de 25mL y 100mL
- Matraces de 100mL y clase A
- Pipetas automáticas de 100uL – 1000uL
- Pipetas automáticas de 500uL – 5000uL
- Tips de 100uL – 1000uL
- Tips de 500uL – 5000uL
- Cooler para transportar la muestra.
- Bolsa de plástico inerte.
- Hielo seco 40 °C

c) Equipos

- Balanza eléctrica marca Sartorius.
- Campana extractora marca Labconco.
- Destilador de agua marca Labconco.
- Digestor Microonda Multiwave marca Labconco.
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica Thermo Scientific Perkin Elmer Analyst 600 y con FIAS (Generador de Hidruros).

### 3.3. Criterios de inclusión y exclusión

#### 3.3.1. Criterios de inclusión

- Bivalvos *Aulacomya atra* “Choros” de los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en el mes de enero del 2018.

#### 3.3.2. Criterios de exclusión

- Bivalvos diferentes a *Aulacomya atra* “Choros” recolectados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en el mes de enero del 2018.

- Bivalvos *Aulacomya atra* “Choros” que no sean recolectados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en el mes de enero del 2018.

### **3.4. Metodología**

La determinación de los niveles de concentración de mercurio y arsénico en las muestras de los bivalvos recolectados, fue realizada mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica con generador de hidruros vapor frío para mercurio y Espectrofotometría de Absorción Atómica con flama y generador de hidruros para arsénico. Esta técnica permitió una determinación cuantitativa de los metales mencionados. Los datos generados fueron analizados y comparados con el límite máximo permisible según SANIPES. Finalmente se determinó que los valores encontrados no superan los límites máximos permisibles estipulados por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES)<sup>37</sup>.

### **3.5. Instrumentos y procedimientos de recolección de datos**

#### a) Procesamiento de la muestra

- Limpieza y acondicionamiento del material, en este análisis se utilizó material de vidrio, todo fue lavado y tratado con ácido nítrico 50%, continuando con agua ultra pura y llevado a estufa para el secado correspondiente.
- 0,5 g de la muestra fueron pesados de choros (*Aulacomya atra*) finamente homogenizados del centro de cada muestra.

#### b) Digestión de microondas

- El primer proceso consistió en la digestión de la muestra (del centro del choro) es decir, la destrucción de la materia orgánica (DMO), que se realizó por oxidación en el digestor de microondas con la intención de destruir la materia orgánica y de esta manera liberar los metales.

- Para ello se procedió a pesar 0,5 g de muestra y se colocó en un tubo de teflón donde se adicionó 6mL de ácido nítrico al 33% ultra puro,
- luego se agregó 1mL de ácido clorhídrico al 65% ultra puro y por último 0,5mL de agua oxigenada 30 vol. ultra pura.
- Luego se selló el tubo de teflón y se llevó al Digestor de Microondas a una potencia de 1600 w por un tiempo de 15 minutos y luego se enfrió por 30 minutos.
- Después se trasvasó a fioles de 25mL y se completó con agua ultra pura tipo I luego se realizó las lecturas correspondientes por Espectrofotometría de Absorción Atómica con generador de hidruros vapor frio para mercurio y Espectrofotometría de Absorción Atómica con flama y generadoras de hidruros para arsénico.

**Tabla 1.** Cuantificación de Mercurio por generador de Hidruros

<b>PARÁMETROS DE INSTRUMENTO</b>	
Tipo de Sistema	frio
Elemento	Mercurio - Hg
Base - Matriz	Ácido Fosfórico ultra puro
Corriente de Lámpara	3,00mA
Longitud de Onda	253,70nm
Ancho de corte	0,50 nm
Tamaño de Apertura	Normal

**Tabla 2.** Parámetros de Calibración

Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Concentración	ppb
Punto decimal de Concentración	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de calibración	Parar
Medir muestra en Blanco después de Calibrar	No
Auto-guardar método después de calibrar	Si

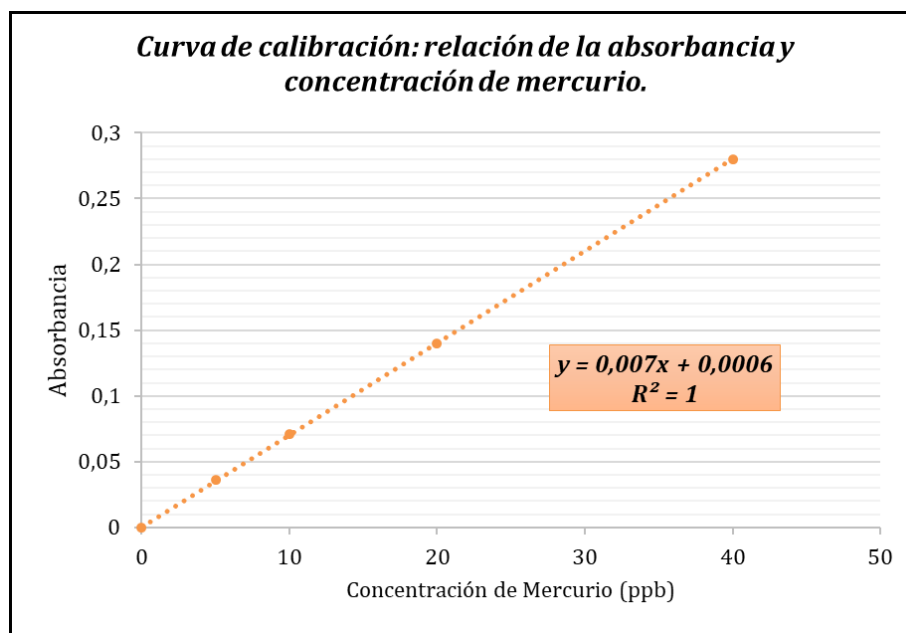
**Tabla 3.** Parámetros de Medición de muestra

Modo de Medición	Integración
Introducción de Muestras	Manual.
Constante de Tiempo	0.00 s
Replicas	2
Auto-guardar método después de calibrar	SI

c) Calibración

**Tabla 4.** Modo de calibración: LS Lineal A través de Cero, Error máx.: 0,1377, R2: 0,9999, R: 1, Concentración = 142,7132 \*Absorbancia.

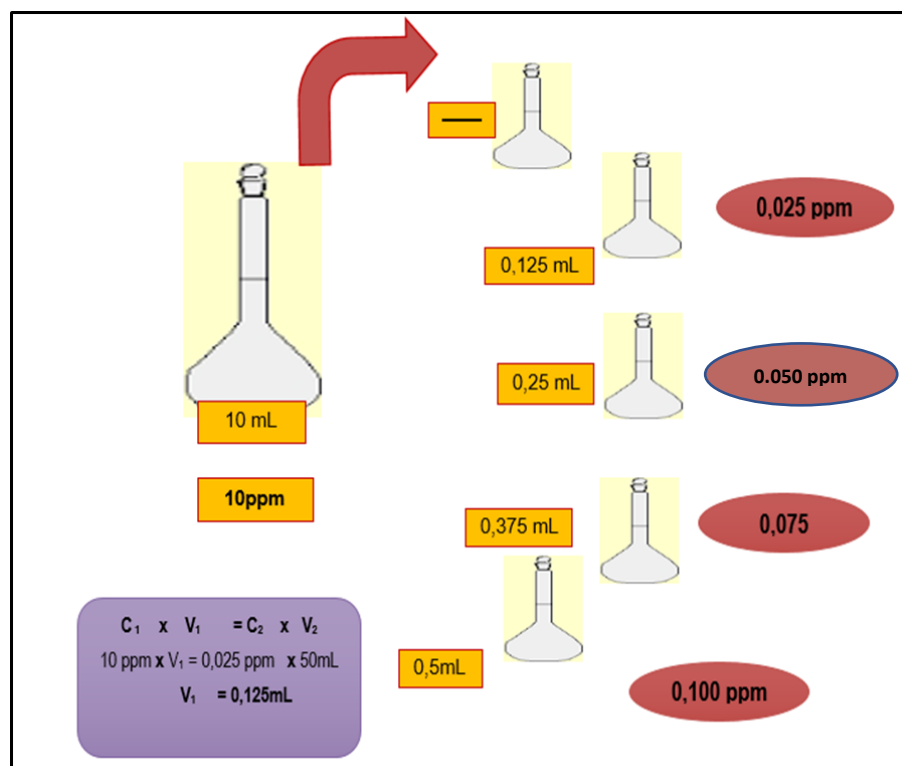
Muestra Etiquetada	Concentración Hg (ppb)	Media Absorbancia
Calibración Blanco	0,00	0,0000
Estándar 1	5,00	0,0360
Estándar 2	10,00	0,0710
Estándar 3	20,00	0,1400
Estándar 4	40,00	0,2800



**Figura 2.** Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de mercurio

d) Elaboración de la curva patrón de arsénico

- A partir de la solución estándar se prepara 5 fioles y se toma alícuotas de: 0,0 (blanco), 0,125 mL, 0,25 mL y 0,5 mL. y se lleva a un volumen de 50 mL, el blanco solo tiene HNO<sub>3</sub> 0.2M.

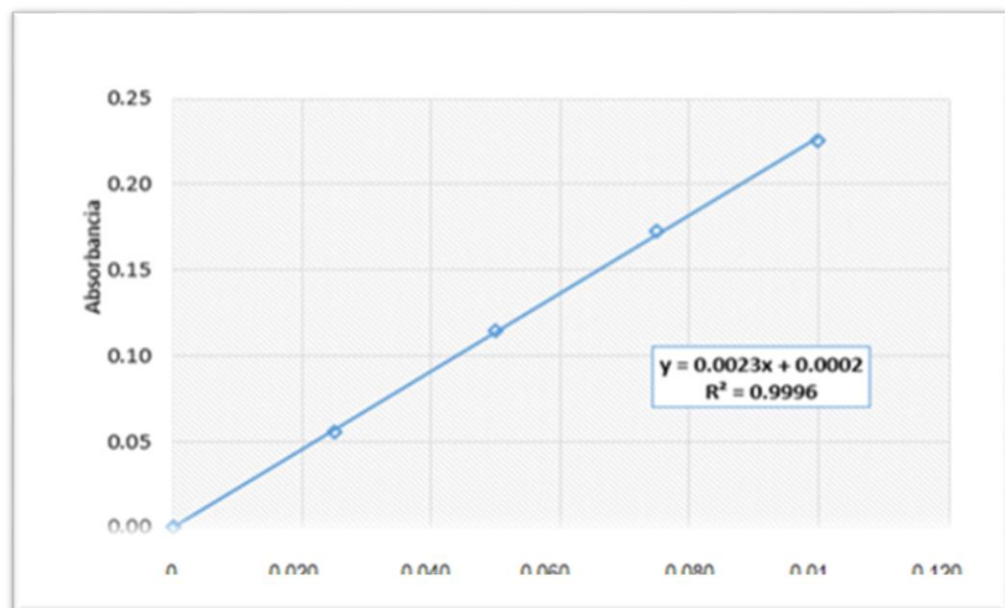


**Figura 3.** Elaboración de la curva patrón de arsénico.

- Enseguida se toma registro de cada una de las absorbancias frente a las concentraciones. A continuación, se elabora la curva de calibración.

**Tabla 5.** Rangos de preparación de la solución patrón

MUESTRA ETIQUETADA	[ ] ARSÉNICO (PPM)	MEDIA ABSORBANCIA
Cal blanca	0,000	0,000
Estándar 1	0,025	0,145
Estándar 2	0,050	0,295
Estándar 3	0,075	0,439
Estándar 4	0,100	0,590



**Figura 4.** Curva de calibración de Arsénico

- Determinación de arsénico por Espectrometría de Absorción Atómica por Generación de Hidruros (FIAS).



**Tabla 6.** Parámetros del Espectrómetro de Absorción Atómica para la evaluación de arsénico.

<b>PARÁMETROS DE INSTRUMENTO</b>	
Tipo de Sistema	Generación de Hidruros (FIAS).
Elemento	Arsénico - As
Matriz	HCl ultra puro 30%
Corriente de Lámpara	8,00 mA
Longitud de Onda	193,70 nm
Ancho de corte	2,00 nm
Tamaño de Apertura	Reducido
Modo de Instrumento	Absorbancia BC

**Tabla 7.** Parámetro de Calibración para Arsénico por Espectrometría de Absorción Atómica

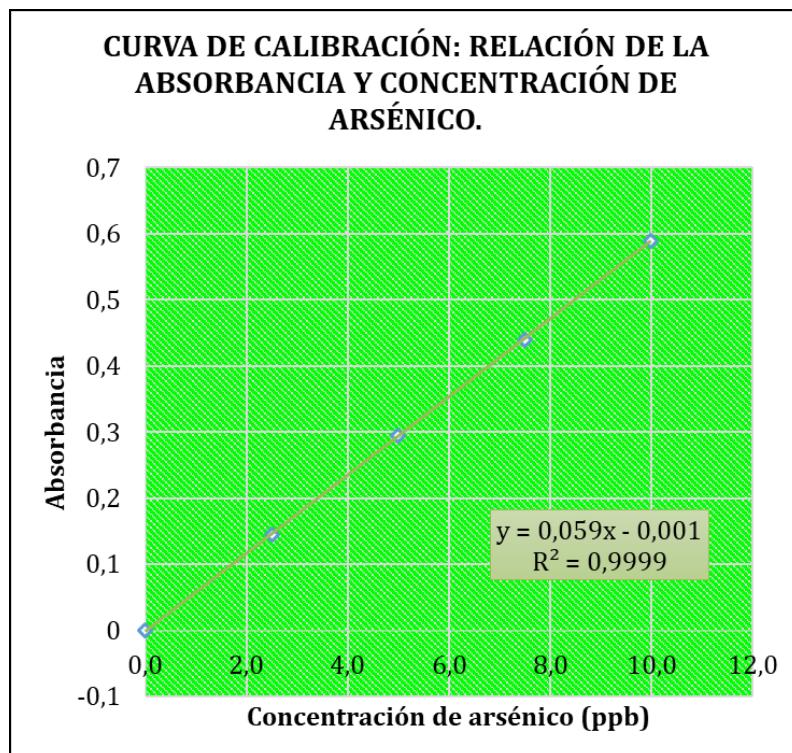
Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Concentración	ppb
Punto decimal de Concentración	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de cal.	Parar
Medir muestra en Blanco después de Cal.	No
Auto-guardar método después de cal.	Si

**Tabla 8.** Parámetros Muestra/Control de flama para Arsénico por Espectrometría de Absorción Atómica

<b>PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA</b>	
Modo de Medición	Integración
Introducción de Muestras	Manual.
Constante de Tiempo	0,00 s
Replicas	3
<b>PARAMETROS CONTROL DE FLAMA</b>	
Tipo de Flama	Aire- Acetileno
Combustible	1,100 l/min
Flujo de Aire	11,10
Angulo de Quemador	0.00 °

**Tabla 9.** Calibración completa para Arsénico por Espectrometría de Absorción Atómica

<b>Muestra Etiquetada</b>	<b>Concentración As (ppb)</b>	<b>Media Absorbancia</b>
Cal. Blanco	0,00	0,000
Estándar 1	2,50	0,145
Estándar 2	5,00	0,295
Estándar 3	7,50	0,439
Estándar 4	10,00	0,590



**Figura 5.** Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de arsénico

### 3.6. Análisis de datos:

Haciendo uso del programa estadístico SPSS se realizó la prueba no paramétrica U-Mann-Whitney con un porcentaje de confiabilidad de 95% para su respectivo análisis, además con el mismo se realizaron los gráficos de las curvas de calibración y tablas.

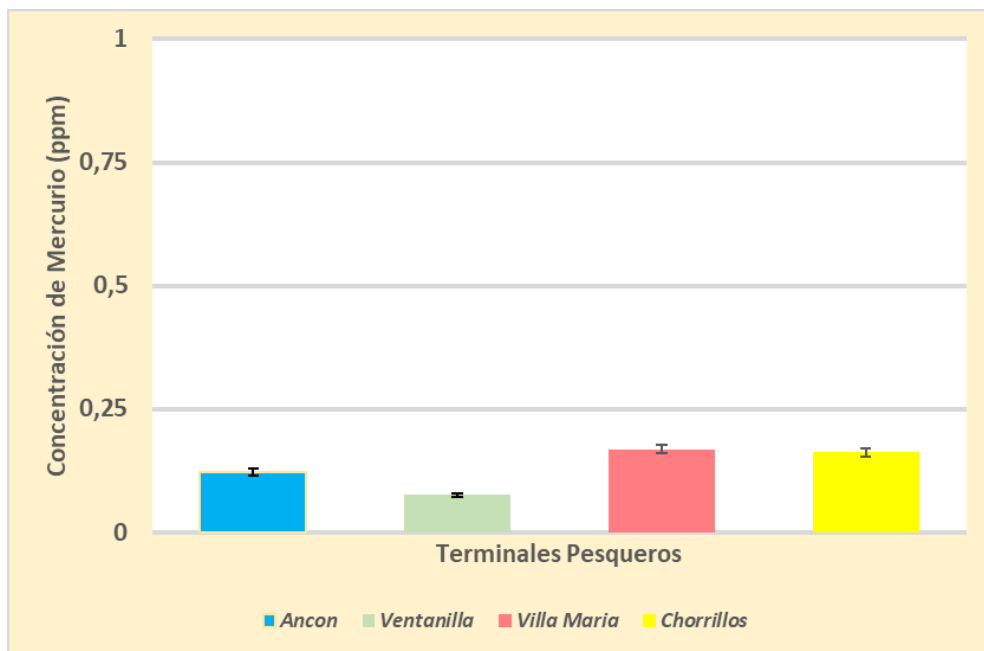
## IV. RESULTADOS

### 4.1. Niveles de concentración de mercurio en *Aulacomya atra* “choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018.

Los valores de concentración de mercurio en las 20 muestras evaluadas procedentes de los terminales pesqueros ubicados en la ciudad de Lima fueron ligeramente similares con un rango de variación de 0,03 a 0,25 ppm de Hg. Comparado con normas peruanas, los datos obtenidos mostraron niveles de este metal por debajo del límite máximo permitido (0.5 ppm) según SANIPES tal como se muestra en la tabla 10. y fig. 6.

**Tabla 10.** Concentración media (ppm), desviación estándar y rango de mercurio en *Aulacomya atra* procedentes de 4 terminales pesqueros de Lima.

<b>Terminal de muestreo</b>	<b>Media <math>\pm</math>DS (ppm)</b>	<b>Rango</b>	<b>Límite máximo permitido (SANIPES) (ppm)</b>
ANCÓN	0,122 $\pm$ 0,063	0,06 – 0,22	0.5
VILLA MARÍA DEL TRIUNFO	0,168 $\pm$ 0,053	0,11 – 0,25	
VENTANILLA	0,076 $\pm$ 0,034	0,03 – 0,12	
CHORRILLOS	0,162 $\pm$ 0,031	0,13 – 0,21	



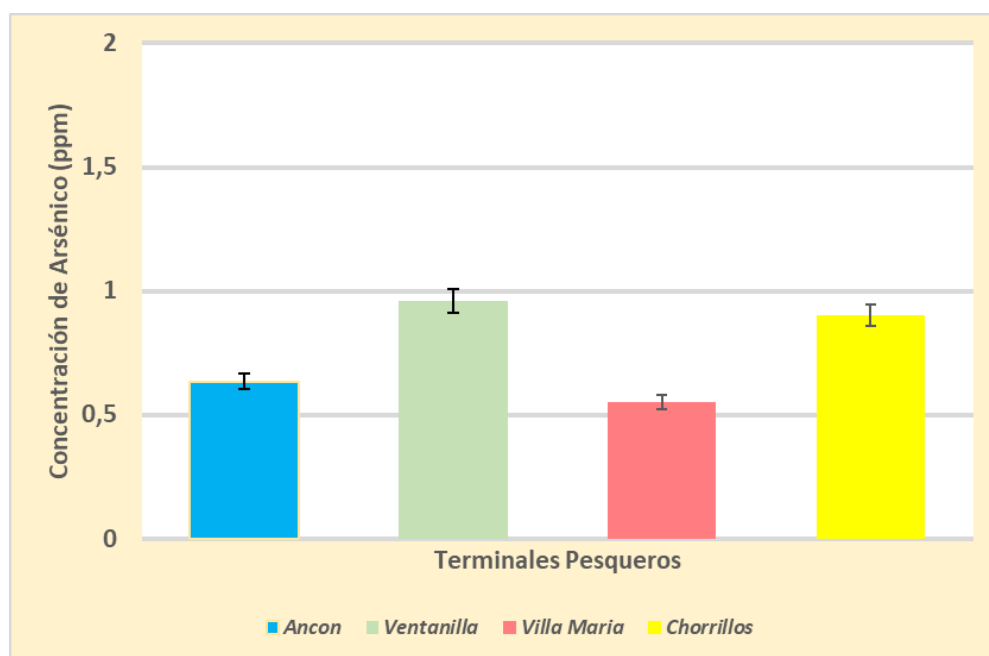
**Figura 6.** Concentración de mercurio en muestras de la especie *Aulacomya atra* recolectada de terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Villa María y Chorrillos.

**4.2. Niveles de concentración de arsénico en *Aulacomya atra* “choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa maría del Triunfo en enero del 2018.**

La concentración de arsénico en las 20 muestras evaluadas procedentes de los terminales pesqueros ubicados en la ciudad de Lima, mostraron niveles de arsénico por debajo del límite máximo permitido (0.5 ppm) según SANIPES. Tal como se muestra en la Tabla 11, Fig. 7.

**Tabla 11.** Concentración media (ppm), desviación estándar y rango de arsénico en *Aulacomya atra* procedentes de 4 terminales pesqueros de Lima.

Terminal de muestreo	Media $\pm$ DS (ppm)	Rango	Límite máximo permitido (SANIPES) (ppm)
ANCÓN	0,634 $\pm$ 0,33	0,32 – 1,18	2
VILLA MARÍA	0,552 $\pm$ 0,13	0,36 – 0,71	
DEL TRIUNFO			
VENTANILLA	0,958 $\pm$ 0,21	0,72 – 1,21	
CHORRILLOS	0,902 $\pm$ 0,35	0,49 – 1,35	



**Figura 7.** Concentración de arsénico en muestras de la especie *Aulacomya atra* recolectada de terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Villa María y Chorrillos.

**4.3. Comparación de los niveles de concentración de Mercurio en *Aulacomya atra* “choros” expendidos en cada uno de los terminales pesqueros: Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa maría del Triunfo.**

**Tabla 12.** Comparación de los niveles medianos de Mercurio según terminal de procedencia (Ancón – Chorrillos)

Indicadores	Mercurio en <i>Aulacomya atra</i> (ppm)
U de Mann-Whitney	6,500
W de Wilcoxon	21,500
Z	-1,257
Sig. Asintótica (bilateral) o P valor	0,209
a. Variable de agrupación: TERMINAL	

A partir de la Tabla 12, se aprecia que no existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio en *Aulacomya atra* según terminal de procedencia (Ancón - Chorrillos) ya que el p valor es 0.209

**Tabla 13.** Comparación de los niveles medianos de Mercurio según terminal de procedencia (Ancón – Ventanilla).

Indicadores	Mercurio en <i>Aulacomya atra</i> (ppm)
U de Mann-Whitney	7,000
W de Wilcoxon	22,000
Z	-1,156
Sig. Asintótica (bilateral) o P valor	0,248
a. Variable de agrupación: TERMINAL	

A partir de la Tabla 13, se aprecia que no existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio en *Aulacomya atra* según terminal de procedencia (Ancón - Ventanilla) ya que el p valor es 0.248.

**Tabla 14.** Comparación de los niveles medianos de Mercurio según terminal de procedencia (Ancón – Villa María del Triunfo).

Indicadores	Mercurio en <i>Aulacomya atra</i> (ppm)
U de Mann-Whitney	6,000
W de Wilcoxon	21,000
Z	-1,366
Sig. asintótica(bilateral) o P valor	0,172
a. Variable de agrupación: TERMINAL	

A partir de la Tabla 14, se aprecia que no existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio en *Aulacomya atra* según terminal de procedencia (Ancón - Ventanilla) ya que el p valor es 0.172

**Tabla 15.** Comparación de los niveles medianos de Mercurio según terminal de procedencia (Ventanilla vs Villa María del Triunfo)

Indicadores	Mercurio en <i>Aulacomya atra</i> (ppm)
U de Mann-Whitney	1,000
W de Wilcoxon	16,000
Z	-2,402
Sig. asintótica(bilateral) o P valor	0,016
a. Variable de agrupación: TERMINAL	

A partir de la Tabla 15, se aprecia que existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio en *Aulacomya atra* según terminal de procedencia (Ventanilla - Villa María del Triunfo) ya que el p valor es 0.016



**Tabla 16.** Comparación de los niveles medianos de Mercurio según terminal de procedencia (Ventanilla—Chorrillo)

Indicadores	Mercurio en <i>Aulacomya atra</i> (ppm)
U de Mann-Whitney	0,000
W de Wilcoxon	15,000
Z	-2,611
Sig. asintótica(bilateral) o P valor	0,009
a. Variable de agrupación: TERMINAL	

A partir de la Tabla 16, se aprecia que existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio en *Aulacomya atra* según terminal de procedencia (Ventanilla - Chorrillos) ya que el p valor es 0.009

**Tabla 17.** Comparación de los niveles medianos de Mercurio según terminal de procedencia (Villa María del Triunfo—Chorrillos).

Indicadores	Mercurio en <i>Aulacomya atra</i> (ppm)
U de Mann-Whitney	12,000
W de Wilcoxon	27,000
Z	-,105
Sig. asintótica(bilateral) o valor P	0,916
a. Variable de agrupación: TERMINAL	

A partir de la Tabla 17, se aprecia que no existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio en *Aulacomya atra* según terminal de procedencia (Ventanilla - Chorrillos) ya que el p valor es 0.916.

**4.4. Comparación de los niveles de concentración de Arsénico en *Aulacomya atra* “choros” expendidos en cada uno de los terminales pesqueros: Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa maría del Triunfo**

**Tabla 18.** Comparación de los niveles medianos de Arsénico según terminal de procedencia (Ancón – Chorrillos).

Indicadores	Arsénico en <i>Aulacomya atra</i> (ppm)
U de Mann-Whitney	6,000
W de Wilcoxon	21,000
Z	-1,358
Sig. asintótica(bilateral) o P valor	0,175
a. Variable de agrupación: TERMINAL	

A partir de la Tabla 18, se aprecia que no existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio en *Aulacomya atra* según terminal de procedencia (Ancón - Chorrillos) ya que el p valor es 0.175

**Tabla 19.** Comparación de los niveles medianos de Arsénico según terminal de procedencia (Ancón – Ventanilla).

Indicadores	Arsénico en <i>Aulacomya atra</i> (ppm)
U de Mann-Whitney	4,000
W de Wilcoxon	19,000
Z	-1,776
Sig. asintótica(bilateral) o P valor	0,076
a. Variable de agrupación: TERMINAL	

A partir de la Tabla 19, se aprecia que no existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio en *Aulacomya atra* según terminal de procedencia (Ancón - Ventanilla) ya que el p valor es 0.076

**Tabla 20.** Comparación de los niveles medianos de Arsénico según terminal de procedencia (Ancón – Villa María del Triunfo).

Indicadores	Arsénico en <i>Aulacomya atra</i> (ppm)
U de Mann-Whitney	12,000
W de Wilcoxon	27,000
Z	-,104
Sig. Asintótica (bilateral) o valor P	0,917
a. Variable de agrupación: TERMINAL	

A partir de la Tabla 20, se aprecia que no existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio en *Aulacomya atra* según terminal de procedencia (Ancón - Villa María del Triunfo) ya que el p valor es 0.917

**Tabla 21.** Comparación de los niveles medianos de Arsénico según terminal de procedencia (Ventanilla — Villa María del Triunfo).

Indicadores	Arsénico en <i>Aulacomya atra</i> (ppm)
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	15,000
Z	-2,611
Sig. asintótica(bilateral) o valor P	0,009
a. Variable de agrupación: TERMINAL	

A partir de la Tabla 21, se aprecia que existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio en *Aulacomya atra* según terminal de procedencia (Ventanilla - Villa María del Triunfo) ya que el p valor es 0.009

**Tabla 22.** Comparación de los niveles medianos de Arsénico según terminal de procedencia (Ventanilla — Chorrillos).

Indicadores	Arsénico en <i>Aulacomya atra</i> (ppm)
U de Mann-Whitney	11,000
W de Wilcoxon	26,000
Z	-,313
Sig. asintótica(bilateral) o valor P	0,754
a. Variable de agrupación: TERMINAL	

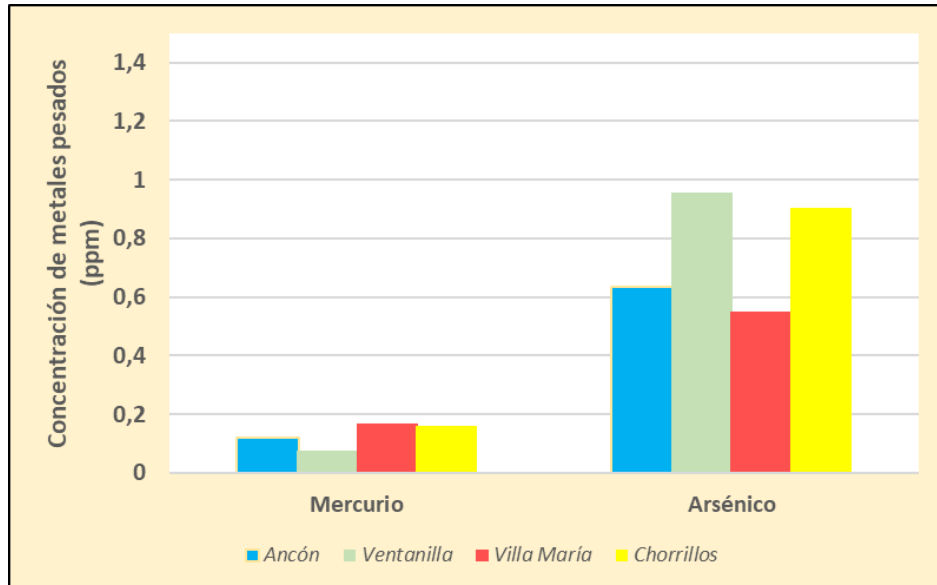
A partir de la Tabla 22, se aprecia que no existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio en *Aulacomya atra* según terminal de procedencia (Ventanilla - Chorrillos) ya que el p valor es 0.754

**Tabla 23.** Comparación de los niveles medianos de Arsénico según terminal de procedencia (Villa María del Triunfo — Chorrillos).

Indicadores	Arsénico en <i>Aulacomya atra</i> (ppm)
U de Mann-Whitney	4,500
W de Wilcoxon	19,500
Z	-1,676
Sig. asintótica(bilateral) o valor P	0,094
a. Variable de agrupación: TERMINAL	

A partir de la Tabla 12, se aprecia que no existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio en *Aulacomya atra* según terminal de procedencia (María del Triunfo vs Chorrillos) ya que el p valor es 0.094.

Las concentraciones de mercurio fueron todas menores en las muestras evaluadas ( $<0,11 - 0,25>$ ) sin embargo las concentraciones de arsénico ( $<0,32 - 1,35>$ ) mostraron valores más altos en los mismos terminales pesqueros evaluados, Fig. 8.



**Figura 8.** Concentración de arsénico y mercurio en muestras de la especie *Aulacomya atra* recolectadas de terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Villa María y Chorrillos.

## V. DISCUSIÓN

Los niveles de concentración de mercurio y arsénico determinados para veinte muestras de *Aulacomya atra* “choros” no superaron el límite máximo permisible recomendado por SANIPES (0.5 ppm Hg—2ppm As), estos datos concuerdan con los reportes de Ruiz et al.<sup>19</sup> quienes cuantificaron a través de la técnica de Espectrometría de absorción atómica, bajos niveles de metales pesados (aluminio, cromo, cobre, manganeso) a partir de diferentes tejidos (branquias, manto y glándulas digestivas) de *A. atra* recolectados de las costas argentinas del norte de Patagonia.

Otro análisis realizado por Giarratano et al.<sup>22</sup> donde evaluó la concentración de trazas metálicas en tejido muscular de *A. atra atra*, reportan la variación de las concentraciones de trazas metálicas de acuerdo a la estación del año, encontrando los valores más elevados en el invierno.

Utilizando también la técnica de Espectrometría de absorción atómica, estudios realizados por Barraza et al.<sup>20</sup> donde cuantificaron metales pesados como: arsénico, cadmio y mercurio en el tejido muscular de dos especies de merluza, hallando un rango de 0.01 – 0.04 ppm (bajos niveles) de estos metales pesados en los músculos de esta especie, lo cual corrobora también los hallazgos reportados en este estudio.

Por otra parte, análisis realizados por Collaguazo et al.<sup>18</sup> sobre la cuantificación de metales pesados en la especie *Anadara tuberculosa* del estero Huaylá de Puerto Bolívar a través del método de espectrofotometría de absorción atómica, reportan que los valores obtenidos de la concentración de metales pesados fueron > a 1.5 ppm, los cuales superan los límites máximos permisibles establecidos por la Norma de la Unión Europea.

La comparación de los niveles de mercurio en las muestras de *A. atra* según el terminal de procedencia (Ancón vs Chorrillos; Ancón vs Villa María del Triunfo; Ventanilla vs Chorrillos) no fueron significativos después de realizada la comparación de medianas a través de la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. Estos hallazgos concuerdan con los reportes de Cajaleón y Concepción<sup>23</sup> quienes evaluaron la presencia de arsénico y mercurio en peces procedentes de dos zonas (Huacho y Chorrillos), quienes

no hallaron diferencias significativas al comparar los niveles de concentración de mercurio y arsénico en las muestras (órganos blandos de peces) y en el agua procedentes dos zonas de estudio (Huacho y Chorrillos), además de presentar bajas concentraciones según el límite máximo permisible. Sin embargo, los valores de concentración de mercurio resultaron significativos en la comparación de los terminales de Ventanilla – Chorrillos y Ventanilla - Villa María del Triunfo; con respecto a concentraciones de arsénico la comparación entre los terminales de Ventanilla vs Villa María del Triunfo resulto significativa.

## VI. CONCLUSIONES

- Las concentraciones de mercurio y arsénico en las muestras de *Aulacomya atra* recolectadas de los terminales pesqueros de Ancón, Villa María del Triunfo, Ventanilla y Chorrillos no sobrepasan el límite máximo permisible según SANIPES.
- La mayoría de los terminales no presentaron diferencias significativas con respecto a la comparación de los niveles de concentración de Mercurio en muestras de *Aulacomya atra*. Sin embargo, 3 terminales presentaron ligeras diferencias estadísticamente significativas con respecto a la concentración de este metal pesado.
- Con respecto a la concentración de Arsénico, la mayoría de los terminales pesqueros no presentaron diferencias estadísticamente significativas al comparar los niveles del metal en las muestras biológicas evaluadas. Solo 2 terminales presentaron diferencias estadísticamente significativas en la concentración de arsénico.



## VII. RECOMENDACIONES

- 1.- Las organizaciones de salud e instituciones de pesquería basados en las normativas de SANIPES, deberían vigilar el control de calidad con respecto a las concentraciones de otros metales pesados presentes en especies de bivalvos como *Aulacomya atra*, los cuales son comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María de Triunfo.
  
- 2.- Se recomienda realizar más estudios acerca de la concentración de otros metales pesados, así como también se debe realizar estudios microbiológicos para determinar la inocuidad de estos alimentos marinos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Marcovecchio JE. The use of *Micropogonias furnieri* and *Mugil liza* as bioindicators of heavy metals pollution in la Plata river estuary, Argentina 219-226. Science of the Total Environment. 2004;
2. Gümgüm B, ünlü E, Tez Z, Gülsün Z. Heavy metal pollution in water, sediment and fish from the Tigris River in Turkey. Chemosphere. 1994;
3. Uthe JF, Chou CL, Misra RK, Yeats P a, Loring DH, Musial CJ, et al. Temporal trend monitoring: Introduction to the study of contaminant levels in marine biota. Vol. 14, Techniques in Marine Environmental Sciences. 1991.
4. Elliott JM, Hellawell JM. Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management. The Journal of Animal Ecology. 1987;
5. Lee YH, Stuebing RB. Heavy metal contamination in the River Toad, *Bufo juxtasper* (Inger), near a copper mine in East Malaysia. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology [Internet]. 1990;45(2):272–9. Available from: <https://doi.org/10.1007/BF01700195>
6. Yap CK, Ismail A, Tan SG. Heavy metal (Cd, Cu, Pb and Zn) concentrations in the green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) collected from some wild and aquacultural sites in the west coast of Peninsular Malaysia. Food Chemistry. 2004;
7. Shaikh ZA, Smith LM. Biological indicators of cadmium exposure and toxicity. Experientia. Supplementum. 1986.
8. Leonzio C, Bacci E, Focardi S, Renzoni A. Heavy metals in organisms from the Northern Tyrrhenian sea. Science of the Total Environment, The. 1981;
9. Cooper RJ, Langlois D, Olley J. Heavy metals in Tasmanian shellfish 1 — monitoring heavy metal contamination in the Derwent estuary: Use of oysters and mussels. Journal of Applied Toxicology. 1982;
10. Sivaperumal P, Sankar T V., Viswanathan Nair PG. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. Food Chem. 2007;

11. Wang WX. Comparison of metal uptake rate and absorption efficiency in marine-bivalves. *Environ Toxicol Chem.* 2001;
12. Tapia J, Bertrán C, Araya C, Astudillo MJ, Vargas-Chacoff L, Carrasco G, et al. Study of the copper, chromium and lead content in *Mugil cephalus* and *Eleginops maclovinus* obtained in the mouths of the Maule and Mataquito rivers (Maule Region, Chile). *J Chil Chem Soc.* 2009;
13. Calabrese E. Trace Elements and Public Health. *Annu Rev Public Health.* 1985;
14. Eróstegui Revilla C. Contaminación por metales pesados. *Rev Científica Cienc Médica.* 2009;
15. European Community. Commission Regulation No. 1881/2006 of 19 December 2006. *Official Journal of European Communities L 364/5.* (2006).
16. USFDA. Food and Drug Administration. Guidance Document for Cadmium in Shellfish. US Department of Health and Human Services, Public Health Service (1993a). Office of Seafood (HFS-416), 200 C Street, SW, Washington, D.C. 20204.
17. Mamani Loayza RM. Sistema de depuración natural de metales pesados, cadmio, plomo y mercurio; para el choro (*Aulacomya atra*), en el puerto de Ilo [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Pesquero]. Universidad de San Agustín; 2019.
18. Collaguazo N, Ayala H y Machuca G. Cuantificación de metales pesados en *Anadara tuberculosa* (*Mollusca bivalvia*) del estero Huaylá de Puerto Bolívar, por espectrofotometría de absorción atómica. *Rev. Ecuatoriana Ciencia UNEMI* [Internet]. 2017 [Citado el 25 de mayo del 2019]; pp.01-10.
19. Ruiz MD, Iriel A, Yusseppone MS, Ortiz N, Salvatore P Di, Cirelli AF. Ecotoxicology and Environmental Safety Trace metals and oxidative status in soft tissues of caged mussels (*Aulacomya atra*) on the North Patagonian coastline. *Ecotoxicol Environ Saf* [Internet]. 2018;155(February):152–61. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.064>
20. Barraza M, Recavarren M, Sanzano P. Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea. 2018.

21. Di Salvatore P, Calcagno JA, Ortíz N, Ríos de Molina M del C, Sabatini SE. Effect of seasonality on oxidative stress responses and metal accumulation in soft tissues of *Aulacomya atra*, a mussel from the South Atlantic Patagonian coast. *Mar Environ Res* [Internet]. 2013;92:244–52. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.10.004>
22. Giarratano E, Gil MN, Malanga G. Biomarkers of environmental stress in gills of ribbed mussel *Aulacomya atra atra* (Nuevo Gulf, Northern Patagonia). *Ecotoxicol Environ Saf* [Internet]. 2014;107:111–9. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651314002000>
23. Cajaleón Calixto CC, Darvin Rolando CM. Determinación de la concentración de arsénico y mercurio por espectrofotometría de absorción atómica en peces procedentes del mar de Huacho y Chorrillos [Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico Bioquímico]. Universidad Inca Garcilaso De La Vega; 2018.
24. Barriga M y Aranda D. 2013. Metales pesados (Pb, Cd y Hg) en moluscos bivalvos. *Bol. invest. Inst. tecnol. Prod. Perú* 11: 16-20.
25. Pacus FAT, Jaimes AMF, Dominguez CMM. Determinación de Metales Pesados en Mariscos Comercializados en el Puerto de Huacho, 2015. *Big Bang Faustiniiano* [Internet]. 2017;5(4):10–4. Available from: <http://revistas.unjfsc.edu.pe/index.php/BIGBANG/article/view/28>
26. Marín G, García M. Contaminación por cadmio en alimentos marinos, Lima – 2015. [Internet]. [citado 9 nov.2019];19(1):24-8. Available from: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/13624>
27. Instituto del Mar del Perú. Guía ilustrada para reconocimiento de especies de moluscos bivalvos con valor comercial [Internet]. Lima: IMARPE; 2016. 84p. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3026>
28. Cancino JM, Becerra R. Aspectos de la biología y tecnología del cultivo de *Aulacomya ater* (Molina, 1782) (Mollusca: Mytilidae). *Biología Pesquera, Chile* (1978). 10: 27-45.

29. Instituto del Mar del Perú. Guía ilustrada para reconocimiento de especies de moluscos bivalvos con valor comercial [Internet]. Lima: IMARPE; 2016. 84p. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3026>
30. Zaixso H, Re M, Morsan E. Moluscos costeros de interés económico actual o potencial. In 2015. p. 128–308.
31. Álamo V. Lista sistemática de moluscos.pdf. Boletín – Volumen extraordinario. Instituto del Mar del Perú; 1987.
32. Ramírez, J. Moluscos de Chile. Museo Nacional de Historia Natural, Chile. Volumen 4 (I - II) Bivalvia. 1993.
33. Instituto del Mar del Perú. Estado de la pesquería del recurso choro (*Aulacomya atra*, Molina 1872) [Internet]. Lima: IMARPE; 2019 pp. 3–30. Disponible en: [http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/estado\\_pesqueria\\_choro.pdf](http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/estado_pesqueria_choro.pdf)
34. Osorio, CR. Iguain B. & Navarrete C. Alimentación natural de *Aulacomya ater* (Molina, 1782) en Punta Paloma, Arica. Boletín Museo Historia Natural de Chile. 1982. 39: 111-118.
35. Subsecretaría de Pesca. Informe Técnico N° 10. Cierre de Registro Pesquero Artesanal de Recursos Bentónicos en la II Región enero 2005 [Internet]. Subsecretaría de Pesca; 2005 pp. 2–28. Disponible en: <https://studylib.es/doc/507125/cierre-de-registro-pesquero-artesanal-de-recursos-bent%C3%B3ni>.
36. Castro J. Análisis cualitativo del contenido estomacal de *Aulacomya ater* [Tesis para optar el grado de Bachiller en Ciencias Biológicas]. Universidad Nacional de Trujillo; 1975.
37. SANIPES. (2017, octubre 02). Resolución de dirección ejecutiva. R.D.E. N° 072-2017-SANIPES-DE. Surquillo, Lima, Perú: Ministerio de la Producción. SANIPES. (2018, octubre 17). Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. Retrieved from Ministerio de la Producción: <http://www.sanipes.gob.pe/web/index.php/es/acuicultura/tusprogramas/control-de-moluscos-bivalvos>

38. Roberts, J.R. Metal toxicity in children. In Training Manual on Pediatric Environmental Health: Putting It into Practice Jun. Emeryville, CA: Children's Environmental Health Network. 1999. (<http://www.cehn.org/cehn/trainingmanual/pdf/manualfull.pdf>).
39. Lupton GP, Kao GF, Johnson FB, Graham JH, Helwig EB. Cutaneous mercury granuloma: A clinicopathologic study and review of the literature. *J Am Acad Dermatol.* 1985; 1985. 12(2, Pt. 1): 296-303
40. Tangahu BV, Sheikh Abdullah SR, Basri H, Idris M, Anuar N, Mukhlisin M. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering.* 2011.
41. Mohan D, Pittman CU. Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents—A critical review. *J Hazard Mater* [Internet]. 2007;142(1):1–53. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389407000349>
42. Matschullat J. Arsenic in the geosphere - A review. *Sci Total Environ.* 2000;
43. Reimer KJ, Koch I, Cullen WR. Organoarsenicals. Distribution and transformation in the environment. *Metal ions in life sciences.* 2010.
44. Andrianisa HA, Ito A, Sasaki A, Aizawa J, Umita T. Biotransformation of arsenic species by activated sludge and removal of bio-oxidised arsenate from wastewater by coagulation with ferric chloride. *Water Res.* 2008;
45. ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 4770 Buford Hwy NE Atlanta, GA 30341. (Oct 2011 update). (<http://www.atsdr.cdc.gov/SPL/index.html>).
46. Lappenbusch WL. Health Effects of Drinking Water Contaminants. *Proc Ontario Ind Waste Conf.* 1984;(May):271–91.
47. Hopenhayn C. Arsenic in drinking water: impact on human health. *Elements.* 2006;2(2):103–7.
48. International Agency for Research on Cancer;(IARC). Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk to Humans: Arsenic and arsenic compounds, Lyon. (1987).

49. Fact Sheet. Arsenic in the environment, Washington State Department of Health (2003). available: <http://www.doh.wa.gov/ehp/factsheets.htm>
50. Chang TC, You SJ, Yu BS, Chen CM, Chiu YC. Treating high-mercury-containing lamps using full-scale thermal desorption technology. *J Hazard Mater.* 2009;
51. Rezaee A, Derayat J, Mortazavi SB, Yamini Y, Jafarzadeh MT. Removal of Mercury from chlor-alkali Industry Wastewater using *Acetobacter xylinum Cellulose*. *Am J Environ Sci.* 2005;
52. Musselman JF and QEP. Sources of Mercury in Wastewater, Pretreatment corner. 2004. [http://www.cet-inc.com/cmsdocuments//7%20%20Sources%20of%20in%20Wastewater%20\(0204\).pdf](http://www.cet-inc.com/cmsdocuments//7%20%20Sources%20of%20in%20Wastewater%20(0204).pdf).
53. Goyer R.A. Toxic effects of metals. In: Casarett and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons. Postgrad Med J [Internet]. 1996. Apr;57(666):271. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2425011/>
54. Sas-Nowosielska A, Galimska-Stypa R, Kucharski R, Zielonka U, Małkowski E, Gray L. Remediation aspect of microbial changes of plant rhizosphere in mercury contaminated soil. *Environ Monit Assess.* 2008;
55. USGS. Mercury in the Environment, Fact Sheet 146-00. 2000. Available: <http://www.usgs.gov/themes/factsheet/146-00/index.html>.
56. Raeisi S, Rad JS, Rad MS, Zakariaei H. Analysis of heavy metals content in water, sediments and fish from the Gorgan bay, southeastern Caspian sea, Iran. *Int J Adv Biol Biomed Res* [Internet]. 2014;2(6):2162–72. Available from: <http://www.ijabbr.com>
57. Meybeck M, Lestel L, Bonté P, Moilleron R, Colin JL, Rousselot O, et al. Historical perspective of heavy metals contamination (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) in the Seine River basin (France) following a DPSIR approach (1950–2005). *Sci Total Environ* [Internet]. 2007;375(1):204–31. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969706009430>

58. Valavanidis PA, Vlachogianni T. “Metal Pollution in Ecosystems. Ecotoxicology Studies and Risk Assessment in the Marine Environment” *Ecotoxicology*. 2010;(February 2014).
59. Hu G, Deming RL. Speciation of bio-available chromium in soils by solid-phase extraction and graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Anal Chim Acta* [Internet]. 2005;535(1):237–42. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000326700401637X>
60. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. *Exp Suppl* [Internet]. 2012;101:133–64. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22945569>
61. Gustavson K, Kennedy E. Approaching Wetland Valuation in Canada. *Wetlands* [Internet]. 2010;30(6):1065–76. Available from: <https://doi.org/10.1007/s13157-010-0112-0>
62. Greaney KM. An Assessment of Heavy Metal Contamination in the Marine Sediments of Las Perlas Archipelago, Gulf of Panama. *Mar Resour Dev Prot*. 2005;
63. Naik MM, Dubey SK. Marine pollution and microbial remediation. *Marine Pollution and Microbial Remediation*. 2016.
64. Manterola C, Quiroz G, Salazar P, García N. Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica. *Rev Médica Clínica Las Condes* [Internet]. 2019;30(1):36–49. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864019300057>



## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS
Concentración de mercurio y arsénico en <i>Aulacomya atra</i> “Choro” comercializado en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María Del Triunfo, enero del 2018	<b>GENERAL:</b> ¿Cuáles son las concentraciones de mercurio y arsénico en <i>Aulacomya atra</i> “choro” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018?	<b>GENERAL:</b> Determinar la concentración de mercurio y arsénico en <i>Aulacomya atra</i> “choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018.	<b>Hi:</b> La especie <i>Aulacomya atra</i> “Choro” comercializada en los terminales pesqueros: Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018 contienen niveles de concentración de mercurio y arsénico que sobrepasan los límites máximos permisibles dados por SANIPES.  <b>Ho:</b> La especie <i>Aulacomya atra</i> “Choro” comercializada en los terminales pesqueros: Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018 contienen bajos niveles de concentración de mercurio y arsénico según los límites máximos permisibles dados por SANIPES.
	<b>ESPECIFICOS:</b> ¿Cuál es la concentración de mercurio en <i>Aulacomya atra</i> “choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018?	<b>ESPECIFICOS:</b> Determinar la concentración de mercurio en <i>Aulacomya atra</i> “choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018.	
	¿Cuál es la concentración de arsénico en <i>Aulacomya atra</i> “choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018?	Determinar la concentración la concentración de arsénico en <i>Aulacomya atra</i> “choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018.	
	¿Cuál es la diferencia en la concentración de mercurio en <i>Aulacomya atra</i> “choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018?	Comparar la concentración de Mercurio en <i>Aulacomya atra</i> “choros” expendidos en cada uno de los terminales pesqueros: Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo con los LMP.	
	¿Cuál es la diferencia en la concentración de arsénico en <i>Aulacomya atra</i> “choros” comercializados en los terminales pesqueros de Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo en enero del 2018?	Comparar la concentración de Arsénico en <i>Aulacomya atra</i> “choros” expendidos en cada uno de los terminales pesqueros: Ancón, Ventanilla, Chorrillos y Villa María del Triunfo con los LMP.	

**Anexo 2.** Operacionalización de variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	N.º ITEMS	ESCALA	FUENTE
INDEPENDIENTE	Concentraciones de mercurio y arsénico en <i>Aulacomya atra</i> "choro"	Niveles de Mercurio y Arsénico encontrados en <i>Aulacomya atra</i> "choro" por medio de la prueba de absorción atómica	Prueba de espectrofotometría de absorción atómica	Concentraciones de mercurio > 0.5 ppm (mg/kg/hg)  Concentraciones de arsénico > 2 ppm (mg/kg/hg)	Espectrómetro de absorción atómica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentración de mercurio &gt; 0.5 ppm (mg/kg/hg)</li> <li>- Concentración de mercurio &lt; 0.5 ppm (mg/kg/hg)</li> <li>- Concentración de arsénico &gt; 2 ppm (mg/kg/hg)</li> <li>- Concentración de arsénico &lt; 2 ppm (mg/kg/hg)</li> </ul>	Concentración de los metales pesados en ppm (mg/kg/hg)	Muestras de <i>Aulacomya atra</i> "choro"

### **Anexo 3. Taxonomía de *Aulacomya atra* “choro”**

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Yo, **Blgo. Franz T. Cardoso Pacheco**, profesor asociado a dedicación exclusiva del departamento académico de zoología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, dejo:

#### **CONSTANCIA**

Que las muestras biológicas de Moluscos Bivalvos recolectados en el terminal pesquero de Ventanilla, Callao por las bachilleres **Luz Aurora Centurión Contreras** y **Marleni Centurión Contreras**, muestras que servirán en la elaboración de su tesis para optar el título profesional en la Universidad Norbert Wiener, han sido determinadas por mi persona como *Aulacomya atra* (Molina 1782), vulgarmente denominado “choro”. Se adjunta la clasificación taxonómica de la especie:

Clase Bivalvia Linnaeus, 1758

Subclase Autobranchia Grobben, 1894

Orden Mytilida Férussac, 1822

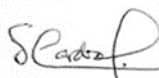
Superfamilia Mytiloidea Rafinesque, 1815

Familia Mytilidae Rafinesque, 1815

Género *Aulacomya* Mörch, 1853

Se expide el presente documento a solicitud de la interesada, para fines que estime conveniente.

Lima, 16 de mayo del 2019



**Blgo. Franz Cardoso Pacheco**

**Anexo 4.** Toma de muestra de *Aulacomya atra* “choro” terminal Ancón.



**Anexo 5.** Toma de muestra de *Aulacomya atra* “choro” terminal de Ventanilla.





**Anexo 6.** Toma de muestra de *Aulacomya atra* “choro” terminal de Chorrillos.



**Anexo 7.** Toma de muestra de *Aulacomya atra* “choro” terminal de Villa María del Triunfo.



**Anexo 8.** Evaluación de *Aulacomya atra* “Choro”, laboratorio UPNW.





## Anexo 9. Resultados de laboratorio cetox



### CENTRO TOXICOLÓGICO S.A.C. - CETOX

SENASA - Ministerio de Agricultura - SENAVE - Dirección General de Agroquímicos /

Dirección de Control de insumos Agrícolas. LR N° 00146

MINSA - Ministerio de Salud. Resolución N° 211-18-DESP-DISA-II-LS/MINSA

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

### INFORME DE ENSAYO

**TIT - 18 - 0158**

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Solicitante         | : Srta. Luz Aurora Centurión Contreras<br>Srta. Marleni Centurión Contreras |
| 2. Análisis solicitado | : Cuantificación de arsénico y mercurio                                     |
| 3. Muestra             | : Choros (muestras proporcionadas por el solicitante)                       |
| 4. Código interno      | : 14179   |
| 5. Fecha de Recepción  | : 06/01/2018  |
| 6. Fecha de Emisión    | : 15/01/2018  |

### RESULTADOS

N°	Código de muestra	Procedencia*	ARSENICO (ppm)	MERCURIO (ppm)
01	A-01	Ancón	0.66	0.08
02	A-02		1.18	0.11
03	A-03		0.32	0.06
04	A-04		0.45	0.22
05	A-05		0.56	0.14
06	V-01	Ventanilla	0.78	0.09
07	V-02		0.96	0.03
08	V-03		1.21	0.06
09	V-04		1.11	0.08
10	V-05		0.73	0.12
11	VM-01	Villa María del Triunfo	0.36	0.14
12	VM-02		0.62	0.25
13	VM-03		0.49	0.11
14	VM-04		0.58	0.16
15	VM-05		0.71	0.18
16	CH-01	Chorrillos	1.35	0.21
17	CH-02		1.15	0.14
18	CH-03		0.85	0.16
19	CH-04		0.67	0.13
20	CH-05		0.49	0.17

\* Indicado por el solicitante

#### **MÉTODO:**

Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generador de Hidruros

*Rosalía Anaya Pajuelo*  
 Dra. Rosalía Anaya Pajuelo  
 Gerente Técnico



**Anexo 10. Niveles máximos permitidos de contaminantes en productos hidrobiológicos según SANIPES.**

- e) Para el cumplimiento de los objetivos analíticos (N° de determinaciones a realizar) requeridos en este protocolo, se podrán utilizar los resultados de análisis obtenidos en el contexto general de autocontrol del establecimiento, siempre y cuando los límites de detección se ajusten a los requeridos por la normativa de la Unión Aduanera, y la interpretación de los resultados, se realice específicamente con respecto a los parámetros establecidos por la misma.



**Tabla N° 24 - Niveles máximos permitidos de contaminantes en productos hidrobiológicos**

NOMBRE DEL PRODUCTO	INDICADORES	NIVELES ADMISIBLES, mg/kg, NO MÁYOR DE	FRECUENCIA
---------------------	-------------	--	------------