

UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA



FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y BIOQUÍMICA

**“DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE ARSENICO Y
MERCURIO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION
ATOMICA EN PECES PROCEDENTES DEL MAR DE HUACHO Y
CHORRILLOS”**

Tesis para optar el Título Profesional de
QUÍMICO FARMACÉUTICO Y BIOQUÍMICO

TESISTAS:

BACH: CAJALEON CALIXTO, CONSUELO CLOTILDE

BACH: CONCEPCION MOTTA, DARVIN ROLANDO

ASESOR:

Dra. QF. HEDDY TERESA MORALES QUISPE

LIMA – PERÚ

2018

**“DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE ARSENICO Y
MERCURIO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION
ATOMICA EN PECES PROCEDENTES DEL MAR DE HUACHO Y
CHORRILLOS”**

Dedicatoria

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mi madre Paulina Calixto de Cajaleón, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste y a mis hermanos por su apoyo incondicional en mi vida.

Mi hijo Aldrin Edwin Poma Cajaleón, por ser mi motor, motivo e impulsor hacia toda mi meta.

Consuelo

A:

Esta tesis se la dedico a mi Dios, quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerza seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presenta, entendiéndome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy para mis padres, hermanos por su apoyo, consejos, comprensión por su amor en los momentos difíciles y ayudarme en los recursos necesarios para estudiar, mil gracias a todos de corazón.

Darvin

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra gratitud hacia nuestra alma mater, la Universidad Inca Garcilaso de la Vega; por los conocimientos brindados. Expresamos nuestro agradecimiento a todo el personal docente de la Universidad que de una forma u otra contribuyeron en nuestra formación profesional.

A nuestros asesores la Dra. Q.F. Teresa Morales, nuestro más amplio agradecimiento y gratitud; por el apoyo brindado en el asesoramiento para el desarrollo y culminación de la presente tesis.

A los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario y que nos ayudaron en la asesoría y dudas presentadas en la elaboración de manera especial a: Dr. Pablo Bonilla y Dr. Henry Montellanos por su aporte y colaboración con nosotros en el proceso de la elaboración de nuestra tesis..

Finalmente, queremos expresar nuestro agradecimiento; a quienes estuvieron vinculados de alguna manera a este trabajo de investigación, profesores, amigos, personal de laboratorio, etc.

A todos nuestro mayor reconocimiento y gratitud.

Consuelo y Darwin

ÍNDICE

Carátula	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Índice	
Índice de Anexos	
Índice de Tablas	
Índice de Figuras	
Resumen	
Abstract	
Introducción.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2. Identificación y formulación del problema	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Justificación e importancia del estudio.....	6
1.5. Delimitación de la investigación.....	7
1.6. Limitaciones de la investigación.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Antecedentes de investigación.....	9
2.1.1. Nacionales.....	9
2.1.2. Internacionales.....	14
2.2. Bases legales.....	17
2.2.1. Normas Nacionales.....	17
2.2.2. Normas Internacionales.....	17
2.3. Bases Teóricas.....	18
2.3.1. Arsénico.....	18
2.3.1.1. Propiedades Físico y Químicos.....	18

2.3.1.2.	Concentración del arsénico en el medio ambiente	20
2.3.1.3.	Fuentes de intoxicación.....	21
2.3.1.4.	Usos y Fuentes de exposición.....	22
2.3.1.5.	Toxicocinética de arsénico.....	23
2.3.1.6.	Toxicodinamia de arsénico.....	24
2.3.1.7.	Impacto del arsénico en la salud poblacional.....	24
2.3.2.	Mercurio.....	25
2.3.2.1.	Propiedades Físico y Químicos.....	25
2.3.2.2.	Concentración del mercurio en el medio ambiente	27
2.3.2.3.	Fuentes de intoxicación.....	28
2.3.2.4.	Usos y Fuentes de exposición.....	29
2.3.2.5.	Toxicocinética del mercurio.....	31
2.3.2.6.	Toxicodinamia del mercurio.....	34
2.3.2.7.	Impacto del mercurio en la salud poblacional.....	35
2.3.3.	Clasificación de las especies en el estudio.....	37
2.3.3.1.	Lisa (<i>mugil cephalus linnaeus</i>).....	37
2.3.3.2.	Merluza (<i>Merluccius gayi</i>).....	39
2.3.3.3.	Lorna (<i>Sciaena deliciosa</i>).....	41
2.3.3.4.	Cabrilla (<i>Sebastes capensis</i>).....	43
2.3.3.5.	Caballa (<i>Scomber japonicus peruanus</i>).....	43
2.3.4.	El Mar Peruano.....	49
2.3.4.1.	Características.....	49
2.3.4.2.	Regiones del mar peruano.....	50
2.3.4.3.	La pesca artesanal en el Perú.....	51
2.3.4.4.	Caleta de pescadores de Huacho.....	52
2.3.4.5.	Caleta de pescadores Chorrillos.....	53
2.4.	Hipótesis.....	59
2.4.1.	Hipótesis general.....	59
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	59
2.5.	Variables.....	60
2.5.1.	Operacionalización de variables e indicadores.....	60
2.6.	Definición de términos básicos.....	60

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	64
3.1. Tipo y nivel de la investigación.....	64
3.2. Diseño de la investigación.....	64
3.3. Población y muestra de la investigación.....	64
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	65
3.4.1. Técnica.....	65
3.4.2. Descripción del instrumento.....	65
3.4.2.1. Espectrofotometría de absorción atómica (AA)..	65
3.5. Técnicas para el procesamiento de datos.....	68
3.6. Diseño experimental: Equipos, Materiales y Reactivos.....	68
3.6.1. Procedimiento para la toma de muestra de peces.....	68
3.6.2. Proceso de toma de muestra de agua.....	69
3.6.3. Determinación de mercurio en hígado.....	70
3.6.3.1. Procedimiento experimental de mercurio.....	72
3.6.4. Determinación de arsénico en músculo.....	74
3.6.4.1. Procedimiento experimental de arsénico.....	75
3.7. Análisis de concentración de metales del agua de mar.....	78
3.7.1. Método.....	78
3.7.2. Instrumentos.....	78
3.7.3. Reactivos.....	79
3.7.4. Obtención de la curva de calibración para arsénico.....	79
3.8. Análisis complementarios de parámetros físico químicos de agua de mar.....	80
3.8.1. pH.....	80
3.8.2. Temperatura.....	80
3.8.3. Conductividad.....	81
3.8.4. Determinación de nitratos.....	81
3.8.5. Sólidos totales suspendidos.....	82
3.9. Análisis complementarios de coliformes totales en agua de mar...	83
3.9.1. Objetivos.....	83
3.9.2. Materiales, insumos y equipos.....	84
3.9.3. Desarrollo.....	84
3.9.4. Preparación del caldo LST.....	84
3.9.5. Preparación de la muestra.....	85

3.9.6. Incorporación de la muestra en los tubos múltiples.....	85
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	86
4.1. Presentación de resultados.....	86
4.2. Discusión de resultados.....	90
4.2.1. Concentración de metales pesados en tejido muscular e hígado.....	92
4.2.2. Concentración de metales pesados en agua de mar.....	93
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
5.1. Conclusiones.....	95
5.2. Recomendaciones.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo N° 1	Matriz de consistencia	.....	103
Anexo N° 2	Matriz de operacionalización de variables	.....	104
Anexo N° 3	Testimonio fotográfico	.....	105
Anexo N° 4	Resultado de Análisis de Mercurio en Tejido Muscular	.....	113
Anexo N° 5	Resultado de Análisis de Arsénico en Hígado	.....	115
Anexo N° 6	Resultado de Análisis de Mercurio y Arsénico en Agua (Huacho)	.....	117
Anexo N° 7	Resultado de Análisis de Mercurio y Arsénico en Agua (Lima)	.....	118
Anexo N° 8	Resultado de Análisis Microbiológico en Agua (Huacho)	.....	119
Anexo N° 9	Resultado de Análisis Microbiológico en Agua (Lima)	.....	120
Anexo N° 10	Resultado De Análisis Físico-Químico En Agua De Mar (Huacho-Lima)	.....	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Propiedades física del arsénico	.....	19
Tabla N° 2	Resultados de nitrato	.....	82
Tabla N° 3	Concentración de media de arsénico y mercurio en peces	.....	86
Tabla N° 4	Concentración media de arsénico y mercurio en los órganos blandos	.....	87
Tabla N° 5	Concentración de arsénico y mercurio en agua de mar	.....	88
Tabla N° 6	Concentración media de los parámetros físico químicos	.....	88
Tabla N° 7	Análisis del comportamiento de las variables Arsénico y Mercurio	.....	89
Tabla N° 8	Comparación de los niveles medianos de Arsénico según lugar de procedencia	.....	89
Tabla N° 9	Comparación de los niveles medianos de mercurio según lugar de procedencia	.....	90
Tabla N° 10	Análisis microbiológico de agua de mar peruano	.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1	Ciclo de mercurio	.....	31
Figura N° 2	Lisa (<i>mugil cephalus linnaeus</i>)	.....	37
Figura N° 3	Anatomía Interna de Lisa (<i>mugil cephalus linnaeus</i>)	.....	38
Figura N° 4	Merluza (<i>Merluccius gayi</i>)	.....	39
Figura N° 5	Anatomía Merluza (<i>Merluccius gayi</i>)	.....	40
Figura N° 6	Lorna sciaena deliciosa (<i>tschudi</i>)	.....	41
Figura N° 7	Anatomía Lorna (<i>Sciaena deliciosa</i>)	.....	42
Figura N° 8	Cabrilla (<i>sebastes capensis</i>)	.....	43
Figura N° 9	Anatomía Cabrilla (<i>Sebastes capensis</i>)	.....	44
Figura N° 10	Caballa (<i>scomber japonicus peruanus</i>)	.....	46
Figura N° 11	Anatomía Caballa (<i>Scomber japonicus peruanus</i>)	.....	47
Figura N° 12	Curva de calibración para arsénico	.....	80
Figura N° 13	Concentración de arsénico y mercurio en los órganos blandos	.....	87
Figura N° 14	Concentración de arsénico y mercurio procedente en el agua de mar	.....	88

RESUMEN

La presente investigación: "Determinación de la concentración de arsénico y mercurio por espectrofotometría de absorción atómica en peces según procedencia del mar de Huacho y Chorrillos. tuvo por objetivo determinar en qué concentración estará arsénico y mercurio en hígado y tejido muscular en peces y en el agua procedentes del mar de Huacho y Chorrillos según el límite máximo permisibles. Mediante un diseño cuasi experimental, se usó la metodología Espectrofotómetro de absorción atómica (EAA), (AA-GH), (AAS-VF): técnica validada termo científcs solar. La Población y las muestras fueron los peces de la zona de Chorrillos y Huacho que se expenden para el consumo masivo, se consideró las principales especies en estas zonas como son Liza, Cabrilla, Lorna, Merluza y Caballa. El resultado obtenido de la concentración de Arsénico en tejido muscular fue de 0.00265 mg/kg y 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. Los niveles de concentración de arsénico y mercurio en el agua de mar no superan los valores máximos permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente (Minan). Se realizaron exámenes complementarios al agua de mar y los resultados obtenidos no superan los valores máximos permisibles (LD): para conductividad fue de 54890 us/cm (S), los sólidos suspendidos <5 mg/L, y el pH estuvo en 7.6.sin embargo los resultados obtenidos en nitratos. 0,73mg/L superan los valores máximos permisible(LD) y los resultados de coliformes totales dieron como resultado menor a 2,2 NMP/100 indicando un límite por debajo de lo aceptado. Según los LMP establecido por el Ministerio del Ambiente. Se concluye que los niveles de concentración 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 se puede afirmar que si cumple con dicho parámetro de calidad siendo apto para el consumo humano. Este estudio también revela la extrema importancia de realizar estudios de nitratos en el agua de mar.

Palabras claves: Arsénico; mercurio: agua de mar; peces.

ABSTRACT

The present investigation: "Determination of the concentration of arsenic and mercury by atomic absorption spectrophotometry in fish according to the origin of the sea of Huacho and Chorrillos. The objective was to determine the concentration of arsenic and mercury in liver and muscle tissue in fish and in water from the sea of Huacho and Chorrillos according to the maximum permissible limit. By means of a quasi-experimental design, the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) methodology was used (AA-GH), (AAS-VF). validated technique thermos scientifics solar. The population and the samples were the fish from the area of Chorrillos and Huacho that are sold for mass consumption, the main species in these areas were considered as Liza, Cabrilla, Lorna, Hake and Mackerel. The result obtained from the concentration of arsenic in muscle tissue was 0.00265 mg / kg and mercury in liver was 0.03945 mg / kg; These concentrations compared to the European Union standard, Codex Alimentarius and the Peruvian Fisheries Health standard are below the maximum permissible limit. The levels of arsenic and mercury concentration in seawater do not exceed the maximum permissible values established by the Ministry of Environment (Minan). Complementary tests were performed on seawater and the results obtained do not exceed the maximum permissible values (LD): for conductivity was 54890 us / cm (S), the suspended solids <5 mg / L, and the pH was 7.6. however the results obtained in nitrates. 0.73mg / L exceeded the maximum permissible values (LD) and the results of total coliforms resulted in less than 2.2 NMP / 100 indicating a limit below what was accepted. According to the LMP established by the Ministry of the Environment. It is concluded that the concentration levels of arsenic and mercury in soft organs of fish and in the water from the Peruvian sea coast specifically in Huacho and Chorrillos are not increased according to the maximum permissible limit, so it can be affirmed that if with said quality parameter being suitable for human consumption. This study also reveals the extreme importance of conducting studies of nitrates in seawater.

Keywords: Arsenic; mercury; seawater; fish.

INTRODUCCIÓN

Entre los océanos con que cuenta el planeta tierra se encuentra el océano pacífico, donde se ubica el mar peruano conocido también como el mar de Grau. Nuestro mar cuenta con 200 millas (corte internacional de la Haya) comprendidas por el norte Boca de Capones departamento de Tumbes y al sur Línea de la concordia departamento de Tacna, el Perú ejerce una soberanía marítima de 626 540 km² y corresponde a uno de los recursos más valiosos del país.

El mar peruano está ubicado cerca de la línea ecuatorial, esto lo proporciona las características cálidas y tropicales, cuenta con la temperatura adecuada de 23° a 24° lo que favorece la diversidad de vida marina, sin embargo, en la extensión del mar vamos a encontrar corrientes frías y corrientes cálidas. En Tumbes y Piura, las aguas son más tropicales y en el sur son más frías por aporte de la “corriente de Humboldt y por el anómala ocasionada por las aguas a muchas profundidades”. ⁽¹⁾ El mar peruano tiene una concentración salina de 34 a 35 g por litro, su color es verde por la presencia de las algas marinas y sustancias microscópicas, en algunas zonas esta coloración puede tomar un color muy azul casi a plomizo por la reunión y descarga de precipitaciones al mar.

La riqueza del mar peruano se debe a su biodiversidad, en el viven 750 variedades de peces, 872 diferentes tipos de moluscos, 412 crustáceos identificados, 45 tipos diferentes de equinodermos y algas marinas; la presencia de cetáceos y mamíferos marinos hacen del mar peruano un ecosistema independiente.

Al mar peruano desembocan muchos residuos de las actividades mineras formales e informales traídas por los ríos, muchos metales como el mercurio y el arsénico pueden ser almacenados por peces y bivalvos convirtiéndose en alimentos tóxicos y mortales.

Muchas investigaciones coinciden que los peces de ríos pueden tener concentraciones de mercurio y arsénico, los peces de mar no han sido muy estudiados hasta la fecha, algunas especies de peces que son longevos, viven cerca a las costas y la cercanía los hacen propensos a contaminarse con metales pesados. La presencia de metales en los peces puede traer complicaciones a la salud sobre todo cuando la carga de estos elementos es elevada, los humanos al consumir estos alimentos adquieren los metales que son dañinos para su organismo causándoles trastornos neurológicos y en las mujeres embarazadas y que dan de lactar esta puede ser transmitida al hijo. ⁽²⁾

No existe mejor fuente de proteínas que las adquiridas por los peces, los que tienen un rol primordial en el conjunto del ecosistema biológico, como parte de la cadena alimenticia y en el equilibrio de los residuos y biomasa. ⁽³⁾

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

A lo largo de la historia el hombre ha tenido en el mar como una fuente de su alimentación, siendo los peces principalmente uno de los recursos más importantes con valor nutritivo. Los diversos pueblos y el Perú no son ajenos, a recurrir a las especies marinas por el valor nutricional que aportan, sin embargo, muchas veces, estos se ven disminuidos por la presencia de componentes tóxicos que estos pueden contener en sus músculos y que son transmitidos al ser humano por la alimentación suponiendo un riesgo para la salud.

Como es sabido, los peces proporcionan un alto valor nutricional el cual se ve manchado por la presencia de productos tóxicos arrojados al mar por el hombre, el mercurio, arsénico forman parte de los muchos metales que puede contener el mar que se filtra a la cadena trófica y que puede poner en riesgo a los eslabones de la cadena alcanzando al hombre y poniendo incluso en riesgo su vida.

Los pescados aportan vitamina D, vitamina B12, selenio, yodo, omegas 3 y 6 conformando los alimentos de más alto valor nutritivo y pilar básico de la alimentación humana saludable.

Con el avance de la tecnología en el planeta, los investigadores están preocupados de que algunos peces contengan acumulación de metales pesados en su organismo ya que este metal se bioacumula en el lecho marino es absorbido por los organismos microscópicos y transmitidos a los peces por la cadena trófica. La industria pesquera abarrota los

terminales pésquenos con especies marinas, la entidad encargada de supervisar la calidad de la especie marina no hace nada y estas llegan a nuestras mesas, sin sospechar que puedan estar contaminadas con metales pesados. Uno de los metales pesados que más inquietud está generando es el mercurio en su forma metilada (metil-mercurio) por ser altamente tóxico para el organismo, ya que puede producir efectos graves en algunos órganos y sistemas y otro es el arsénico. ⁽⁴⁾

El impacto neurotóxico de estos metales en el organismo y el daño al riñón, hígado y órganos reproductivos lo hacen peligrosos para la salud. Distintos estudios e investigaciones demostraron que el efecto acumulativo en organismos superiores se da en aquellos que están en el pico más alto evolutivo. ⁽⁵⁾

El mar puede contaminarse por el relave de los ríos donde la explotación y uso de estos metales es abundante y los peces del mar por la exposición a aguas, algas, plantón contaminados.

De este modo el propósito de la realización de esta investigación, es para comprobar la acumulación de arsénico y mercurio por “espectrofotometría de absorción atómica” en peces según procedencia del mar de Huacho y Chorrillos.

1.2. Identificación y formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida los niveles de concentración de arsénico y mercurio en peces y en agua del mar de Huacho y Chorrillos se encuentran incrementados, según el límite máximo permisible?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿En qué medida los niveles de concentración de arsénico y mercurio en órganos blandos de peces procedentes del mar de Huacho y Chorrillos se encuentran incrementados según el límite máximo permisible?
2. ¿En qué medida los niveles de concentración de arsénico y mercurio en agua del mar procedentes de Huacho y Chorrillos se encuentran incrementados según el límite máximo permisible?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar los niveles de concentración de arsénico y mercurio en peces y en agua del mar de Huacho y Chorrillos según el límite máximo permisible.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar los niveles de concentración de arsénico y mercurio en órganos blandos de peces del mar de Huacho y Chorrillos, según el límite máximo permisibles.
2. Determinar los niveles de concentraciones de arsénico y mercurio en agua del mar de Huacho y Chorrillos según el límite máximo permisible.

1.4. Justificación y viabilidad de la investigación

Teóricamente la investigación justifica, por que proyecta generar una reflexión y discusión sobre los conocimientos planteados acerca de la contaminación por metales pesados As, Hg, en peces que se encuentran en el mar de Huacho y Chorrillos.

Metodológicamente este estudio y las diferentes pruebas cuasi experimentales por Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Sistema de Generación de Hidruros, ya que estos equipos se utilizan en la determinación de estos metales contaminantes.

En cuanto a su alcance, los resultados brindaran nuevos horizontes de estudio y nuevas hipótesis planteadas a fin de evitar la contaminación por metales pesados en peces procedentes del mar peruano (200 millas marítimas).

Es factible y viable, puesto que se cuenta con la muestra biológica de estudio y además el laboratorio de especialidad de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega y la unidad de Análisis Químicos de la facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Mayor de San Marcos, cuenta con todos los materiales reactivos y equipos para desarrollar este proyecto. Pese a que el costo de investigación es elevado, se puede terminar con éxito la parte cuasi experimental.

La investigación es importante porque daremos a conocer si los peces destinados a alimentos tienen estos metales.

Es novedosa, porque las investigaciones relacionadas, solo se han llevado a cabo en peces de ríos y lagos en el Perú y existe poca evidencia en peces de mar.

Es importante porque los beneficiarios de esta investigación será la población de pescadores de Huacho (norte) y Lima-Chorrillos (sur) y las

personas que adquieren estos productos en el terminal de Ventanilla - Callao y el terminal de Villa María del Triunfo.

Es útil esta investigación ya que otros investigadores podrán analizar los resultados e inferir nuevas posibilidades de estudio abriendo un abanico de nuevas y más sofisticadas investigaciones aglutinado la participación de diversos especialistas en las diferentes áreas del sector salud.

1.5. Delimitación de la investigación

Campo: Es un tipo de investigación social

Área: Analítica –Toxicología

Aspecto: Actividad toxicológica

❖ Delimitación Espacial:

- Esta investigación se realizó en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la “Universidad Nacional Mayor de San Marcos” en CEMPROFARMA. En donde se elaboró los cortes de tejido muscular de los peces, el estudio cuasi experimental de Espectrofotometría de Absorción Atómica.
- En esta investigación se elige estas zonas por el fácil acceso que existe para la mejor extracción de pescados artesanalmente o de menor escala, siendo un medio de trabajo para estos pobladores de estas zonas, donde salen a pescar de noche y regresan de madrugada a los muelles y venden sus peces sin ninguna evaluación o control sanitario.

❖ Delimitación temporal:

- El estudio metodológico y cuasi experimental está vinculado en un periodo agosto del 2017 hasta febrero del 2018 en la “Universidad Inca Garcilaso de la Vega”.

- se efectuó en primavera, por consecuencia favorece a la temperatura del agua donde mejora la abundancia de peces en la pesca donde nos facilita elegir las variedades para el estudio.

1.6. Limitaciones de la investigación

- ❖ La distancia y el tiempo libre para viajar a huacho a recolectar las muestras: ya que por el trabajo fue difícil solicitar descanso.
- ❖ La conservación de la muestra; para que esta no sufra ningún deterioro, para lo cual fue necesario adquirir cooler de plástico y hielo Seco.
- ❖ El costo económico de la investigación lo que no permite realizar más pruebas de las señaladas en el análisis.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Gamarra et al. (2017) El estudio trató sobre truchas Arco Iris "*Oncorhynchus mykiss*", se determinaron metales en los órganos, análisis realizado por espectrofotometría (A.A), se enfocó en cuantificar si en el hígado y las branquias de los peces existían contaminantes de metales pesados, asimismo se cuantifico la presencia de los mismos en agua del rio. El material biológico seleccionado fue las truchas aro iris, la técnica a usar fue la espectrofotometría de provisto de horno de grafito, los análisis físicos y microbiológicos se realizaron con las técnicas de la USP 39 (determinación fisicoquímica y método del número más probable MNP).

Los hallazgos del análisis dieron como resultado que la concentración de plomo en hígado fue de 0,00073 mg/Kg y en branquias de 0,01715 mg/Kg, mientras que la concentración de cadmio en hígado fue de 0,00023 mg/Kg y en branquias 0,05106 mg/Kg. Estos valores hallados fueron comparados con la norma técnica existente "la norma de la Unión Europea, Codex Alimentarius y la norma peruana de Sanidad Pesquera", dando como resultado, que los peces del rio Chiapuquio de ingenio están dentro de los límites permisibles.

En el agua, los hallazgos encontrados en el análisis dieron como resultado que “La concentración de plomo en el agua fue de 0,01 mg/L y de cadmio 0,02 mg/L. Comparando los resultados con la norma que ofrece el Ministerio del Ambiente, dio que los valores superan los LMP. El valor de pH fue de 7,25, conductividad 256,5 μ S/cm, sólidos suspendidos totales.

26,20 mg/L y nitrato 1,28 mg/L, valores que se encuentran por debajo del LMP del Ministerio del Ambiente. El nivel de carga microbiológica de Escherichia coli en el agua fue <300 NMP/ 100 mL; dichos valores se encontraron dentro del límite máximo permisible; comparado con la norma del Ministerio del Ambiente”.

(6)

Apaza H. (2016) en su trabajo: Determinación del contenido de mercurio en agua y sedimentos del rio Suches-zona bajo paria Cojata - Puno. La investigación evalúa la concentración de mercurio en agua y sedimento del rio suches en la zona bajo Paria del distrito de Cojata, Puno y reúne los resultados de la evaluación de niveles de mercurio en agua y sedimentos de la cuenca.

La metodología evaluó las características fisicoquímicas del agua, así como también evaluó el sedimento del rio y con ello se revisó la presencia de metales pesados. La información recopilada fue gracias al apoyo del laboratorio con acreditación (L.C.A) en Bolivia. “La presencia de mercurio en agua muestra indicadores de ligera contaminación, por debajo de los límites permisibles y en varios casos por debajo del límite de detección (generalmente 0.0002 μ g/l), estos valores han sido reportados en aguas de relave; su efecto en la ictiofauna muestra que los peces se encuentran por debajo de los límites permisibles para la alimentación”. Los estudios hallaron que en los sedimentos hay una pequeña

cantidad de mercurio. “Se concluye que el sedimento del río Suches presenta concentraciones mínimas de mercurio y estos pueden traer problemas ambientales pues en medios anaeróbicos el mercurio tiende a mutilarse, convertirse en una sustancia orgánica por la flora y fauna del medio proviniendo la bioacumulación del mismo en el ser vivo”.⁽⁷⁾

Espinoza et al. (2015) En el estudio: Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para la salud humana por su consumo, se colectaron siete especies de peces usualmente consumidas del río Tumbes y se determinó en tejido muscular. “La concentración de mercurio, cadmio, plomo y arsénico usando por el método de absorción atómica: vapor hidruro y llama. A través de este método se encontró que las concentraciones de mercurio y arsénico están por debajo del límite máximo permisible de referencia, por el contrario, las concentraciones de plomo y cadmio si superaron el límite máximo permisible”.⁽⁸⁾

Girón T et al. (2014) en el estudio “Evaluación de los niveles de concentración de metales pesados en las aguas del río motil de la provincia de Otuzco”. Se tenía información que en el río Motil existía una concentración elevada de metales y que estos piscicultores utilizaban el agua para su criadero de truchas (*Onchorhynchus mykiss*). Se cuantificó la concentración de los metales pesados: arsénico, zinc, cobre, mercurio, plomo y hierro; así como del cianuro. Las muestras de agua se obtuvieron de cuatro estaciones denominadas: Frente al poblado de Motil, Bocatoma, Centro Piscícola y ex estación del cablecar. Se utilizaron muestras de agua en un total de 36 tomadas en diferentes meses acondicionadas según modelo de investigación y evaluadas por espectrofotometría. Los meses de análisis fueron 3 empleando la colorimetría como técnica cualitativa básica para

el estudio. De acuerdo a los resultados obtenidos, “las aguas del río Motil presentan metales pesados de: Arsénico, zinc, hierro, plomo, mercurio en concentraciones menores a los ECAs-AGUA establecidos en el DS-002-2008 MINAM anexo I para agua de categoría I y III, con respecto al cobre este se encuentran en concentraciones dentro del rango establecido por el mencionado decreto. Finalmente se encontró una cantidad muy baja de cianuro en todas las muestras (0.01mg/l)”.⁽⁹⁾

Huancaré R. (2014) esta investigación tuvo objetivo principal: identificar las lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoíris de cultivo en etapa comercial de la laguna de mama cocha, área de influencia minera, Cajamarca-Perú. Para esta investigación se requirió de al menos 35 peces, de 200 gramos aproximadamente.

Para la medición de metales pesados se requirió de espectrofotometría de absorción. Los resultados fueron los siguientes:

“Los índices promedio obtenidos muestran que las branquias (28,77) fueron más afectadas que el hígado (25,77) y músculo estriado esquelético (18,29).

En este estudio se afirma que los daños en los tejidos estudiados pueden ser inducidas por los metales pesados debido a que son similares a las reportadas en varias investigaciones a exposición natural y controlada a metales pesados, y también a la bioacumulación encontrada en cada tejido”.⁽¹⁰⁾

Álvarez et al. (2013) Este estudio de investigación tuvo como objetivo principal la existencia de Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río santa y de la laguna

chinancocha-Illanganuco periodo 2012 – 2013. Resultados: “Con respecto al mercurio, no se encontraron en los diferentes puntos, de la Cuenca tampoco pasaron el límite máximo permisible cuando fueron comparados con los valores reportados por las Normas Internacionales. El resultado es concluyente indicando que los metales pesados en hígado, branquia, Gónadas y músculo de peces, procedente de ocho puntos de la cuenca del río Santa.”⁽¹¹⁾

Mamani E. (2011) Su publicación académica tiene como propósito demostrar la acumulación de mercurio en pejerrey (*Basilichthys bonariensis*) en hábitat norte del Lago Titicaca. Resultados: “La concentración de mercurio en pejerrey en cuatro estaciones de muestreo, indican valores medios de 0.107 mg/Kg, Las concentraciones de mercurio en pejerrey, no superaron las concentraciones máximas permisibles en peces”.⁽¹²⁾

Chanamé F. (2009). Este estudio tuvo como objetivo principal: evaluar como los metales pesados Cu, Zn, Fe y Pb se bioacumulaban en tejidos sensibles como del hígado, riñón y músculo. Para el desarrollo de esta investigación se llevó a cabo la cuantificación de metales pesados a través de espectrofotometría de absorción atómica. “A diferencia del cobre, en el agua se encontró un alto índice de: Zinc, Fierro y Plomo en el hígado, riñón y músculo de truchas”.⁽¹³⁾

Vega J. (2009) en su investigación científica tuvo el propósito de medir el nivel contaminación por metales pesados (pb, cu, hg, as y fe) en el rio el toro, distrito de Huamachuco de la provincia de Sánchez Carrión, La Libertad año 2009 – 2010. Para el estudio se identificaron cuatro estaciones de muestreo, con un total de 28 muestras analizadas durante el periodo de estudio de setiembre de 2009 a setiembre de 2010. El análisis de agua se hizo por el

método de espectrofotometría (A.A) de absorción atómica. “Los resultados obtenidos en la estación N° 03 con valores de 1.122, 1.153 y 1.172 ppm de hierro y estación N°04 con valores 1.171, 1.187 y 1.252 ppm de hierro, en ambos casos para los meses de mayo, Julio y Setiembre de 2010 respectivamente, estos valores sobrepasan los Límites Máximos Permisibles (LMP) para clase de agua III, según la Ley General de Aguas D.L. 17752. Durante todo el estudio de casi un año, las concentraciones de los metales pesados de plomo, cobre, mercurio y arsénico no sobrepasan los LMP, a diferencia del hierro que si sobrepasa los LMP en la estación de muestreo 03 y 04 poniendo en riesgo las aguas que son obtenidas para riego y bebida de animales en las partes bajas del río”.⁽¹⁴⁾

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Altahona et al. (2016) en su estudio “Análisis de las concentraciones de mercurio en peces importados” “Esta investigación permitió analizar los valores de mercurio presente en los órganos y tejidos de cinco especies ícticas importadas en la ciudad de Barranquilla las cuales son comercializadas en forma fresca.

La metodología se basó en el estudio de 50 unidades de pescado, tomando 10 muestras de tejido muscular de cada especie, las cuales fueron determinadas por espectrofotometría de absorción atómica con vapor frío en previa digestión acida en el Laboratorio de Toxicología y Gestión Ambiental de la Universidad de Córdoba. “Estas especies son peligrosas para la salud ya que se evidenció que las concentraciones más altas de mercurio se presentaron en el Atún Medalla de Oro con un valor promedio de 0.0911 ± 0.0181 $\mu\text{g/g}$, y la concentración más baja en la especie Basa (*Pangasius hypophthalmus*) con promedio de 0.0185 ± 0.0073 $\mu\text{g/g}$.”

La estimación del riesgo potencial indicó que los niveles de metilmercurio no generan efectos negativos a la salud humana, puesto que la ingesta semanal de este metal por parte de la población barranquillera fue menor a 1, teniendo en cuenta que el límite (M.P) máximo permisible señalado por la JECFA que lo cuantifica en 1.6 µg/kg/semana. ⁽¹⁵⁾

Boy A. (2015) esta investigación tiene como objetivo principal: determinar el nivel de metales pesados en agua, peces, almejas e *hydrilla verticillata* del lago de Izabal”. Para comprobar la hipótesis se necesitaron plantas acuáticas, almejas, peces y porciones de agua. Luego los metales pesados fueron medidos a través de la técnica de Fluorescencia de Rayos X. Las muestras de peces analizadas “no revelaron bioacumulación de metales pesados por lo que se encuentran libres de contaminación, según las normas internacionales BFL (Brazilian Food Legislation) y WHO (World Health Organization), en muestras de *H. verticillata* se determinó la presencia de níquel (4-35 µg/g) y estroncio (3-21 µg/g) esto como consecuencia de la absorción de esos metales los cuales son característicos de la cuenca del lago de Izabal y Río Dulce. Por lo anterior el estudio concluye en que no se determinó contaminación en las muestras analizadas de agua y peces del lago de Izabal”. ⁽¹⁶⁾

Corrales D. (2013) Este estudio determinó medir el “contenido de cobre(Cu), cinc(Zn), arsénico(As) y mercurio(Hg) en el tejido muscular e hígado en dos especies *Micropogonias furnieri* (corvina rubia) y *Mugil platanus* (lisa) de la zona costera de Montevideo, Uruguay”. Para el desarrollo de esta investigación se necesitó el empleo de técnicas analíticas especiales como Fluorescencia de rayos X, Dispersiva en Energía y la Espectrofotometría de Absorción Atómica con la técnica de Vapor Frío. Se evidenció la divergencia con respecto a los estudios

anteriores para la zona, siendo mayores en relación al contenido de cobre e inferiores para el mercurio. El hígado fue el órgano donde se determinaron los mayores niveles de cobre y cinc probablemente relacionados a su rol en el metabolismo como órgano responsable de la desintoxicación. “Los resultados del estudio indican que las concentraciones de cobre, arsénico, cinc y mercurio en el tejido muscular están por debajo del nivel máximo permitido para consumo humano, a pesar que más investigaciones son necesarias a fin de establecer riesgos asociados al arsénico”.⁽¹⁷⁾

Betancourt B. (2011). En el trabajo de investigación; Comparación de la concentración de metales en órganos de peces en el bajo Orinoco: caso bagre paisano y sardinata, El autor baso su estudio en el rio Orinoco donde en estado natural se desarrolla el bagre y la sardinata *Pellona flavipinnis* e *Hypopthalmus marginatus*. “Se encontró que concentraciones elevadas de Manganeso, Fierro, Cromo pero la gran sorpresa fue la ausencia de Plomo, Cobre y Zinc”.⁽¹⁸⁾

Velásquez D. (2005) realizó una publicación científica, la cual tuvo como objetivo principal: determinar el “nivel de metales pesados en biota (*mytilus chilensis*) y sedimentos de la bahía de corral, provincia de valdivia, x región”. Para la ejecución de la investigación se necesitó el complejo estuarial valdiviano. Además, se utilizó la Espectrometría de Absorción Atómica a la Llama para la determinación de Cr, Cu, Mn, Fe y Pb, y Generador de Hidruros para la determinación de As. “Los valores 13 promedias determinadas fueron 88,2 microgramos de Fe/ g de *Mytilus chilensis*”.⁽¹⁹⁾

2.2. Bases legales

2.2.1. Normas nacionales

- ❖ “Resolución Ministerial N°2254 – 2007 DIGESA /SA Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales”.
- ❖ Resolución de dirección ejecutiva N° 057 – 2016 SANIPES DE 2016.
- ❖ “Decreto Supremo N° 003 – 2016 PRODUCE. Aprueba el reglamento de la ley General de acuicultura, aprobada por el decreto legislativo N° 1195”.
- ❖ R.M N°114- 2016 PRODUCE 2016 Norma de la Sanidad para animales acuáticos.
- ❖ “D.S N°004 -2017 MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias”.
- ❖ “Resolución Jefatura N° 010 – 2016 ANA, protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Ministerio de Agricultura y Riego”.
- ❖ Resolución Directoral N° 006 – 2017 SANIPES – DSNPA.

2.2.2. Normas internacionales

- ❖ “CODEX ALIMENTARIUS (FAO-OMS). Periodo de sesiones, Centro Internacional de Conferencias de Ginebra (CICG) Ginebra (Suiza), 6-11 de julio de 2015”.
- ❖ “UNION EUROPEA. Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios. Marzo 2017”.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Arsénico (As)

2.3.1.1. Propiedades Físico y Químicos

a) Propiedades físicas

No tiene color, ni olor, ni sabor, por lo tanto, no se puede detectarse está presente en el agua, comida o aire, puede ser orgánico cuando se halla combinado con carbón o hidrogeno o inorgánico cuando se combina con oxígeno, cloro con sulfuro, el arsénico inorgánico es el menos toxico puede ser:

Orgánico: cuando se halla combinado con carbón ó hidrógeno.

Inorgánico: cuando se combina con oxígeno, cloro, o sulfuro; la importancia radica en que el arsénico orgánico es menos tóxico.

Existen tres grandes grupos de compuestos de arsénico (As):

1. Compuestos de arsénico inorgánico
2. Compuestos de arsénico orgánico
3. Gas arsina y arsinas sustituidas.

Compuestos inorgánicos trivalentes

El tricloruro de arsénico:

“(AsCl₃) se utiliza en la industria cerámica y en la fabricación de arsenicales con contenido de cloro”.⁽²⁰⁾

El trióxido de arsénico

(As₂O₃) o arsénico blanco utiliza en la purificación de gases sintéticos y como materia prima para todos los

compuestos de arsénico. También se utiliza como conservante de cuero y madera.

b) Propiedades químicas

El arsénico es un elemento químico de la tabla periódica que pertenece al grupo de los metaloides, también llamados semimetales, se encuentra de diversas formas, aunque raramente se encuentra en estado sólido y es extremadamente toxico. ⁽²⁰⁾

La tabla periódica presenta al arsénico cuyo símbolo es (As) con número atómico de 33 y un número de masa de 74.19. Además, es un alotropo ya que presenta variedades estructurales y de coloración, basado en sus valencias se le considera un elemento anfótero. Desde su descubrimiento hasta estos días muchas historias se han dicho sobre el empleo del arsénico, como medicamento y como veneno. ⁽²¹⁾

Compuesto	Fórmula	Punto de fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)	Densidad (g/cm ³)	Solubilidad en el agua (g/L)
Arsénico	As	613	-	5,73 a 14 °C	Insoluble
Trióxido de arsénico	As ₂ O ₃	312,3	465	3,74	37 a 20°C
Pentóxido de arsénico	As ₂ O ₅	315	-	4,32	1500 a 16°C
Sulfuro de arsénico	As ₂ S ₃	300*	300*	3,43	5x10 ⁻⁴
Acido dimetilarsénico	(CH ₃) ₂ AsO(OH)	200	-	-	829 a 22°C
Arsenato de plomo	PbHAsO ₄	720	-	5,79	Poco soluble
Arsenato de potasio	KH ₂ AsO ₄	288	-	287	190 a 16°C
Arsenito de potasio	KH ₂ AsO ₃	-	-	-	Soluble

Tabla 1: Propiedades físicas del arsénico.

2.3.1.2. Concentración del arsénico en el medio ambiente

En el planeta podemos “encontrar hasta 2ppm de arsénico en la corteza ocupando diversos estados de la materia. El arsénico se encuentra frecuentemente en aguas naturales. Este llega a ellas por la erosión de rocas superficiales y volcánicas”. ⁽²²⁾

El arsénico, por lo general, yace en el ecosistema mezclado con un significativo porcentaje de minerales. El arsénico presenta 4 niveles de oxidación, los cuales son: -3, 0, +3 +5.

Las condiciones que favorece la oxidación química y biológica, favorecen el cambio a especies pentavalentes, y a la inversa, aquellas que favorecen la reducción cambiara el equilibrio al estado trivalente, es decir en agua saturada de aire la principal forma de arsénico seria los compuestos pentavalentes, bajo esta condición también existe compuestos trivalentes.

Las formas iónicas predominantes son, además, dependientes del pH y están sujetos a las características de solubilidad de los compuestos que pueden existir en una circunstancia particular. Por ejemplo, varios compuestos orgánicos arsénico-mutilados, naturalmente presentes en el ambiente como consecuencia de la actividad biológica, forma sales de metales alcalinos muy solubles. Además, los microorganismos, plantas y animales pueden convertir los compuestos de arsénico inorgánico en compuestos orgánicos (comprometiendo átomos de carbono e hidrógeno).

Se sabe que los metales térreos y alcalinos tienen naturaleza insoluble. También hay factores biológicos y químicos en la presencia del arsénico en aguas, que inducen al cambio a especies pentavalentes, y a la inversa, aquellas que favorecen la reducción cambiarán el equilibrio al estado trivalente. ⁽²²⁾

2.3.1.3. Fuentes de intoxicación

La principal vía de dispersión del arsénico en el ambiente es el agua. aún si se considera la sedimentación, la solubilidad de los arsenatos y arsenitos es suficiente para que este elemento se transporte en los sistemas acuáticos. La concentración del arsénico en aguas naturales frescas es muy variable y probablemente depende de las formas de arsénico en el suelo local". ⁽²²⁾

El arsenioso en aguas subterráneas tiene naturaleza geotérmica, el arsénico inorgánico se moviliza en forma de trióxido de arsénico (As_2O_3). Un estudio hidrogeológico también apunta hacia un origen similar la procedencia del arsénico en numerosas localidades de España; una vez que las capas de piritita de los pozos subterráneos se ponen en contacto con el oxígeno y, al impulsar el agua desde el interior del pozo, se solubiliza el arsénico". ⁽²²⁾

Las aguas subterráneas son sometidas a altas presiones y estas presiones pueden introducir metales a su composición mediante disolución. La presencia de arsénico en las aguas subterráneas, tiene su explicación de que es el resultado de la utilización, de productos

relacionados con las actividades agrícolas, como son los fungicidas, insecticidas y plaguicidas en general muchas veces excesiva y sin control, además de su uso en la jardinería y limpieza de malezas. ⁽²²⁾

2.3.1.4. Usos y fuentes de exposición

Distribución y usos

El arsénico se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y principalmente en los minerales sulfurosos. La arsenopirita (FeAsS) es la forma más abundante.

Arsénico elemental

El arsénico elemental se utiliza en aleaciones con el fin de aumentar su dureza y resistencia al calor, como en las aleaciones con plomo para la fabricación de municiones y de baterías de polarización. También se utiliza para la fabricación de ciertos tipos de vidrio, como componente de dispositivos eléctricos y como agente de adulteración en los productos de germanio y silicio en estado sólido.

El arsénico ocurre naturalmente en el suelo y en minerales y, por lo tanto, puede entrar al aire, al agua y al suelo en polvo que levanta el viento. También puede entrar al agua de escorrentía o en agua que se filtra a través del suelo. Las erupciones volcánicas constituyen otra fuente de arsénico. El arsénico está asociado con minerales que se minan para extraer metales, como por ejemplo cobre y plomo, y puede entrar al ambiente cuando se extraen o funden estos minerales. También se pueden liberar a la atmósfera cantidades pequeñas de arsénico desde plantas de carbón y desde

incineradores porque a menudo el carbón y los productos de desecho contienen arsénico.

“El arsénico es utilizado para la elaboración máquinas que involucran en láser, la elaboración de material textil, vidrio, papelería, preservantes de alimentos y madera, material de armamento, productos farmacéuticos. El arsénico también se encuentra y yace en la actividad volcánica y aguas termales”. ⁽²²⁾

En la naturaleza el arsénico formado a través de la actividad tectónica está en forma pentavalente, las actividades realizadas por el hombre ya sea industrial o de explotación producen arsénico tetravalente. “Estos derivados pasan al medio ambiente a consecuencia de su uso como insecticidas, herbicidas, esterilizantes del suelo, decolorantes de vidrio, defoliantes, antiparasitarios y como descarga industrial de fundiciones minerales, también es empleado bajo la forma de compuestos orgánicos en veterinaria y en medicina”. ⁽²²⁾

2.3.1.5. Toxicocinética el arsénico

a) Absorción

“Los componentes arsenicales se absorben a través de vía digestiva, respiratoria y cutánea. Los compuestos orgánicos se absorben mejor que los inorgánicos y los pentavalentes más que los trivalente”. ⁽²³⁾

b) Distribución y vida media

La vida media del arsénico en el organismo es de 10 horas, aunque se puede detectar arsénico en orina. Hasta el décimo día después de la exposición.

En organismo, el arsénico se fija preferentemente en el hígado, riñones, tracto digestivo, hueso, piel, fanetas. ⁽²³⁾

c) Metabolismo

Se metila a monometilarsinico y dimetilarsínico.

d) Excreción

La vía principal de eliminación es urinaria. Donde se puede detectar hasta 10 días tras el cese del contacto.

Pero también por las heces, el sudor, la piel descamada, pelo, uñas y la leche materna.

2.3.1.6. Toxicodinamia de arsénico

“La toxicidad de los compuestos arsenicales es compleja y depende de la vía de ingreso, de su valencia y de su forma química.

El Arsénico es el responsable de la intoxicación en el humano y la arsina es el compuesto más tóxico”. ⁽²³⁾

2.3.1.7. Impacto del arsénico en la salud poblacional

Intoxicación aguda del arsénico: Aparece como un “cuadro gastrointestinal coleriforme, con vómitos, diarreas e intensos dolores abdominales, fiebre, insomnio, anemia, hepatomegalia, melanosis, alteraciones cardiacas. La actividad nerviosa se ve deprimida en función a la sensibilidad el cual aparece en semanas de exposición de carácter irreversible. Los síntomas de la intoxicación aguda pueden aparecer en minutos o bien muchas horas después de la ingestión de

entre 100 a 300 mg de As, aunque también es posible la inhalación de polvo de As o la absorción cutánea".⁽²⁴⁾

La intoxicación por arsenamina se caracteriza principalmente por poseer una acción intensamente hemolítica inclusive en concentraciones muy bajas, una concentración de 250 ppm puede ser mortal. También es depresor del S.N.C. Produce hepatitis y nefritis hemorrágica, necrosis tubular de los riñones. ⁽²⁴⁾

Cuando se presenta intoxicación crónica hay:

- ❖ Desequilibrio de minerales intracelulares
- ❖ Depresión de glóbulos rojos y ocasionalmente anemia
- ❖ Edema de tejidos y mucosas
- ❖ Anulación del apetito y bajo peso
- ❖ Daño hepático a múltiples niveles cirrosis
- ❖ Caída del cabello deterioro de la calidad de la piel
- ❖ Manchas en las uñas
- ❖ Daño cardiaco circulatorio

2.3.2. Mercurio (Hg)

2.3.2.1. Propiedades Físico y Químicos

a) Propiedades físicas

El mercurio es un metal brillante color plata, que a temperatura ambiente se encuentra en estado líquido: su temperatura de fusión es de $-38,9^{\circ}\text{C}$ y su temperatura de ebullición es $357,3^{\circ}\text{C}$. Su peso específico es $13,6\text{ g/cm}^3$ (0°C). Mercurio metálico debido a su alta presión de vapor ($163 \times 10^{-3}\text{ Pa}$), evapora fácilmente a temperatura ambiental: a 20°C su concentración en el aire puede alcanzar hasta $0,014\text{ g/m}^3$, y a 100°C hasta $2,4\text{ g/m}^3$. Generalmente se habla de vapor de mercurio cuando el mercurio elemental se encuentra presente en

la atmósfera o de mercurio metálico cuando está en su forma líquida. “Un gran número de metales, y mayormente oro y plata, forman aleaciones con el mercurio metálico, que se denominan amalgamas. Esta propiedad lo hace atractivo para la recuperación de oro en la pequeña minería aurífera”.⁽²⁰⁾

b) Propiedades químicas

Elemento químico, símbolo Hg, número atómico 80 y peso atómico 200.59, es un líquido blanco plateado a temperatura ambiente (punto de fusión -38.4°C o -37.46°F)

A presión atmosférica, es un metal noble soluble únicamente en solución oxidante.

El mercurio sólido es tan suave como el plomo”.⁽²⁰⁾

c) El mercurio contiene tres niveles:

- a) mercurio elemental o metálico (Hg⁰)
- b) ion mercurioso (Hg²⁺)
- c) ion mercúrico (Hg²⁺)

Estos pueden formar parte de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos. Entre las especies mercúricas, las formas inorgánicas son las más tóxicas.

El mercurio elemental presenta una baja disponibilidad a fusionarse con el H₂O.

“El Hg²⁺ se combina más comúnmente con moléculas inorgánicas, mientras los compuestos de Hg²⁺ son altamente estables y más numerosos que el de Hg²⁺. La forma Hg²⁺ se puede transformar mediante procesos bióticos (microbiano) y abióticos para formar compuestos

alquilmercúrico como el monometilmercurio (CH_3Hg^+), dimetilmercurio [$(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$], y los compuestos de arilo como el fenil-mercurio".⁽²⁰⁾

El monometilmercurio, es un compuesto muy perjudicial, ya que tiene un alto nivel de estabilidad, lo que produce que pueda ser fácilmente soluble en lípidos, por ende, tiene una alta probabilidad de poder introducir en el cuerpo humano o animal.

Existen varios componentes que inciden en la producción del de multimercurio, los cuales son: población microbiana, substrato mineral y nutritivo, concentración del mercurio ion, temperatura, pH, salinidad, sulfuro, hierro, materia orgánica disuelta. Por último, la metilación pura del mercurio en sedimentos es comandado por la bioacumulación del ion mercúrico.

2.3.2.2. Concentración del mercurio en el medio ambiente

El Mercurio entra en el ambiente como resultado de la ruptura de minerales de rocas y suelos a través de la exposición al viento y agua. La liberación de Mercurio desde fuentes naturales ha permanecido en el mismo nivel a través de los años. Todavía las concentraciones de Mercurio en el medioambiente están creciendo; esto es debido a la actividad humana.

“La mayoría del Mercurio liberado por las actividades humanas es liberado al aire, a través de la quema de productos fósiles, minería, fundiciones y combustión de residuos sólidos”.⁽²⁵⁾

Algunas formas de actividades humanas liberan Mercurio directamente al suelo o al agua, por ejemplo, la aplicación de fertilizantes en la agricultura y los vertidos de aguas residuales industriales. Todo el Mercurio que es liberado al ambiente eventualmente terminará en suelos o aguas superficiales, el Mercurio del suelo puede acumularse en los champiñones.

“Aguas superficiales ácidas pueden contener significantes cantidades de Mercurio. Cuando los valores de pH están entre cinco y siete, las concentraciones de Mercurio en el agua se incrementarán debido a la movilización del Mercurio en el suelo. El Mercurio que ha alcanzado las aguas superficiales o suelos los microorganismos pueden convertirlo en metil mercurio, una sustancia que puede ser absorbida rápidamente por la mayoría de los organismos y es conocido que daña al sistema nervioso. Los peces son organismos que absorben gran cantidad de metil mercurio de agua surficial cada día. Como consecuencia, el metil mercurio puede acumularse en peces y en las cadenas alimenticias de las que forman parte.”⁽²⁵⁾

Los efectos del Mercurio en los animales son daño en los riñones, trastornos en el estómago, daño en los intestinos, fallos en la reproducción y alteración del ADN.

2.3.2.3. Fuentes de intoxicación

❖ Distribución de mercurio en los tejidos de los peces:

“Un factor importante de los efectos del mercurio en el ambiente en su capacidad de acumularse en

organismos y ascender por la cadena trófica. Aunque todas las especies de mercurio pueden acumularse, el mercurio es absorbido y se acumula más que otras especies”.⁽²⁶⁾

Sin embargo, la distribución del mercurio en los órganos de los peces, dependen de las condiciones de exposición, el comportamiento del agua y los sedimentos que afectan la especiación química y la biodisponibilidad del metal. Así mismo depende de las propiedades estructurales y funcionales de las diferentes especies de peces, lo que podría afectar la ingesta de dichos peces a través de las barreras biológicas, como lo son las paredes intestinales y/o a nivel de las branquias, los procesos de almacenamiento en las células y tejidos y los mecanismos de depuración /excreción.

“La relación entre las concentraciones de metilmercurio y los regímenes alimenticios de las especies es directamente proporcional, ya que la biomagnificación de mercurio en el tejido muscular de especies carnívoras es de 80%, mientras que la concentración en las especies bentívoras es menor, puesto que ingieren pequeños invertebrados con cargas de metilmercurio bastante bajas en el hígado y los riñones”.⁽²⁶⁾ Lo que confirma que, a menor escala en la cadena alimenticia, los órganos se encuentran menos expuestos a la acumulación de este metal.

2.3.2.4. Fuentes y usos de exposición

“Mercurio es considerado como un elemento traza de tipo no esencial que es tóxico para la biota acuática en altas concentraciones; mercurio en el ambiente al estado libre puede tomar diversas formas orgánicas e inorgánica. Durante los últimos 100 años, se ha estimado que más de 500 mil toneladas métricas de Hg entraron a la atmósfera, hidrosfera y superficie del suelo, con la eventual deposición en el subsuelo y sedimentos”.

(27)

La explotación de los recursos naturales está directamente involucrada a la contaminación, la utilización de combustibles fósiles y metales preciosos, hacen que este elemento sea muy buscado. “El mercurio sigue un ciclo biológico en la naturaleza su estado primordial de metal líquido se ve opacado por el estado gaseoso el cual le permite ingresar y filtrarse a todo nivel ya sea en la corteza, el agua o estando en el ambiente aéreo. Este estado le permite que al acumularse lo encontremos en el suelo en los ríos o en los mares, de ahí es donde los organismos terrestres o acuáticos se contaminan”. (27)

“El circuito del mercurio en ecosistemas marinos es complicado. El mercurio puede llegar a convertirse en multimercurio (la conversión más dañina). Asimismo, la disminución de la fuente de mercurio antropogénico origina la reducción de la biota y los sedimentos. La disminución tiene como factor de influencia al nivel de contaminación (inicial), situaciones químicas y físicas, composición química del mercurio y el tiempo de rotación hidráulica”. (20)

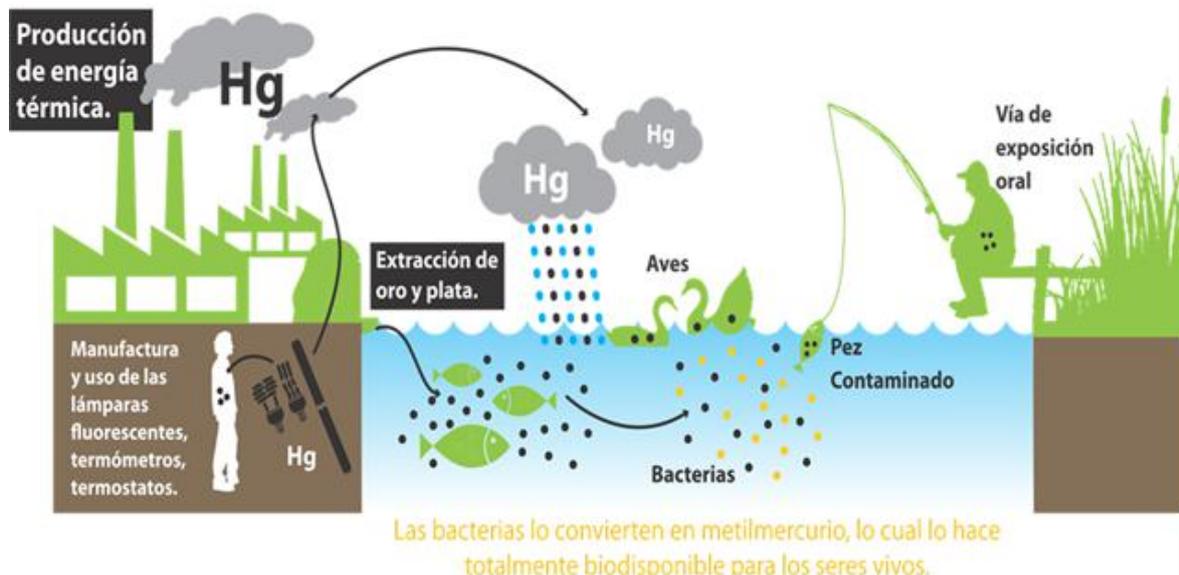


Figura 1. Ciclo del mercurio.

2.3.2.5. Toxicocinética del mercurio

a) Absorción

El ingreso del mercurio es por las vías respiratoria, digestiva y cutánea.

La vía respiratoria: tanto el mercurio elemental como el inorgánico y sus componentes, pueden ingresar por inhalación y alcanzar la sangre con una eficiencia de 80%.

La vía digestiva “es por ingestión en el tracto gástrico intestinal, el mercurio inorgánico se absorbe en cantidad menor al 0.01% probablemente por su capacidad de reaccionar con moléculas biológicamente importante, al formar macromoléculas que dificultan su absorción y porque pasa por proceso de oxidación. Los compuestos inorgánicos de mercurio (sales) se absorben entre 2 y 15%, dependiendo de su solubilidad. Mientras que, en

contraste, la absorción de los compuestos orgánicos por esta vía es 95%, independiente de si el radical metilo está unido a una proteína o no”. (28)

La vía cutánea es por contacto. Se ha descrito casos de intoxicación por aplicación tópica de compuestos que contenían metilmercurio. Sin embargo, no está demostrado que esta vía tenga un papel importante en la exposición ocupacional, comparada con las otras. Es más, es posible que en el caso de aplicación de pomadas, el tóxico penetre en el organismo por inhalación, a partir del ungüento puesto en la piel, más que atravesándola directamente.

- b) **Distribución y vida media:** el mercurio es transportado por la sangre en una ratio glóbulo rojo/plasma entre 1,5 a 3. Para sus sales inorgánicas, esta relación es menor: 0,4. En general, el 90% de los compuestos orgánicos se transporta en las células rojas, mientras que 50% del mercurio inorgánico es transportado unido a la albúmina.

“Su distribución en el organismo tiende a alcanzar un estado de equilibrio dinámico determinado por dosis, duración de la exposición, grado de oxidación, concentración de sus compuestos en la sangre, concentración en relación con grupos sulfhídricos libres, afinidad con los componentes celulares y velocidad de asociación/disociación del complejo mercurio-proteína”.

(28)

Cabe destacar su gran afinidad por el encéfalo, la mayor parte del mercurio circulante va al cerebro, más que a

hígado o riñón. En el encéfalo, tiene mayor afinidad por la sustancia gris que por la blanca.

Los niveles más altos de mercurio son hallados en ciertos grupos neuronales del cerebelo, médula espinal, pedúnculos y mesencéfalo, aunque también se le ha detectado en epitelio de tiroides y páncreas, en células medulares de las glándulas adrenales, en espermatozoitos, epidermis y cristalino.

- c) **Metabolismo:** La biotransformación del mercurio se realiza por cuatro vías:
- a. **Por oxidación** del vapor de mercurio metálico a mercurio divalente: La oxidación, mediada por el hidrógeno peróxido-catalasa en los peroxisomas, determina el tiempo de permanencia del vapor inhalado (crucial para alcanzar sitios sensibles), al disminuir su liposolubilidad y por tanto su toxicidad, pero la tendencia a la bioacumulación aumenta cuando esta oxidación se realiza en los tejidos. El mercurio tiene gran afinidad por los grupos -SH de las proteínas. Éstos son tan abundantes que solo le permiten una breve presencia en estado iónico. El mercurio se une también a grupos fosforilos, carboxilo, amida y amina. ⁽²⁸⁾
 - b. **Por reducción del mercurio divalente a mercurio metálico:** “la reducción es mediada el sistema xantina oxidasa. Se ha demostrado el proceso contrario en animales de experimentación (rata, ratón) y en humanos”. ⁽²⁸⁾
 - c. **Por metilación del mercurio inorgánico:** Se ha demostrado la metilación de mercurio inorgánico en ratas, pero solo entre 0,05 y 0,26% de la dosis

administrada. Se desconoce el lugar exacto de esta metilación, aunque se supone pueda ser el hígado. La metilación no ha sido demostrada en humanos.

d. Por conversión del metilmercurio en mercurio inorgánico. “En la exposición laboral crónica se conoce el proceso de biodesmetilación en varios tejidos, pero es en el hígado donde se realiza en mayor proporción.”⁽²⁸⁾

d) **Excreción:** la eliminación del tóxico se realiza desde:

El compartimento central está formado por todos los órganos, menos riñón e hígado. El compartimento periférico está constituido por el riñón, que acumula Hg por mayor tiempo y lo aclara muy lentamente, y por el hígado, que también lo acumula, pero por periodos cortos, pues lo aclara rápidamente. En este compartimento periférico se incluye los procesos de filtración glomerular, secreción biliar y secreción por la mucosa intestinal.⁽²⁸⁾

2.3.2.6. Toxicodinamia del mercurio

Los efectos tóxicos del mercurio, inorgánico y orgánico, son debidos a que en su forma iónica no establece enlaces químicos. Al revisar la acción sobre los sistemas enzimáticos, el mercurio es tóxico, porque precipita las proteínas sintetizadas por la célula, principalmente las neuronas, y porque inhibe los grupos sulfidrilos de varias enzimas esenciales. En estado iónico, se fija a los grupos celulares ricos en radicales -SH, altera varios sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y su pared e inhibe la síntesis de proteínas en la mitocondria, afectando su función energética. En el riñón disminuye la

actividad de las fosfatasas alcalinas de los túbulos proximales y altera el transporte de potasio y la ATP-asa en la membrana. En el encéfalo, la neurona de cerebro y cerebelo es la parte más sensible. En el sistema enzimático, inhibe enzimas esenciales: catalasas plasmáticas, colinesterasa globular, glutatión-reductasa globular, glutatión-reductasa cerebral, galactoxidasa, dopa-decarboxilasa, monoamino-oxidasa, glicero fosfatasa, succinato-deshidrogenasa, di y trifosfo-piridín-nucleótido. Por todo esto, el mercurio puede causar lesión celular en cualquier tejido donde se acumule en concentración suficiente. ⁽²⁸⁾

“En varios órganos, incluido el riñón, y al igual que cadmio, cobre y zinc, el mercurio induce la formación de metalotioneína, un receptor proteico de peso molecular bajo, y se une a ella, saturando sus propios receptores. Cuando por la gran cantidad de tóxico presente la metalotioneína se forma en exceso, causa alteraciones orgánicas en el mismo sitio de su producción”. ⁽²⁸⁾

2.3.2.7. Impacto del mercurio en la salud poblacional

La afectación del mercurio en los seres humanos, merecen considerable atención, ya que fueron estos efectos los que originan la preocupación sobre los metales pesados que contaminan el ambiente al encontrarse en grandes cantidades. ⁽²⁰⁾

Un caso bastante conocido y difundido es de Minamata, en Japón en 1956 (Hatoyama 2013) enfermedad de un paciente intoxicado por mercurio, ocurrido en Japón a los pescadores en un pueblo cercano al río Kyushu. El

lugar de concentración de mercurio se encontró en los residuos de una planta de acetaldehído que el mercurio inorgánico usaba como un catalizador durante la década de los treinta y sesenta. “Este lugar percibe al menos 250 toneladas de mercurio. Durante los años cincuenta, se produjo una epidemia, además de trastornos neurológicos”.⁽²⁰⁾

Mientras que en los años ochenta, registraron la muerte de 1800 personas debido al exceso de mercurio a su organismo. Las características que presentaron antes de morir fueron las siguientes: pérdida del sentido del oído, la visión, problemas para hablar, entre otros. Por otro lado, los casos en los que se transmitía de madre a hijo, estos últimos padecían de deficiencias en su crecimiento y su desarrollo mental. Evidencia de esto fue que, al menos, el seis por ciento de los recién nacidos padecían de parálisis cerebral, mientras que en otros países la tasa de esta enfermedad es de 0.5 por ciento.⁽²⁷⁾

La explicación a esta epidemia fue que debido a las altas concentraciones de metilmercurio en los animales marinos, en su mayoría en los peces provocó que, al consumir estos animales contaminados, las personas u otros seres que pudiesen alimentarse de las especies en mal estado, provocó su muerte, asimismo de las personas por la intoxicación.

“También se reporta otro incidente en Irak (Foulke 1999) producto del envenenamiento provocado por el tratamiento de semillas de intoxicación por consumo de semillas de cereales tratadas con mercurio”.⁽²⁰⁾

2.3.3. Clasificación de las especies en el estudio

2.3.3.1. Lisa (*mugil cephalus linnaeus*)

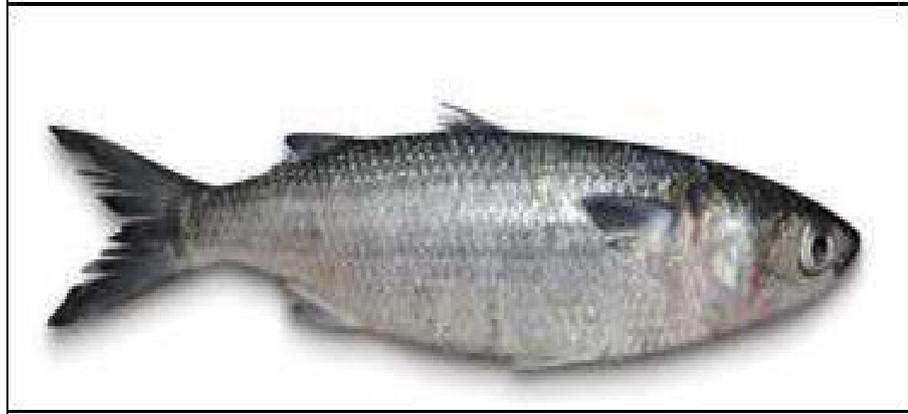


Figura 2: *Lisa (mugil cephalus linnaeus.)*

Fuente: Imarpe

a) Taxonomía:

Reino:Animalia

Filo: Chordata

Clase:Actinopterygii

Orden: Mugiliformes

Familia: Mugilidae

Género: Liza

b) Anatomía:

“Tienen dos aletas dorsales, la primera con sólo 4 radios espinosos, separada de la posterior con sólo radios blandos: las aletas pélvicas son su abdominales, con una espina; cuando tienen línea lateral, es muy visible; la boca es de tamaño moderado, sin dientes o con éstos muy pequeños”.

(29)

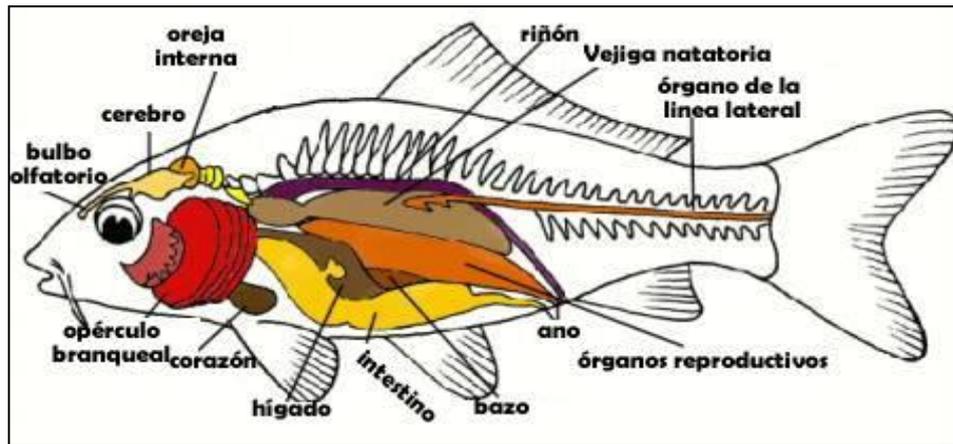


Figura 3. Anatomía Interna de *Lisa mugil cephalus linnaeus*.

Fuente: Imarpe

c) Hábitat y biología:

Se reúnen en cardúmenes. Se alimentan de finas algas, diatomeas y de detritos de los sedimentos del fondo. No tienen gran importancia comercial. Pueden ser pescados desde embarcaciones, forma artesanal con arpones, o con caña desde la costa.

El pez Lisa se encuentra en agua dulce, como los estuarios y lagunas durante su nacimiento y crecimiento, ya que al entrar a la adultez desplazan a las aguas saladas para alimentarse. Por un lado, los adultos se alimentan de algas y crustáceos diminutos, mientras que los más jóvenes consumen el zooplancton, algas y sedimentos. La Lisa se halla también en Estados Unidos, específicamente en la Bahía de San Francisco y en Chile.

Este pez es cazado a través de métodos artesanales como: las redes de cerco, agalladeras y la línea de mano. Puede llegar a medir hasta 135 cm de largo.

Con respecto a su forma, este tiene una cabeza de gran tamaño, por otro lado, tiene una coloración negro y azul-verdoso, mientras que sus aletas son de color plateada y su abdomen de coloración blanca. ⁽³⁰⁾

d) Importancia para el hombre:

“La mayoría de las especies de Liza son pescadas y comercializadas para alimentación humana”. ⁽²⁹⁾

2.3.3.2. Merluza (*Merluccius gayi*)



Figura 4: Merluza (*Merluccius gayi*)

Fuente: Imarpe

a) Taxonomía:

Reino:Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden:Gadiformes

Familia: Merlucciidae

Género: Merluccius

Especie:M. gayi

b) Anatomía:

“Puede alcanzar hasta 155 cm. Aunque en promedio mide 80 cm., es color gris acerado, el cual el cual se toma blanco plateado de forma gradual hacia el vientre. con 48 a 57 radios en la aleta dorsal y 40 a 46 en la anal. Presenta 53 a 58 vertebras, aletas pectorales largas y esbeltas.”⁽³⁰⁾

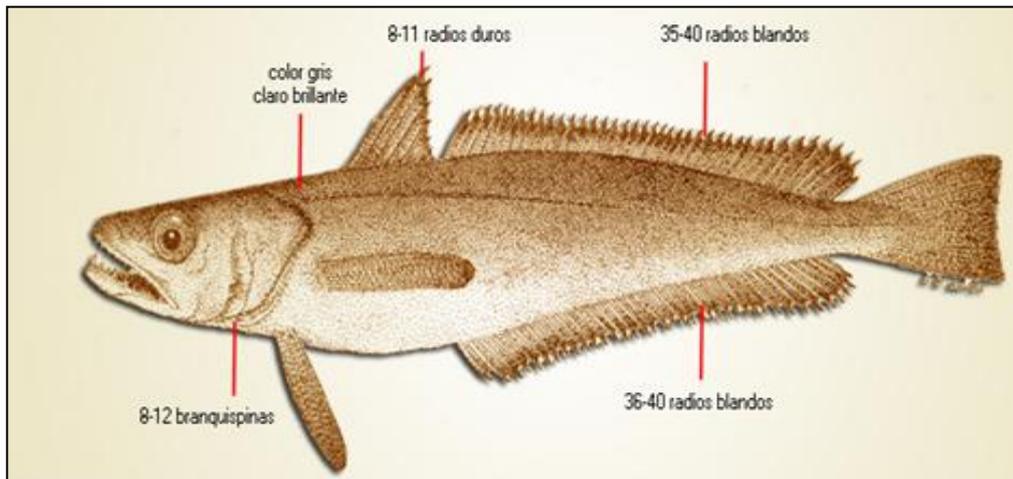


Figura 5: Anatomía Merluza (*Merluccius gayi*).

Fuente: Imarpe

c) Hábitat:

“Las merluzas verdaderas viven a ambos lados de Atlántida, en el mediterráneo y en el Pacífico, frente a las costas de Estados Unidos, México, Chile y Nueva Zelanda, la merluza europea comunes esbelta, alcanza 1.2 m de largo, tiene hocico largo y puntiagudo y su carne es exquisita.”⁽³⁰⁾

El pez Merluza tiene un parecido superficial significativo con uno carnívoro que yace ríos. Estos peces tienen 2 momentos de migraciones, por un

lado, se transportan a la superficie durante la noche, y por el otro cuando se reproducen.

d) Importancia y economía:

“Todas las variedades son explotadas como recurso pesquero de los países donde se encuentran, tanto para el consumo interno como para la exportación al resto del mundo”.

“La especie más aprovechada en América es la merluza argentina (*Merluccius hubbsi*), por ser un recurso de gran tamaño y el más”.⁽³⁰⁾

2.3.3.3. Lorna (*Sciaena deliciosa*)

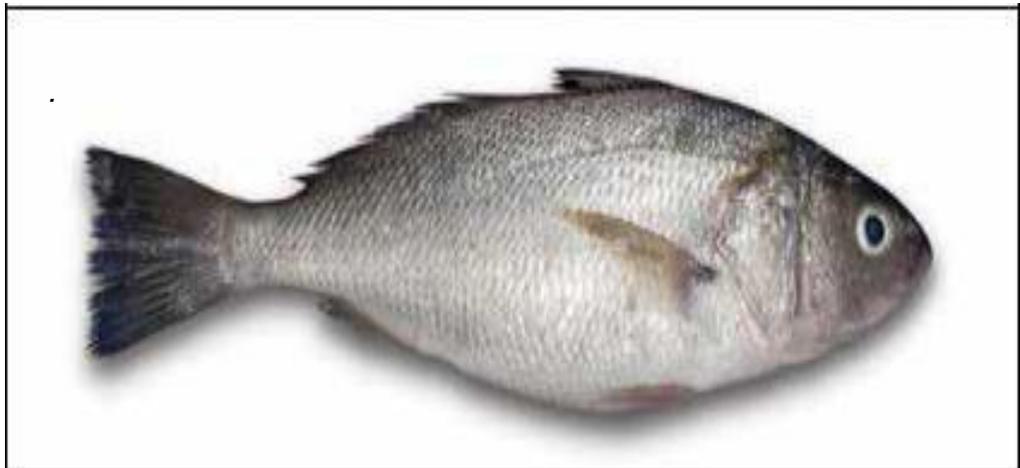


Figura 6. Lorna (*Sciaena deliciosa*)
Fuente: Imarpe

a) Taxonomía

Nombre Científico: *Sciaena deliciosa*

Nombre Común: *Lorna.Cholo.Roncache.*

Nombre en Inglés: *Lorna drum*

b) Anatomía

Se mueve por fondos de arena y fango desde Puerto Pizarro (Perú) hasta Antofagasta (Chile). Esta especie se alimenta de gusanos bentónicos móviles, gasterópodos, bivalvos y crustáceos. Puede llegar a medir hasta 26 cm y vive en profundidades de entre 5 a 50 m. Se captura artesanalmente, y se exige una talla mínima de 24 cm.

“Su cuerpo es corto y alto; el dorso es de color azulgris y el abdomen plateado, con una mancha negra en la parte superior del opérculo. Tiene el hocico sobresaliente y el lomo moderadamente elevado. Posee dientes en ambas mandíbulas; los externos son poco alargados y espaciados”.⁽³¹⁾

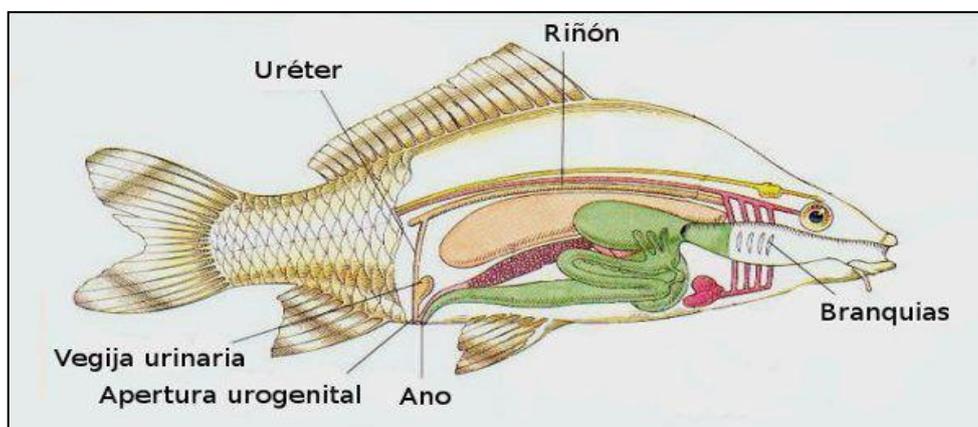


Figura 7. Anatomía *Lorna (Sciaena deliciosa)*.

Fuente: Imarpe

c) Hábitat

Se mueve por fondos de arena y fango desde Puerto Pizarro (Perú) hasta Antofagasta (Chile). Estas especies se alimenta de gusanos bentónicos móviles,

gasterópodos, bivalvos y crustáceos. Puede llegar a medir hasta 26 cm. y vive en profundidades de entre 5 a 50 m. Se captura artesanalmente, y se exige una talla mínima de 24 cm.

“Su cuerpo es corto y alto; el dorso es de color azul - gris y el abdomen plateado, con una mancha negra en la parte superior del opérculo. Tiene el hocico sobresaliente y el lomo moderadamente elevado. Posee dientes en ambas mandíbulas; los externos son poco alargados y espaciados” ⁽³¹⁾

d) Importancia para el hombre

“El conocimiento del contenido graso del músculo del pez nos servirá para determinar el correcto uso de las especies en la industria. Debido a que el pescado tiende a variar su composición grasa por diferentes factores”. ⁽³¹⁾

2.3.3.4. Cabrilla (*Sebastes capensis*)



Figura 8: Cabrilla (*Sebastes capensis*).

Fuente: Imarpe

a) Taxonomía

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Subclase: Neopterygii

Infraclase: Teleostei

Superorden: Acanthopterygii

Orden: Perciformes

Familia Serranidae

Género: Serranus

Especie: S. cabrilla

b) Anatomía



Figura 9: Anatomía Cabrilla (*Sebastes capensis*).

Fuente: Imarpe

c) Hábitat

Especie característica de fondos de rocas de la costa de Chile y del sur de Argentina. Vive

generalmente sobre las rocas y piedras del fondo, a profundidades que van desde los 5 hasta los 60 metros. Su presencia en África del Sur y algunas islas intermedias la colocan como posible explicación para las relaciones históricas de América del Sur. ⁽²⁹⁾

d) Biología

Cuerpo relativamente alto; cubierto de escamas ctenoídeas fuertemente adheridas; de perfil dorsal convexo y de borde ventral más o menos rectilíneo. De color café rojizo que sólo se mantiene por algunas horas luego de capturado, cambiando a un tono grisáceo. “Sobre el dorso se encuentran manchas oscuras de contornos irregulares, cuyo límite ventral no suele rebasar a la línea lateral”. “La línea lateral es más o menos recta y muy marcada. La aleta pectoral es grande y redondeada en su borde posterior”. “Presenta dos aletas dorsales, siendo la primera más larga”. Ésta se origina por detrás de la nuca, a la altura de la base de las pectorales y está sostenida por espinas gruesas y firmes. La aleta pélvica es bien desarrollada “El maxilar se extiende hasta enfrentar el borde posterior de la órbita ocular cuando la boca está cerrada. Gran cantidad de dientes en las mandíbulas, muy pequeños, distribuidos irregularmente formando un césped”. Presenta vejiga gaseosa.⁽²⁹⁾

e) Importancia para el hombre

Constituye una especie de importancia económica según el volumen de las capturas anuales que se logran en el mar Caribe. Tiene una excelente carne

de color blanca y escamosa que generalmente se comercializa en fresco. ⁽³⁶⁾

2.3.3.5. Caballa (*Scomber japonicus peruanus*)

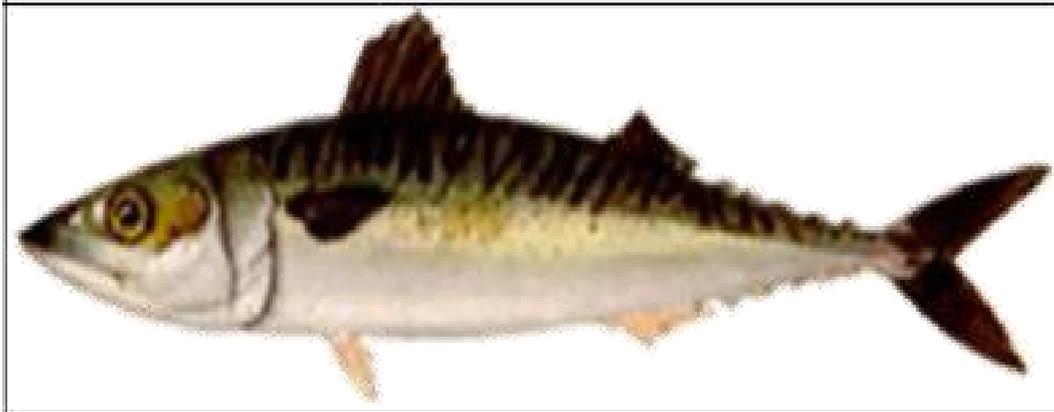


Figura 10: Caballa (*Scomber japonicus peruanus*).

Fuente: Imarpe

a) Taxonomía

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Scombridae

Género: Scomber

Especie: S. scombrus

b) Anatomía

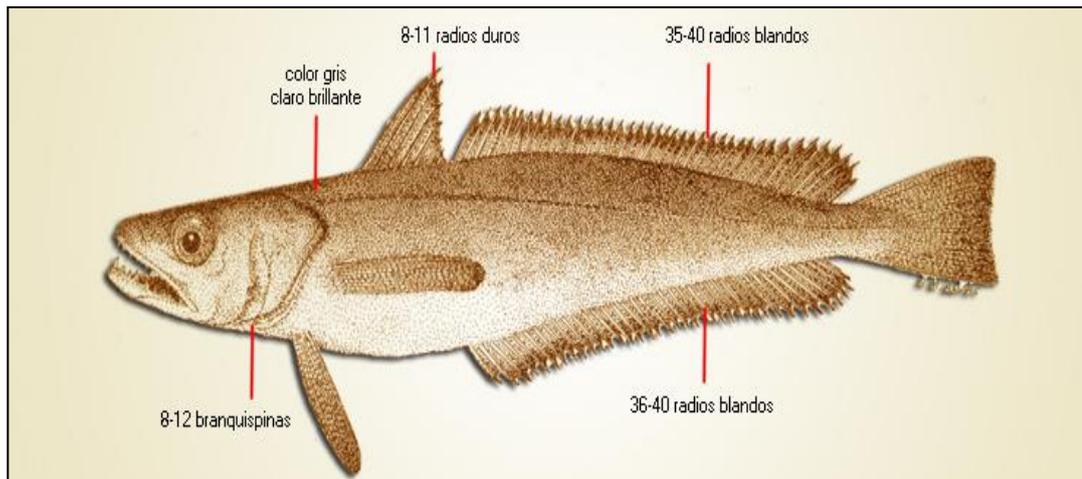


Figura 11: Anatomía Caballa (*Scomber japonicus peruanus*).

Fuente. Imarpe

c) Hábitat

La caballa es una especie marina, de cuerpo fusiforme e hidrodinámico: pedúnculo caudal fino y redondeado, Delante de la cola bifurcada existen aletillas dispuestas en una serie dorsal y otra ventral, la distancia entre las dos aletas dorsales es igual a la longitud de la base de la primera, su coloración en el dorso es verde-botella y está ornamentado con muchas líneas gruesas, onduladas y verticales formando dibujos caprichosos. “Cada lóbulo de la cola tiene en su base una mancha circular oscura”. Viven en ambientes relativamente cálidos, con rangos de temperatura del agua que oscilan entre 14° y 23°C. La salinidad puede variar entre 34.80 y 35.25 unidades prácticas de salinidad (ups), pero prefiere temperaturas de 15° a 19° C, salinidades de 34,90 a 35,20 ups y oxígeno de 2,0 a 6,0 mL/L. ⁽³¹⁾

El pez caballa “es considerado como un recurso marino de gran importancia en la pesquería peruana”. “Ubicado en el tercer lugar de importancia entre las especies marinas de importancia pesquera, habiendo superado a la sardina; cuyas capturas se han visto disminuidas por el predominio de anchoveta”.⁽³¹⁾

La caballa es una especie de crecimiento relativamente rápido, el individuo alcanza la edad adulta entre los 3 y 4 años. Su ingreso a la pesquería se da en tallas mayores de 29 cm de longitud a la horquilla.

Alimentación

“La caballa, durante el período 1977-1981, considerado como normal, preda especialmente sobre la anchoveta”. “El zooplancton y fitoplancton constituyen también parte de su dieta durante El Niño 1982-1983, el alimento se diversifica con organismos propios de las Aguas Ecuatoriales como de las Subtropicales Superficiales, teniendo una predominancia el zooplancton y el fitoplancton, presentándose algunos peces de la familia Myctophidae y otras especies no identificadas”.⁽³⁰⁾

d) Importancia para el hombre

Uno de los principales beneficios de la caballa por su alto contenido concretamente en grasas DHA Y EPA beneficiosas para proteger nuestro corazón y cuidar de nuestro sistema cardiovascular, ayudándonos a la hora de prevenir una gran variedad de enfermedades cardiovasculares.⁽³⁰⁾

2.3.4. El Mar Peruano

El mar que pertenece al Perú comprende a 3079,50 km o el equivalente a 200 millas. La extensión del también conocido como Mar de Grau se origina desde la línea de la Concordia, el cual se encuentra en Tacna hasta la Tumbes (Boca de Capones).⁽³²⁾

2.3.4.1. Características

Las corrientes de afloramiento, la temperatura, la luz que recibe determinan la riqueza de un océano, en ese sentido el mar del Perú es uno de los más fértiles del planeta.

a) Temperatura

“La naturaleza ha colocado frente a la desértica costa una corriente marina de aguas frías que generan las condiciones propicias para el desarrollo del plancton. En el departamento de Tumbes y Piura, el mar tiene la posibilidad de ser cálido, ya que se encuentra cerca del Ecuador, mientras que en la zona sur el mar tiene a ser frío. Debido a la corriente de Humboldt y su proximidad al polo sur.”⁽³²⁾

b) Salinidad

Hace alusión a la existencia de sal en el mar. Con respecto al mar peruano, este contiene entre 34 a 35 gr. por cada metro cuadrado. La salinidad varía, ya que esta se incrementa en el norte en comparación al sur.⁽³²⁾

c) Color

“Los colores del mar peruano varían. En el caso de costa, adquiere una pigmentación verdosa, esto

debido al plancton, mientras que en la la zona alejada a la superficie el color es más oscuro".⁽³²⁾

d) Tranquilidad de sus aguas

El mar peruano es considerado tranquilo, porque sus olas, se presentan de forma suave y suelen alcanzar una altura de 2.5 a 3.5 m, sin embargo, ocasionalmente en zonas específicas, presenta variaciones de oleajes llegando a tener 7 a 8 metros de altura.⁽³²⁾

2.3.4.2. Regiones del mar peruano

Nuestro mar presenta dos regiones diferenciadas:

a) Región septentrional o norte

Esta región se ubica desde la denominada Boca de Capones a la Península de Illescas, que corresponden al litoral de la región Grau. Su caracteriza más notoria es la temperatura cálida de sus aguas, el color azulino o azulino- plomizo que presentan y su alto grado de salinidad que llega a alcanza a 35 gr. por litro de agua, que obedece a la fuerte radiación solar y evaporación de las aguas, por la tropicalidad del lugar.

b) Región central - meridional

Esta región corresponde desde la península de Illescas, en el norte, hasta la frontera con Chile en el sur. Las características de estas aguas es que presentan una temperatura fría entre 17° y 18°, debido a la influencia de la Corriente Peruana o de Humboldt y por el afloramiento marino son totalmente de color verdoso y su grado de salinidad alcanza a 34 gr. por litro de agua marina. Es en esta

región donde radica, la extensa y basta riqueza hidrobiológica del mar peruano, que contiene una gran variedad especies marinas como son peces, algas y moluscos. ⁽³³⁾

2.3.4.3. La pesca artesanal en el Perú

“El desembarque de la pesca marítima de tipo artesanal (hoy también llamada pesca de menor escala) se desarrolla de manera casi informal e ineluctablemente se crean reglas extralegales, lo que hace aún más difícil salir del círculo de pobreza en el cual se encuentran miles de personas que trabajan con una reducida productividad, lo que resta la competitividad en toda la cadena de valor y afecta el crecimiento sostenido del subsector”. ⁽³⁴⁾

El subsector pesca está compuesto:

- ❖ Por la pesca marítima: pesca industrial y pesca artesanal
- ❖ La pesca continental: pesca continental
- ❖ La pesca de acuicultura: pesca marítima

La pesca artesanal o pesca de menor escala en el Perú. sus características de las embarcaciones, aparejos utilizados en los diferentes tipos de pesca para el consumo humano directo y el accionar de la pesca artesanal, donde se comprueba que no existe una normatividad adecuada para la captura de especies bajo la denominada pesca de menor escala. ⁽³⁴⁾

Luego se conocerán los conceptos que se engarzan con los principales indicadores de la pesca artesanal a partir del primer censo de la pesca marítima de tipo artesanal

en el 2012. Para esto, se tomará como referencia tres departamentos de la línea costera del Perú, por ser los de mayor concentración y notoriedad de embarcaciones y personas dedicadas a la pesca artesanal. El primero de ellos es Piura, departamento que concentra una gran cantidad de embarcaciones y armadores con un 56 % del total en toda la costa peruana. Le sigue Lima y finalmente Ica.

También se ha contemplado el aspecto normativo y legal del subsector, donde se demuestran los vacíos e interrogantes que se presentan al lector sobre la posibilidad de formalizar la pesca artesanal. ⁽³⁴⁾

2.3.4.4. Caleta de pescadores de Huacho

Este se encuentra en la provincia de Huaura y distrito de Caleta de Carquín, la cual se fundó el 29 de setiembre de 1941. La caleta de pescadores se encuentra a 3 kilómetros de Huacho. Esta se divide en los siguientes: “Caleta de Carquín (pueblo), Carquín Alto, Carquín Bajo, y los Huacos”. Carquín es deforme con respecto a su estructura demográfica, además de contar con playas extensas que sirven como balnearios para los ciudadanos del lugar.

En este lugar, su principal actividad es la pesca, y el proceso para la obtención de la harina de pescado (industrial), no obstante, los ciudadanos de este lugar también optan por la pesca artesanal, estas dos modalidades son el sustento de un número significativo de familias. Los pescados, por lo general son: “lorna, anchoveta, pejerrey, chita, chanque, cangrejos, etc., que

dedica al consumo humano y al comercio generalmente al por menor".⁽³⁵⁾

2.3.4.5. Caleta de pescadores de Chorrillos

Ubicación: Se encuentra ubicado en el Distrito de Chorrillos, Provincia de Lima. Esta playa-balneario, es considerada uno de los atractivos y turísticos del denominado circuito de playas, que se extienden a lo largo de la Costa verde, desde la punta hasta este distrito del sur de Lima.

La denominación de esta playa se debe a la caleta de pescadores que se sitúa en el lugar, habiendo sido remodelado, para convertirse en un muelle de pescadores artesanales de la zona, cuyos productos frescos proveen a los negocios locales y mercados cercanos.⁽³⁵⁾

2.3.5. Espectrofotometría de absorción atómica Horno de Grafito

Es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución. La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un analito en una muestra. Se basa en gran medida en la ley de Beer-Lambert. En resumen, los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda).

Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento. Como la cantidad de energía que se pone en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede medir, es posible, a partir de la ley de Beer-Lambert, calcular cuántas de estas transiciones tiene lugar, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide. ⁽²⁹⁾

a) Instrumentos

Para analizar los constituyentes atómicos de una muestra es necesario atomizarla. La muestra debe ser iluminada por la luz. Finalmente, la luz es transmitida y medida por un detector. Con el fin de reducir el efecto de emisión del atomizador (por ejemplo, la radiación de cuerpo negro) o del ambiente, normalmente se usa un espectrómetro entre el atomizador y el detector. ⁽²⁹⁾

b) Tipos de atomizadores

Para atomizar la muestra normalmente se usa una llama, pero también pueden usarse otros atomizadores como el horno de grafito o los plasmas, principalmente los plasmas de acoplamiento inductivo.

Cuando se usa una llama, se dispone de tal modo que pase a lo largo lateralmente (10 cm) y no en profundidad. La altura de la llama sobre la cabeza del quemador se puede controlar mediante un ajuste del flujo de mezcla de combustible. Un haz de luz pasa a través de esta llama en el lado más largo del eje (el eje lateral) e impacta en un detector. ⁽²⁹⁾

c) **Análisis de los líquidos**

Una muestra de líquido normalmente se convierte en gas atómico en tres pasos:

- 1) Desolvación: El líquido disolvente se evapora, y la muestra permanece seca.
- 2) Vaporización: La muestra sólida se evapora a gas.
- 3) Atomización: Los compuestos que componen la muestra se dividen en átomos libres.

d) **Fuentes de luz**

La fuente de luz elegida tiene una anchura espectral más estrecha que la de las transiciones atómicas.

❖ **Lámparas de cátodo hueco**

En su modo de funcionamiento convencional, la luz es producida por una lámpara de cátodo hueco. En el interior de la lámpara hay un cátodo cilíndrico de metal que contiene el metal de excitación, y un ánodo. Cuando un alto voltaje se aplica a través del ánodo y el cátodo, los átomos de metal en el cátodo se excitan y producen luz con una determinada longitud de onda. El tipo de tubo catódico hueco depende del metal que se analiza. Para analizar la concentración de cobre en un mineral, se utiliza un tubo catódico de cobre, y así para cualquier otro metal que se analice.

❖ **Láser de diodo**

La espectrometría de absorción atómica también puede ser llevada a cabo mediante láser, principalmente un láser de diodo, ya que sus propiedades son apropiadas para la espectrometría de absorción láser. La técnica se denomina espectrometría de absorción atómica por láser

de diodo (DLAAS o DLAS), o bien, espectrometría de absorción por modulación de longitud de onda. ⁽³⁰⁾

❖ **Métodos de corrección de fondo**

El estrecho ancho de banda de las lámparas catódicas huecas hace que sea raro el solapamiento espectral. Es decir, es poco probable que una línea de absorción de un elemento se solape con otra, la emisión molecular es mucho más amplia, por lo que es más probable que algunas bandas de absorción molecular se superpongan con una línea atómica. Esto puede resultar en una absorción artificialmente alta y un cálculo exagerado de la concentración en la solución.

Se utilizan tres métodos para corregir esto:

❖ **Corrección de Zeeman:** Se usa un campo magnético para dividir la línea atómica en dos bandas laterales. Estas bandas laterales están lo suficientemente cerca de la longitud de onda original como para solaparse con las bandas moleculares, pero están lo suficientemente lejos como para no coincidir con las bandas atómicas. Se puede comparar la absorción en presencia y ausencia de un campo magnético, siendo la diferencia la absorción atómica de interés.

❖ **Corrección de Smith-Hieftje:**(inventada por Stanley B. Smith y Gary M. Hieftje): La lámpara catódica hueca genera pulsos de alta corriente, provocando una mayor población de átomos y auto-absorción durante los pulsos. Esta auto-absorción provoca una ampliación de la línea y una reducción de la intensidad de la línea a la longitud de onda original.

- ❖ **Lámpara de corrección de deuterio:** En este caso, se usa una fuente de amplia emisión (una lámpara de deuterio), para medir la emisión de fondo. El uso de una lámpara separada hace de este método el menos exacto, pero su relativa simplicidad (y el hecho de que es el más antiguo de los tres) lo convierte en el más utilizado. ⁽²⁹⁾

e) **Horno de grafito**

Los hornos de grafito son unos recintos en donde se produce la atomización y que están calentados por resistencias eléctricas. Tienen una eficiencia de atomización mayor que la llama, y en consecuencia, los límites de detección absoluta son mejorados 100 ó 1000 veces en comparación con los métodos de llama.

Los hornos más utilizados son:

- ❖ Horno de L'Vov
- ❖ Cubeta de Massman
- ❖ Cubeta de Manning

De todos ellos, el que se utiliza más a menudo es el horno o cubeta de Massman. “Consta de un cilindro hueco de grafito situado en la trayectoria del haz luminoso procedente de la lámpara de cátodo hueco, que está en contacto con unos electrodos, también de grafito, situados en sus extremos, entre los que se aplica una corriente eléctrica de 500 amperios y de 1000 voltios”.

El cilindro de grafito está encerrado en una caja metálica con una ventana superior por la que se introduce la muestra (1-100 ~l) la cual va a parar directamente al centro del interior del tubo de grafito.

Por efecto de la corriente eléctrica aplicada, la muestra primeramente se deseca a unos 100 °C, luego se incinera, se atomiza y finalmente se volatiliza. Todo ello se logra programando temperaturas crecientes a intervalos de tiempo previamente determinados. Terminado el ciclo del programador, que dura unos pocos minutos, el circuito se desconecta automáticamente.

Durante todo el proceso circula por el interior de la caja metálica un flujo continuo de gas inerte (argón o nitrógeno), para prevenir la oxidación del grafito a las altas temperaturas y también para evitar la formación de óxidos refractarios, y por una camisa exterior a la caja metálica circula agua, refrigerando todo el sistema, para evitar el excesivo calentamiento del horno.

Los hornos de grafito generalmente proporcionan límites de detección absoluta muy buenos (del orden de 10.12 g) y son capaces de vaporizar muestras muy pequeñas. Han sido una solución satisfactoria para un conjunto de problemas analíticos para los cuales los límites de detección eran inadecuados con los atomizadores de llama, pero no son la panacea. Sus principales inconvenientes son la menor precisión y la presencia de mayores interferencias que en los atomizadores de llama. La falta de precisión es consecuencia de la utilización de micro muestras ⁽²⁹⁾

f) Espectroscopia de absorción atómica con vapor frío (CVAAS)

El método más utilizado para la determinación del mercurio en cualquier medio ha sido la espectroscopia de absorción atómica (AAS) con la técnica del vapor frío. (Panichev y Panicheva, 2015). Esta técnica permite la determinación

directa con la única condición de que el mercurio contenido en las muestras líquidas, normalmente en forma iónica como Hg^{2+} , sea reducido al estado metálico Hg^0 . Posteriormente, el vapor formado se arrastra por un gas inerte hacia una celda de cuarzo en la que se produce el proceso de la absorción atómica. “Las muestras sólidas se digieren antes para transformar todas las especies de Hg (inorgánicas y orgánicas) a Hg^{2+} , ya que esta es la única especie capaz de generar el vapor de mercurio atómico (González et al., 2014)”. “Dentro de las desventajas se puede citar que el método consume tiempo y es complicado por la posibilidad de pérdidas por volatilización o digestión incompleta, así como la contaminación de las muestras (Kuboyama et al., 2005). Se denota que de todas las técnicas analíticas utilizadas esta es la más empleada, por realizar etapas muy sencillas de extracción, además de cuantificar satisfactoriamente el mercurio en muestras de pescado”.⁽³¹⁾

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Los niveles de concentración de arsénico y mercurio en peces y en agua de mar de Huacho y Chorrillos se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.

2.4.2. Hipótesis específicas

- ❖ Los niveles de concentración de arsénico y mercurio en órganos blandos de peces procedentes del mar peruano de Huacho y Chorrillos se encuentran incrementados según límites máximos permisibles
- ❖ Los niveles de concentración de arsénico y mercurio en agua de mar procedentes de Huacho y Chorrillos se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.

2.5. Variables

2.5.1. Operacionalización de variables e indicadores

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
V.I	V.I	V.I
Agua del mar de Huacho y Chorrillos.	- Análisis; Arsénico y mercurio.	LMP - 0.036 (mg/L) - 0.001 (mg/L)
V.D	V.D	V.D
Concentración de arsénico y mercurio en órganos blandos en peces.	-Tejido muscular (Ar) - Hígado (Hg)	LMP -Arsénico 2 mg/Kg -Mercurio 0.5 mg/Kg

2.6. Definición de términos básicos

- a) **Abiótico:** “Abiótico es un término que se utiliza en las ciencias biológicas y químicas, su Etimología la componen dos palabras, A qué significa Sin y Biótico que quiere decir Vida, por lo tanto, el término Abiótico quiere decir Sin Vida”. ⁽³⁶⁾
- b) **Arsénico:** “El arsénico es un elemento químico de la tabla periódica que pertenece al grupo de los metaloides, también llamados semimetales, se puede encontrar de diversas formas, aunque raramente se encuentra en estado sólido. Se conoce desde la antigüedad y se reconoce como extremadamente tóxico. A presión atmosférica el arsénico sublima a 613 °C”. ⁽³⁷⁾
- c) **Biomasa:** La biomasa “es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica”. ⁽³⁶⁾

- d) **Biótico:** El término biótico, “es una palabra comúnmente empleada en el campo de la biología ya que se refiere a todo lo relacionado con los organismos vivos, como se caracterizan y cómo interactúan con otros organismos de su misma especie. También se le conoce como Biota, que se refiere a todos los organismos vivos: las plantas, los animales y los seres humanos que habitan en una zona específica y que a su vez son los que conforman los factores bióticos”. ⁽³⁶⁾
- e) **Biota:** En su uso más habitual, mediante el término biótico se “designa al conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan un área dada. Se dice, por ejemplo, biota europea para referirse a la lista de especies que habitan en ese territorio. El término puede desglosarse en flora y en fauna, según los límites establecidos en botánica y en zoología”. ⁽³⁶⁾
- f) **Cuantificación:** Es el proceso de convertir un objeto a un grupo de valores discretos, como por ejemplo un número entero. Dependiendo del campo de estudio, el término cuantificación puede tomar diferentes definiciones. ⁽³⁸⁾
- g) **Crecimiento:** Es el proceso biológico, por el cual “un organismo aumenta de masa y tamaño a la vez que experimenta una serie de cambios morfológicos y funcionales que afecta a todo el organismo hasta adquirir las características del estado adulto”. ⁽³⁸⁾
- h) **Contaminación:** Es la introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio que provocan que éste sea inseguro o no apto para su uso. ⁽³⁸⁾
- i) **Comercialización:** Es la acción y efecto de comercializar (poner a la venta un producto o darle las condiciones y vías de distribución para su venta). ⁽³⁸⁾
- j) **Distribución:** La distribución “es aquel conjunto de actividades, que se realizan desde que el producto ha sido elaborado por el fabricante hasta que ha sido comprado por el consumidor final, y que tiene por

objeto precisamente hacer llegar el producto (bien o servicio) hasta el consumidor".⁽³⁸⁾

- k) **Ecosistema:** Un ecosistema "es el conjunto formado por los seres vivos y los elementos no vivos del ambiente y la relación vital que se establece entre ellos. La ciencia encargada de estudiar los ecosistemas y estas relaciones es la llamada ecología".⁽³⁶⁾
- l) **Hábitat:** "Es el espacio que reúne las condiciones adecuadas para que la especie pueda residir y reproducirse, perpetuando su presencia. Un hábitat queda así descrito por los rasgos que lo definen ecológicamente, distinguiéndolo de otros hábitats en los que las mismas especies no podrían encontrar acomodo".⁽³⁶⁾
- m) **Hígado:** "El hígado es un importante órgano que está presente tanto en el ser humano, como en todos los animales vertebrados. El hígado humano tiene un peso medio de 1500 g, está situado en la parte superior derecha del abdomen, debajo del diafragma, secreta la bilis esencial para la digestión de las grasas y cuenta con otras muchas funciones, entre ellas la síntesis de proteínas plasmáticas, función desintoxicante y almacenamiento de vitaminas y glucógeno".⁽³⁹⁾ El Hígado tiene la función primordial de eliminar de la sangre diferentes sustancias que puedan resultar nocivas para el organismo, como el alcohol, convirtiéndolas en inocuas. Su mal funcionamiento o la pérdida del hígado es causa de situaciones de salud graves e incluso la muerte.
- n) **Medio ambiente:** Hace referencia al conjunto de componentes físicos, químicos, y biológicos externos con los que interactúan los seres vivos.⁽³⁶⁾
- o) **Mercurio:** El mercurio "es un elemento químico con el símbolo Hg y número atómico 80. En la literatura antigua era designado comúnmente como plata líquida y también como azogue o hidrargiro. Elemento de aspecto plateado, metal pesado perteneciente al bloque D de la tabla periódica, el mercurio es el único elemento metálico que es líquido en condiciones estándar de laboratorio".⁽⁴⁰⁾

- p) **Tejido muscular:** “Es un tejido formado por células de la misma especie, estas células son llamadas células contráctiles (miocitos) que se han especializado al máximo para conseguir un correcto funcionamiento mecánico a partir de la energía química gracias a la interacción de las proteínas contráctiles (actina y miosina). Compone aproximadamente el 40-45 % de la masa de los seres humanos y está especializado en la contracción, lo que permite que se muevan los seres vivos pertenecientes al reino animal”. ⁽⁴¹⁾
- q) **Toxicidad:** Es la capacidad de alguna sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, al entrar en contacto con él. Tóxico es cualquier sustancia, artificial o natural, que posea toxicidad (es decir, cualquier sustancia que produzca un efecto dañino sobre los seres vivos al entrar en contacto con ellos).
- r) **Puertos Mayores:** Son utilizados con el comercio nacional e internacional.
- s) **Puertos Menores:** Se utiliza solo para exportar.
- t) **Las Caletas:** Es un lugar habilitado u ocasional de embarque y desembarque de mercadería

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

Tipo: Aplicativo cuantitativa transversal

Nivel: descriptivo

3.2. Diseño de la Investigación

El diseño responde a un criterio cuasi experimental.

3.3. Población y Muestra de La Investigación

Población

Constituida por peces de la zona Lima-chorrillos (sur) y Huacho(norte) que se expende para el consumo. Los peces son Lisa, merluza, lorna, cabrilla, caballa, de color intenso, frescos y en perfecto estado, con escamas lisas y brillantes, sin manchas ni formación de mucosas.

El agua de mar: Las aguas de mar se tomaron en la zona de estudio corresponde a Huacho(norte) y lima-Chorrillos (sur) a una hora de distancia de la playa en lancha se recolectamos 2 litros de agua superficial y 2 litros de agua profundo se refrigero a una Temperatura 4°C, en frascos de polietileno esterilizados debidamente rotulado, se trasladó en cooler provistos de bolsas de hielo.

Muestra

Las muestras en el sector Chorrillos: se recolectaron un total de 40 muestras de peces en etapa adulta con un peso de 250 a 300 Kg. y una longitud promedio 37cm respectivamente. Se utilizaron 20 peces para tejido muscular y 20 peces para Hígado.

Las muestras en el sector Huacho: se recolectaron un total de 40 muestras de peces en etapa adulta con un peso promedio de 250 a 300 kg. con 37cm de longitud promedio respectivamente., se utilizaron 20 peces para tejido muscular y 20 peces para hígado.

Se consideran las principales especies de consumo masivo como son: Liza (16), Merluza (16), Lorna (16), Cabrilla (16), Caballa (16) repartido 8 peces por especies para cada zona.

3.4. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1. Técnica

La determinación de arsénico y mercurio se realizó por espectrofotometría de absorción atómica – Generador de Hidruros y Vapor al Frio. La muestra fue atomizada en la cámara de grafito a una temperatura de 1500 °C, luego se realizó la lectura a una determinada longitud de onda; y la concentración se determinó con una curva de calibración. ⁽²³⁾

3.4.2. Descripción de instrumento

3.4.2.1. Espectrofotometría de absorción atómica (AA)

El empleo de la espectrofotometría de absorción atómica(EAA) es el método analítico de trazas de metales pesados y metaloides en diversas matrices (fluidos biológicos, alimentos, filtros de captación ambiental, etc). Esta técnica, por tanto, permitirá valorar el grado de contaminación medioambiente la exposición a determinados tóxicos industriales en un colectivo de trabajadores, nivel de metales en un alimento, etc. ⁽²³⁾

Técnicas analíticas:

- ❖ EAA con Llama (ej.: Cu, Zn)

- ❖ EAA con Horno a Grafito (ej.: Pb, Cd)
- ❖ EAA con Generador de Hidruros
- ❖ Sin llama (técnica de vapor frío) ej: hg
- ❖ Con llama (ej.: As, Se)

a) Espectroscopia de Generador de Hidruros

El generador de hidruros HG3000 es un sistema que genera un flujo continuo de vapor, consta de una bomba peristáltica que continuamente bombea muestra y reactivos a un tubo manifold (tubo múltiple) donde se produce la mezcla. La solución mezcla fluye a través de un tubo serpentín donde se forma el hidruro del elemento junto con hidrógeno. Con la ayuda del gas portador (Ar o N₂) el hidruro (junto con el hidrógeno) entra a un recipiente separador gas-líquido donde el hidruro gaseoso es removido de la solución. ⁽²³⁾

Posteriormente el hidruro, al estado de vapor es transportado hasta la celda de absorción de cuarzo, que está montada sobre el mechero y calentada con llama aire-acetileno o eléctricamente si se dispone del EHG3000.

El vapor es atomizado en la llama produciéndose la absorción de luz. El gas inerte que se usa debe ser de una alta pureza y a una presión regulada de 30-60 psi (225-455 Kpa). El flujo de gas durante la medición debe ser, para el método del boro hidruro de sodio, desde el separador gas-líquido de 30 ml/min. ⁽²³⁾

El proceso de generación de hidruros, la máxima sensibilidad se obtiene cuando el elemento analito

está en un estado de oxidación particular. Por eso la muestra, los estándares y el blanco deben ser tratados previamente de tal manera de llevar todo el analito al estado de oxidación apropiado (por ej., el As⁺⁵ a As⁺³).

En general las digestiones con H₂SO₄ y HNO₃ tienden a dar estados de oxidación mayor, lo que es desfavorable para esta técnica, por lo que hay que evitar el uso estos ácidos. También los NOX producen interferencias y la sensibilidad analítica disminuye. ⁽²³⁾

- ❖ Se prefiere HCl y H₃PO₄ para digestión.
- ❖ El Cu y el Sn son fuertes interferentes de la generación de hidruros.
- ❖ El KI que se usa en la determinación de As y Sb acelera la de-vitrificación de la celda de cuarzo.

b) Espectroscopia de absorción atómica con vapor frío (CVAAS)

El método más utilizado para la determinación del mercurio en cualquier medio ha sido la espectroscopia de absorción atómica (AAS) con la técnica del vapor frío. (Panichev y Panicheva, 2015). Esta técnica permite la determinación directa con la única condición de que el mercurio contenido en las muestras líquidas, normalmente en forma iónica como Hg²⁺, sea reducido al estado metálico Hg⁰. Posteriormente, el vapor formado se arrastra por un gas inerte hacia una celda de cuarzo en la que se produce el proceso de la absorción atómica. “Las muestras sólidas se digieren antes para transformar

todas las especies de Hg (inorgánicas y orgánicas) a Hg^{2+} , ya que esta es la única especie capaz de generar el vapor de mercurio atómico (González et al., 2014)”. “Dentro de las desventajas se puede citar que el método consume tiempo y es complicado por la posibilidad de pérdidas por volatilización o digestión incompleta, así como la contaminación de las muestras (Kuboyama et al., 2005). Se denota que de todas las técnicas analíticas utilizadas esta es la más empleada, por realizar etapas muy sencillas de extracción, además de cuantificar satisfactoriamente el mercurio en muestras de pescado”. (42)

3.5. Técnicas para el Procesamiento de Datos

Para interpretar los resultados del estudio de acuerdo a los objetivos e hipótesis, se realizará con Software SPSS v20. Se utilizará la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de la distribución de los datos, así como también prueba de Levene para verificar la homogeneidad.

3.6. Diseño Experimental: Equipos, Materiales y Reactivos

3.6.1. Procedimiento para la toma de muestra de peces

- ❖ Se recolectaron un total de 80 muestras del mar de Huacho y Chorrillos.
- ❖ Las muestras se compraron en los mercados caletas de Huacho y Chorrillos a las 5 de la mañana se eligieron peces en etapa adulta con un peso de 250 a 300 Kg. y una longitud promedio 37cm respectivamente.
- ❖ Se distribuyeron en 40 peces para Arsénico se utilizó el Tejido muscular y 40 peces para Mercurio se utilizó el Hígado.

- ❖ Los peces se recolectaron en bolsas plásticas herméticas debidamente rotuladas con un código de forma individual para identificarlas.
- ❖ Los peces fueron acondicionados en un cooler provistas con hielo gel a una temperatura de 3°C a 5°C y se trasladaron hasta el laboratorio.
- ❖ Una vez en el laboratorio las muestras fueron descongeladas, para posteriormente medirlas y pesarlas. Al cabo de dicho proceso se dispuso a la extracción de los tejidos y órganos con utensilios adecuados con el fin de continuar con su análisis.

3.6.2. Proceso de toma de muestra de agua

- ❖ Las muestras de agua de mar se tomaron en la zona de estudio corresponde a Huacho(norte) y lima-Chorrillos (sur) a una hora de distancia de la playa en lancha.
- ❖ Para los exámenes Físico Químicos complementarios que se realizaron al agua de mar, se recolectamos 2 litros de agua superficial y 2 litros de agua profundo se refrigero a una Temperatura 4°C, en frascos de polietileno esterilizados debidamente rotulado.
- ❖ Para el examen de coliformes complementarios que se realizaron al agua de mar, se utilizó frascos de vidrio de color ámbar esterilizados y rotulados dejando un espacio de rebose en el frasco para evitar contaminación.
- ❖ Una vez recolectadas las muestras fueron conservadas en cooler provistas de hielo gel y trasladadas hasta el laboratorio.
- ❖ Para el análisis de Arsénico y Mercurio, las muestras fueron recolectadas en frascos de polietileno y se agregó 3 ml de HNO₃ por litro de agua para acidificar y no adulterar la muestra
- ❖ La muestra se tomó en un ángulo apropiado para el ingreso del agua en los envases, se dejó un espacio en el frasco

evitando llenar al 100%, luego se cerró el frasco con tapas herméticas para evitar contaminación.

3.6.3. Determinación de mercurio en hígado

Reactivos: Los reactivos utilizados para el tratamiento de la muestra fueron:

- ❖ Agua ultra pura
- ❖ Ácido sulfúrico 98%
- ❖ Peróxido de hidrogeno 30%
- ❖ Boro hidruro de sodio
- ❖ Ácido clorhídrico 37%
- ❖ Hidróxido de sodio
- ❖ Solución estándar para absorción atómica de mercurio 1000ug/mL en ácido nítrico al 10% (Marca SCP Science, lote S111027015).

Equipos e instrumentos: Para la preparación de la muestra se utilizaron los siguientes equipos:

- ❖ Purificador de agua (Marca Elix Technology, serie Aquelix 5)
- ❖ Campana de extracción (Marca Frontier Junior).
- ❖ Pipeta de vidrio 20mL
- ❖ Micropipeta 0.5-5mL (Eppendorf Research plus)
- ❖ Micropipeta 10-100uL ((Eppendorf Research) Fiolas 10mL, 25mL, 50mL, 100mL Beaker 50mL
- ❖ Baño maría

Para el análisis de mercurio se utilizó:

- ❖ Espectrómetro de absorción atómica marca Thermo Scientific serie iCE 3000, acoplado a un Sistema de Vapor VP100.

Condiciones del equipo

- ❖ Se utilizó la función atomización electrotérmica (por horno de grafito) para el cual se configuraron las siguientes opciones:

General

- ❖ Nombre del método: Hg SOLAAR.
- ❖ Sistema de vapor VP100

Espectrofotómetro:

Modo de medida: Absorbancia

- ❖ N° de re-muestras: 3
- ❖ Tiempo de medida: 4 seg
- ❖ Longitud de onda: 253.7nm
- ❖ Corriente de lámpara: 75%
- ❖ Rendija: 0.5nm
- ❖ Señal: Continua
- ❖ Medida de pico transitorio: desde 0.00 seg. hasta 4.00 seg.
- ❖ Corrección de fondo: D2Quadine (Lámpara de deuterio)

Sistema de vapor.

- ❖ Velocidad de bomba peristáltica: 40 RPM
- ❖ Flujo de argón (gas de transporte): 200mL/min

Calibración:

- ❖ Método: Normal – ajuste lineal mínimos cuadrados
- ❖ Unidades de concentración: ug/L
- ❖ Estándares: 3

Concentración de niveles de calibración:

- ❖ Nivel1: 5.0 ug/L
- ❖ Nivel2: 10 ug/L
- ❖ Nivel3: 20 ug/L
- ❖ Ajuste aceptable de curva de calibración: 0.995

3.6.3.1. Procedimiento experimental de mercurio

a) Preparación de solución reductor

Se pesa 2.5g de boro hidruro de sodio y se coloca en una fiola de 250mL. Se agrega 200mL de agua ultra pura y se coloca en el equipo de ultrasonido por 5 minutos. Se agrega con bastante cuidado 1.25g de hidróxido de sodio (reacción exotérmica) y se coloca nuevamente en el equipo de ultrasonido por 5 minutos. Finalmente se enraza la fiola a 250mL. Finalmente se filtra con papel filtro y embudo. Se coloca en un recipiente de plástico y se rotula colocando la fecha.

b) Preparación de solución ácida

En una campana de extracción, se transvasa usando una pipeta de vidrio 12.5 mL de Ácido clorhídrico 37% (concentrado) y se diluye en una fiola de 250mL. Se coloca en un recipiente de plástico y se rotula colocando la fecha.

c) Preparación del estándar

- ❖ **Estándar maestro:** Se extrajo 100uL de Solución estándar para absorción atómica de mercurio 1000ug/mL en ácido nítrico al 10% con ayuda de la micropipeta Eppendorf 10-100uL y se transvasó a una fiola de 100mL, la cual se enrazó con agua ultra pura hasta obtener una concentración de 1000ug/L.
- ❖ **Nivel 1 (5.0ug/L):** Se extrae 500uL de estándar maestro con la micropipeta 0.5-5.0mL y se lleva a una fiola de 100mL. Se enraza con agua ultrapura y se rotula.
- ❖ **Nivel 2 (10.0ug/L):** Se extrae 1000uL de estándar maestro con la micropipeta 0.5-5.0mL y

se lleva a una fiola de 100mL. Se enraza con agua ultrapura y se rotula.

- ❖ Nivel 3 (20.0ug/L): Se extrae 2000uL de estándar maestro con la micropipeta 0.5-5.0mL y se lleva a una fiola de 100mL. Se enraza con agua ultrapura y se rotula.

d) Preparación de las muestras

Se descongeló el pescado y se realizó una disección del hígado, procurando obtener solo el parénquima hepático y prescindir del material fibroso. Se registró el peso del órgano y se colocó en un tubo de ensayo. Con bastante cuidado y en una campana de extracción se agregó 1mL de peróxido de hidrógeno 30% y 3 mL de ácido sulfúrico 98%. La reacción exotérmica se vigiló para que no exista proyección y pérdida de muestras. Se dejó reposar y enfriar por aproximadamente 10 minutos, luego de los cuales se transvasó el contenido a una fiola de 25mL. Se enrazó con agua ultra pura y se rotuló.

e) Cálculos

Los cálculos individuales para cada muestra fueron realizados utilizando la siguiente fórmula matemática:

$$\text{Concntración (mg/Kg)} = \frac{(\text{Señal}-b)}{(m) \times (Fd) \times (\text{Peso}) \times (1000)}$$

Señal: Absorbancia generada por la muestra

b: Constante de la ecuación lineal de la curva de calibración

m: Pendiente de la curva de calibración

Fd: Factor de dilución de la muestra ($1/25 = 0.04$)

Peso: Peso en gramos de la muestra.

3.6.4. Determinación de arsénico en músculo

Reactivos: Los reactivos utilizados para el tratamiento de la muestra fueron:

- ❖ Agua ultra pura
- ❖ Ácido sulfúrico 98%
- ❖ Peróxido de hidrogeno 30%
- ❖ Boro hidruro de sodio
- ❖ Ácido clorhídrico 37%
- ❖ Hidróxido de sodio
- ❖ Ioduro de potasio
- ❖ Solución estándar para absorción atómica de arsénico 1000ug/mL en ácido nítrico al 5% (Marca SCP Science, lote S110930008).

Equipos e instrumentos

Para la preparación de la muestra se utilizaron los siguientes equipos.

- ❖ Purificador de agua (Marca Elix Technology, serie Aquelix 5)
- ❖ Campana de extracción (Marca Frontier Junior)
- ❖ Cocinilla eléctrica
- ❖ Pipeta de vidrio 20mL
- ❖ Micropipeta 0.5-5mL (Eppendorf Research plus)
- ❖ Micropipeta 10-100uL ((Eppendorf Research)
- ❖ Fiolas 10mL, 25mL, 50mL, 100mL
- ❖ Beaker 100mL Baño maría

Para el análisis de arsénico se utilizó:

Espectrómetro de absorción atómica marca Thermo Scientific serie iCE 3000, acoplado a un sistema de Vapor VP100.

Condiciones del equipo: Se utilizó la función atomización electro térmica (por horno de grafito) para el cual se configuraron las siguientes opciones:

General:

- ❖ Nombre del método: As SOLAAR.
- ❖ Sistema de vapor VP100.
- ❖ Espectrofotómetro
- ❖ Modo de medida: Absorbancia
- ❖ N° de re-muestras: 3
- ❖ Tiempo de medida: 4 seg
- ❖ Longitud de onda: 193.7nm
- ❖ Corriente de lámpara: 75%
- ❖ Rendija: 0.5nm
- ❖ Señal: Continua
- ❖ Medida de pico transitorio: desde 0.00 seg. hasta 4.00 seg.
- ❖ Corrección de fondo: D2Quadine (Lámpara de deuterio)
- ❖ Sistema de vapor
- ❖ Velocidad de bomba peristáltica: 40 RPM
- ❖ Flujo de argón (gas de transporte): 200mL/min
- ❖ Calibración
- ❖ Método: Normal ajuste lineal mínimos cuadrados
- ❖ Unidades de concentración: ug/L
- ❖ Estándares: 4

Concentración de niveles de calibración:

- ❖ Nivel1: 1.0 ug/L o Nivel2: 5.0ug/L o
- ❖ Nivel2: 10 ug/L o Nivel3: 15 ug/L
- ❖ Ajuste aceptable de curva de calibración: 0.995

3.6.4.1. Procedimiento experimental de arsénico

a) Preparación de solución reductora

Se pesa 2.5g de boro hidruro de sodio y se coloca en una fiola de 250mL. Se agrega 200mL de agua

ultra pura y se coloca en el equipo de ultrasonido por 5 minutos. Se agrega con bastante cuidado 1.25g de hidróxido de sodio (reacción exotérmica) y se coloca nuevamente en el equipo de ultrasonido por 5 minutos.

Finalmente se enraza la fiola a 250mL. Finalmente se filtra con papel filtro y embudo. Se coloca en un recipiente de plástico y se rotula colocando la fecha.

b) Preparación de solución ácida

En una campana de extracción, se transvasa usando una pipeta de vidrio 12.5 mL de Ácido clorhídrico 37% (concentrado) y se diluye en una fiola de 250mL. Se coloca en un recipiente de plástico y se rotula colocando la fecha.

c) Preparación del estándar

- ❖ Estándar maestro: Se extrajo 100uL de Solución estándar para absorción atómica de arsénico 1000ug/mL en ácido nítrico al 10% con ayuda de la micropipeta Eppendorf 10-100uL y se transvasó a una fiola de 100mL, la cual se enrazó con agua ultra pura hasta obtener una concentración de 1000ug/L.
- ❖ Nivel 1 (1.0ug/L): Se extrae 100uL de estándar maestro con la micropipeta 0.5-5.0mL y se lleva a una fiola de 100mL. Se enraza con agua ultra pura y se rotula.
- ❖ Nivel 2 (5.0ug/L): Se extrae 500uL de estándar maestro con la micropipeta 0.5-5.0mL y se lleva a una fiola de 100mL. Se enraza con agua ultra pura y se rotula.

- ❖ Nivel 3 (10.0ug/L): Se extrae 1000uL de estándar maestro con la micropipeta 0.5-5.0mL y se lleva a una fiola de 100mL. Se enraza con agua ultrapura y se rotula.
- ❖ Nivel 4 (15.0ug/L): Se extrae 1500uL de estándar maestro con la micro pipeta 0.5-5.0mL y se lleva a una fiola de 100mL. Se enraza con agua ultra pura y se rotula.

d) Preparación del estándar

Se descongeló el pescado y se realizó una disección de músculo de aproximadamente 1.0 gramos. Se registró el peso del órgano y se colocó en un beaker de 100mL.

Con bastante cuidado y en una campana de extracción se agregó 1mL de peróxido de hidrógeno 30% y 3 mL de ácido sulfúrico 98%. La reacción exotérmica se vigiló para que no exista proyección y pérdida de muestras. Se dejó reposar y enfriar por aproximadamente 10 minutos.

Para eliminar el peróxido de hidrógeno, el beaker de 100mL fue sometido a calor en una cocinilla eléctrica. La muestra se llevó a evaporación y se redisolvió en agua ultrapura. Dicha muestra redisuelta se llevó a una fiola de 25mL. Se enrazó con agua ultra pura y se rotuló.

e) Cálculo

Los cálculos individuales para cada muestra fueron realizados utilizando la siguiente fórmula matemática.

(23)

$$\text{Concentración (mg/Kg)} = \frac{(\text{Señal}-b)}{(m) \times (Fd) \times (\text{Peso}) \times (1000)}$$

Señal: Absorbancia generada por la muestra

b: Constante de la ecuación lineal de la curva de calibración

m: Pendiente de la curva de calibración

Fd: Factor de dilución de la muestra (1/25 = 0.04)

Peso: Peso en gramos de la muestra.

3.7. Análisis de concentración de metales del agua de mar

3.7.1. Método

Identificar y cuantificar la concentración de Arsénico y Mercurio en agua por el método de Espectrofotometría de absorción atómica (AAS-GH).

3.7.2. Instrumentos

- ❖ Se usa corrección de fondo(background)
- ❖ longitud de onda: 197.7 nm.
- ❖ Medida de señal: altura de pico
- ❖ Tubo de grafito con plataforma
- ❖ Volumen de muestra:20 UI
- ❖ Temperatura programada del horno grafito.
- ❖ Temperatura de secado 120°C
- ❖ Temperatura de tratamiento 600°C

- ❖ Temperatura de automatización 220°C

3.7.3. Reactivos

- ❖ Agua ultrapura
- ❖ Ácido sulfúrico 98%
- ❖ Peróxido de hidrogeno 30%
- ❖ Borohidruro de sodio
- ❖ Ácido clorhídrico 37%
- ❖ Hidróxido de sodio
- ❖ Ioduro de potasio
- ❖ Solución estándar para absorción atómica de arsénico 1000ug/mL en ácido nítrico al 5% (Marca SCP Science, lote S110930008 (As))
- ❖ Solución estándar para absorción atómica de mercurio 1000ug/mL en ácido nítrico al 10% (Marca SCP Science, lote S110930008 (Hg))

3.7.4. Obtención de la curva de calibración para arsénico

❖ Preparación de los estándares.

Estándar patrón de arsénico, 100 mg/L: Medir 10 mL del estándar certificado de 1000 mg/L y se lleva a una fiola de 100 mL, enrasar con agua ultrapura. Tiene una duración de 6 meses.

Estándar patrón de arsénico, 10 mg/L: Medir 10 mL del estándar de 100 mg/L y se lleva a una fiola de 100 mL, enrasar con agua ultrapura. Tiene una duración de 3 meses.

Estándar patrón de arsénico, 1 mg/L: Medir 10 mL del estándar certificado de 10 mg/L y se lleva a una fiola de 100 mL, enrasar con diluyente. Tiene una duración de 1 semana.

Estándar patrón de arsénico, 10 µg/L: Medir 500 µL del estándar certificado de 1 mg/L y llevar a una fiola de 50 mL, enrasar con diluyente. Preparar diariamente.

Los estándares de calibración de 1 µg/L, 2 µg/L, 4 µg/L y 8 µg/L. El equipo prepara automáticamente estos estándares a partir del estándar de 10 µg/L.



Figura 12: Curva de calibración para arsénico.

3.8. Análisis complementarios de parámetros físico químicos de agua de mar

3.8.1. pH

- ❖ Se colocó en un beaker de 50mL de muestra de agua e introdujo el electrodo del potenciómetro previamente calibrado con buffer de pH 7 y pH 4.
- ❖ Se esperó a la estabilidad de la medición y anotó el resultado.

3.8.2. Temperatura:

- ❖ Se colocó un termómetro en la muestra de agua.
- ❖ Se observó la estabilidad de la medición y tomó nota.

3.8.3. Conductividad:

- ❖ Se colocó 1mL de la muestra de agua y 99mL de agua destilada. Se colocó el conductímetro en la muestra y espero su estabilidad en la medición.
- ❖ Finalmente se anotó la medición del equipo.

Procedimiento para calcular conductividad:

$$uS/cm = C * F$$

C= resultado de la medición

F=factor

3.8.4. Determinación de nitratos

- ❖ Patrón de nitrato de 100ppm: Se pesó KNO₃ 0,072g y diluyó en un matraz aforado de 100mL con agua destilada.
- ❖ Solución de trabajo de 10 mg/L NO₃-N: Se tomó una alícuota de 10 mL del patrón de nitrato y diluyó en un matraz aforado de 100 mL con agua destilada.
- ❖ Curva de calibración: Se tomó alícuotas de 12.5mL, 0.25mL, 0.125mL, 0 mL de la solución de 10 NO₃-N y completó con agua destilada en matraces aforados de 25mL. Se obtuvieron las concentraciones de 5 NO₃-N, 0,1 NO₃-N, 0.05 NO₃-N y 0 NO₃-N respectivamente. El blanco que se a utilizó fué agua destilada.
- ❖ Previo análisis: Se tomó alícuotas de 12,5mL de cada estándar y llevó a matraces con tapa de 25mL, se adicionó 1mL de HCl 1N y mezcló.
- ❖ Preparación de la muestra para análisis: Se filtró 50mL de la muestra con membranas de celulosa de 0,45um y transfirió 12,5mL a un matraz, se agregó 1mL de HCl y mezcló.
- ❖ Se procedió a medir la absorbancia en un espectrofotómetro UV-visible a longitudes de onda de 220nm y 275nm.

Procedimiento para los cálculos en la determinación de nitratos:

$$\text{mg/L de NO}_3 - \text{N} = \frac{[\text{Abs } 220\text{nm} - (2 \times \text{Abs } 275\text{nm})] - b}{m}$$

$$\text{mg/L de NO}_3 = (\text{mg/L NO}_3 - \text{N}) * 62/14$$

Donde:

b: valor independiente

m: pendiente

62: PM de NO₃

14: PM de N

Resultados de los exámenes complementarios para nitratos

Tabla 2: Resultados de Nitratos.

Nº	Abs 220nm	Abs 275nm	Absorbancia corregida	mg/L NO ₃ -N		mg/L NO ₃	Prom edio	por cientoR SD
1	0.282	0.083	0.116	0.3018868		1.337	1.28	5.9
2	0.279	0.085	0.109	0.2774284		1.228		

3.8.5. Sólidos totales suspendidos

Tratamiento del filtro:

- a) Se rotuló las cápsulas y lavó los filtros de 0,45 µm con agua destilada y se colocó en las respectivas cápsulas para secarlas en la estufa a 105°C por 2 horas.
- b) Luego se llevó a un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y pesó, se repitió el secado hasta obtener un peso constante. Se anotó los pesos.

Obtención de Sólidos Suspendidos Totales:

- a) Se colocó el filtro sujetándolo con pinzas limpias en el equipo de filtración al vacío y midió 0.145 L de la muestra previamente homogenizada.
- b) Se retiró el filtro con las pinzas y colocó en la cápsula correspondiente.
- c) Se llevó a la estufa para su secado a 105°C durante 1 hora. Se repitió el proceso de secado hasta que se obtuvo un peso constante.

Procedimiento para los cálculos en la determinación de sólidos totales suspendidos

$$\text{SST} = \text{mg/L} \quad \text{SST} = \frac{(x - y) * 1000}{V}$$

Donde:

X= peso del conjunto cápsula + filtro con la muestra problema en g.

Y= Peso del conjunto cápsula + filtro en g.

V= volumen de la muestra filtrada en L.

3.9. Análisis complementarios de coliformes totales en agua de mar

3.9.1. Objetivo

Cuantificar la cantidad de coliformes totales por el método de tubos múltiples o número más probable en agua.

3.9.2. Materiales, insumos y equipos

Materiales

- ❖ Gradillas
- ❖ estériles con tapa rosca.
- ❖ Puntas para micropipeta de 0.5-5mL
- ❖ Micropipeta calibrada de 0.5-5mL

Insumos (Medios de cultivo):

- ❖ Agua de peptona 1%
- ❖ Caldo Lauril Triptosa (LST)

Equipos

- ❖ Incubadora 35°C
- ❖ Autoclave Vertical Digital
- ❖ Potenciómetro
- ❖ Baño María
- ❖ Balanza analítica
- ❖ Mechero Bunsen

3.9.3. Desarrollo

- ❖ Cuantificación de coliformes totales

3.9.4. Preparación del caldo LST

El caldo LST debe ser preparado de acuerdo a las instrucciones del fabricante con agua destilada, calentar si es necesario para disolver.

Medir el pH con el potenciómetro, el valor de la medición debe estar entre 6.9-7.3.

Añadir una cantidad del caldo preparado en 10 tubos de ensayo con tapa rosca de tal forma que el líquido añadido sea aproximadamente las tres cuartas partes de la altura del tubo, luego introducir un tubo de Durham invertido en el interior.

Cerrar el tubo de ensayo y expulsar el aire atrapado en los tubos de Durham. Autoclavar a 121°C y 15 lb/pg2 durante 15 minutos.

Comprobar una vez más que no haya burbujas de aire dentro de los tubos de Durham.

3.9.5. Preparación de la muestra

La muestra debe ser diluida a tres diferentes concentraciones 10-1, 10-2 y 10-3 para ello el diluyente será agua de peptona 1%. La primera dilución se prepara añadiendo 10mL de la muestra en 90mL de diluyente y las siguientes diluciones se preparan añadiendo 1mL de la dilución anterior a un tubo con 9mL del mismo diluyente.

Además, se tendrá un tubo de ensayo solo con diluyente sin muestra a analizar el cual servirá como control negativo.

3.9.6. Incorporación de los muestra en los tubos múltiples

Añadir 1mL de la primera dilución a los primeros tres tubos, 1 mililitro en cada tubo, luego seguir de la misma forma con las demás diluciones, en total se tendrán 9 tubos para la muestra y un tubo para el control.

Incubar las placas a 35°C durante 24-48 horas y observar la presencia de gas colonias que se formen.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

Tipo: Aplicativo cuantitativa transversal

Tabla 3: Concentración media de arsénico y mercurio en peces.

Metal	Peces		Mar Peruano
	Concentración media	LMP	Resultado
Arsénico	0,00265	2	No detectable
Mercurio	0,03945	0,5	No detectable

A partir de la Tabla 4, como se puede apreciar, ni en los peces, ni en el agua de mar tienen presencia de arsénico o mercurio con valores que superen los límites permisibles.

Objetivo 1:

Determinar los niveles de concentración de arsénico y mercurio en órganos blandos de peces procedentes del mar de Huacho y Chorrillos según el límite máximo permisibles.

Hipótesis 1:

Los niveles de concentración de arsénico y mercurio en órganos blandos de peces procedentes del mar de Huacho y Chorrillos se encuentran incrementados según límites máximos permisibles.

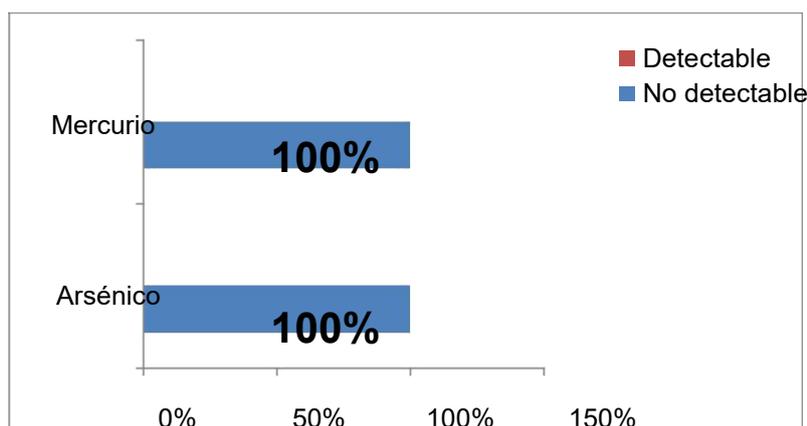


Figura 13: Concentración de arsénico y mercurio en los órganos blandos.

Tabla 4: Concentración media de arsénico y mercurio en los órganos blandos.

Metal	Peces	
	No superan los LMP	Superan los LMP
Arsénico	100%	0%
Mercurio	100%	0%

A partir de la Tabla 5, como se puede apreciar, que los peces no superan los límites permisibles en estos metales pesados.

Objetivo 2:

Determinar los niveles de concentraciones de arsénico y mercurio en agua del mar procedente del mar de Huacho y Chorrillos según el límite máximo permisible.

Hipótesis 2:

Los niveles de concentración de arsénico y mercurio en agua de mar procedentes del mar de Huacho y Chorrillos se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.

Tabla 5: Concentración de arsénico y mercurio en agua de mar.

Metal	Mar Peruano Resultado
Arsénico	No detectable
Mercurio	No detectable

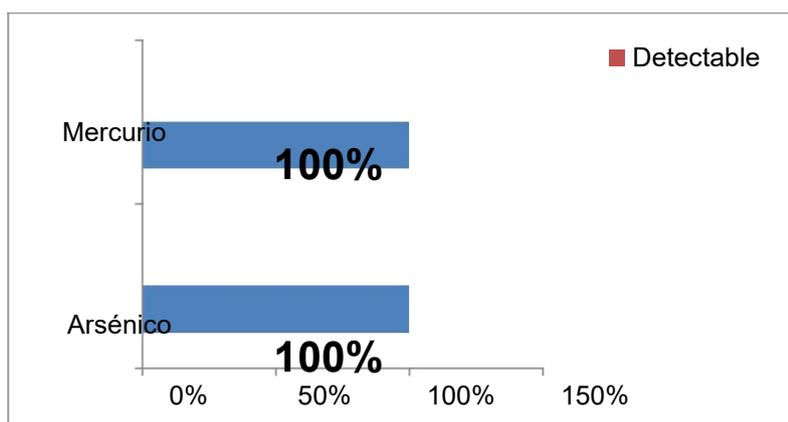


Figura 14: Concentración de arsénico y mercurio procedente en el agua de mar.

Objetivo 3:

Resultados de los valores fisicoquímicos del agua del mar de Huacho y Chorrillos.

Hipótesis 3:

Los valores fisicoquímicos del agua del mar procedentes del litoral peruano se encuentran incrementados,

Tabla 6: Concentración media de los parámetros fisicoquímicos.

Fisicoquímicos	Agua	
	Concentración media	LD
Conductividad	54890	--
Nitratos	0,73	0,044
Sólidos Suspendidos	< 5	5
PH	7,6	--

A partir de la Tabla 7, como se puede apreciar, las muestras de agua de mar en promedio superan los valores máximos permisibles (LD: Límites de detección) de nitratos.

Tabla 7: Análisis del comportamiento de las variables Arsénico y Mercurio.
Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.

		Arsénico Tejido Muscular	Mercurio Hígado
Muestra total 80 (arsénico 40/ mercurio 40)		40	40
Parámetros normales^{a,b}	Media	0,00265	0,03945
	Desviación Típica	0,009986	0,058013
Diferencias más Extremas	Absoluta	0,405	0,377
	Positiva	0,405	0,377
	Negativa	-0,395	-0,248
Z de Kolmogorov-Smirnov		2,559	2,383
P valor		0,000	0,000

A partir de la tabla 8, se puede concluir que las variables de arsénico y mercurio no tienen comportamiento normal debido a que su p valor es 0.00.

Tabla 8. Comparación de los niveles medianos de Arsénico según lugar de procedencia.

Indicadores	Arsénico Tejido Muscular
U de Mann-Whitney	179,500
Z	-0,794
P valor	0,427

A partir de la Tabla 9, se puede apreciar que no existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Arsénico según lugar de procedencia (Huacho - Chorrillos) ya que el p valor es 0.427.

Tabla 9. Comparación de los niveles medianos de Mercurio según lugar de procedencia.

Indicadores	Mercurio Hígado
U de Mann-Whitney	175,000
Z	-,778
P valor	0,437

A partir de la Tabla 10, se puede apreciar que no existe diferencia significativa entre los niveles medianos de Mercurio según lugar de procedencia.

Tabla 10. Resultados complementarios microbiológico de agua de mar del mar de Huacho y Chorrillos.

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	MÉTODO	RESULTADO
Coliformes Totales	<2.2 NMP/100ml	ICMSF	<2.2 NMP/100ml

A partir de la Tabla 11, se puede apreciar que la carga microbiana (Coliformes totales), no sobrepasa los límites máximos permisibles para agua de mar.

4.2. Discusión de Resultados

En el Perú, la minería ilegal e informal, es una de las principales fuentes de contaminación por metales pesados en diversos ecosistemas del país. Por lo cual el riesgo de contaminación de alimentos, y en especial de peces, cobra una gran importancia.

En el ambiente acuático, el mercurio inorgánico es depositado en los sedimentos y es convertido en metilmercurio (MeHg) por acción bacteriana en un proceso de biometilación. El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente presente en el aire, agua y la tierra, en su forma inorgánica es muy tóxica, la exposición prolongada al arsénico a través del agua contaminada causa intoxicación crónica y cáncer.

Los contaminantes químicos no se acumulan en el mismo grado en todos los peces. Los metales pesados se acumulan en el ambiente marino y son transferidos a los peces por diferentes rutas. La absorción de metales puede ser directa (agua: branquias pasando a órganos y tejido muscular) o indirecta (alimentos, sedimentos contaminados: canal alimenticio). (Corrales 2013)⁽¹⁷⁾

En el presente trabajo se eligieron peces de pesca artesanal para el cual se realizó un estudio de mercados cerca a los muelles pescadores Huacho y Chorrillos, para averiguar que pescados eran más accesibles para su consumo masivo y por la abundancia en la pesca y el precio económico se eligieron estas especies (liza, merluza, lorna, cabrilla, caballa). También siendo la pesca de menor escala o artesanal un medio de trabajo para la gente de estos muelles donde ellos salen en lanchas por la noche y regresan de madrugada con la pesca, revendiendo sus productos directamente en los muelles pescadores sin ningún proceso de control y evaluación sanitaria estos peces van directamente a la venta y su consumo masivo, como investigadores nos preocupamos cuáles serán los LMP de metales en dichos peces y agua de mar debido a la fuerte contaminación ambiental hoy en día.

4.2.1. Concentración de metales pesados en tejido muscular e hígado

En la investigación realizada se determinaron las concentraciones de metales pesados como: Mercurio (0,03945 mg/kg) y Arsénico (0.000265mg/kg), en las especies: lisa, merluza, lorna, cabrilla, caballa de las caletas pescadores “carquin” Huacho y “Chorrillos” Lima, analizando su variación en el tejido muscular y hígado respecto variables de las especies donde los valores no superaron los límites máximos permisibles. los resultados concordaron con Espinoza **et al. (2015) en su estudio:** Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para la salud humana por su consumo, se colectaron siete especies de peces usualmente consumidas del río Tumbes y se determinó en tejido muscular. “La concentración de mercurio, cadmio, plomo y arsénico usando por el método de absorción atómica: vapor al frío, hidruro y llama. A través de este método se encontró que las concentraciones de mercurio y arsénico están por debajo del límite máximo permisible de referencia, por el contrario, las concentraciones de plomo y cadmio si superaron el límite máximo permisible”. ⁽⁸⁾ **Corrales D. (2013)** Este estudio determinó medir el “contenido de cobre(Cu), cinc(Zn), arsénico(As) y mercurio(Hg) en el tejido muscular e hígado en dos especies *Micropogonias furnieri* (corvina rubia) y *Mugil platanus* (lisa) de la zona costera de Montevideo, Uruguay”. Para el desarrollo de esta investigación se necesitó el empleo de técnicas analíticas especiales como Fluorescencia de rayos X, Dispersiva en Energía y la Espectrofotometría de Absorción Atómica con la técnica de Vapor Frío. Se evidenció la divergencia con respecto a los estudios anteriores para la zona, siendo mayores en relación al contenido de cobre e inferiores para el mercurio. El hígado fue el órgano donde se determinaron los mayores niveles de cobre y cinc probablemente relacionados a su rol en el metabolismo como órgano responsable de la desintoxicación. “Los resultados del estudio indican que las concentraciones de cobre, arsénico, cinc y

mercurio en el tejido muscular están por debajo del nivel máximo permitido para consumo humano, a pesar que más investigaciones son necesarias a fin de establecer riesgos asociados al arsénico”.⁽¹⁷⁾

4.2.2. Concentración de metales pesados en agua de mar

En la investigación realizada en la concentración de arsénico y mercurio en el mar de Huacho y Chorrillos, no superan los límites máximos permisibles de estos dos metales, según los límites detectables(LD) menores a ECAs-AGUA establecidos en el DS-002-2008 MINAM anexo I para agua de categoría I y III.”y según D.S N°004-2017 MINAN de la categoría 4-Conservación del ambiente acuático (E2: Ríos, Costa y Sierra). según **Apaza H. (2016) según su investigación** Determinación del contenido de mercurio en agua y sedimentos del río Suches-zona bajo paria Cojata - Puno. La información recopilada fue gracias al apoyo del laboratorio con acreditación (L.C.A) en Bolivia. “La presencia de mercurio en agua muestra indicadores de ligera contaminación, por debajo de los límites permisibles y en varios casos por debajo del límite de detección (generalmente 0.0002 ug/l), estos valores han sido reportados en aguas de relave; su efecto en la ictiofauna muestra que los peces se encuentran por debajo de los límites permisibles para la alimentación. **Girón T et al. (2014)** en el estudio “Evaluación de los niveles de concentración de metales pesados en las aguas del río motil de la provincia de Otuzco”. Se tenía información que en el río Motil existía una concentración elevada de metales y que estos piscicultores utilizaban el agua para su criadero de truchas (*Onchorhynchus mykiss*). Se cuantificó la concentración de los metales pesados: arsénico, zinc, cobre, mercurio, plomo y hierro; así como del cianuro, “las aguas del río Motil presentan metales pesados de: Arsénico, zinc, hierro, plomo, mercurio en concentraciones menores a los ECAs-AGUA

establecidos en el DS-002-2008 MINAM anexo I para agua de categoría I y III.”⁽⁹⁾

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- 1) El mar peruano que cuenta con diversidad de especies marinas, donde se evaluaron las siguientes especies Lisa, Merluza, Lorna, Cabrilla y Caballa en el cual Los niveles de concentración de arsénico y mercurio en tejido muscular e hígado de peces procedentes del mar de Huacho y Chorrillos, no se encuentran incrementados con valores que superen los límites máximos permisibles según las NORMA UNION EUROPEA marzo 2017. donde hubieron estudios anteriores por otros investigadores en el cual tampoco se evidencian límites máximos permisibles que superen metales pesados en peces, encontrándose aptos para el consumo humano.

- 2) En el agua del mar de Huacho y Chorrillos tomadas las muestras a una hora en lancha y a una profundidad aproximado de 15 mt. Sobre el nivel del mar, donde los niveles de Concentración de arsénico y mercurio no se encuentran incrementados los límites máximos permisibles según MINAN 2017, Pero es de suponer que a largo plazo representa una fuente de contaminación ya que se convertiría un reservorio de estos metales pudiendo afectar de alguna manera la cadena trófica del mar. debido a factores contaminantes que influyen en la bioacumulacion de metales la temperatura, salinidad, variaciones estacionales y el estado físico-químico de los metales en el agua de mar.

5.1. Recomendaciones

- 1) Hacer llegar y saber con esta investigación que debemos concientizar a nuestras autoridades y a la población a no contaminar: los ríos que desembocan en el litoral de huacho y Chorrillos ya sea por el trabajo en la agricultura, industrias, desperdicios para seguir manteniendo estos valores negativos y limpios que se mantiene.
- 2) Que los municipios se preocupen en difundir el trabajo en tratamiento a los desagües para evitar contaminar el mar y a la vez mantener una vida saludable de los peces que habitan en estos lugares.
- 3) Se invita a otros investigadores a seguir con los análisis para identificar los valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua. Ya que es un factor clave para profundizar más el conocimiento del mismo en los pescados estudiados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Blanco N.C. La trucha. Madrid: Ediciones Mundi Prensa; 1984.
2. FAO. La trucha Manual para la prevención y el tratamiento de las enfermedades en peces de cultivo de agua dulce. Chile: Ediciones FAO; 1991.
3. Kubitza F. Saude y manejo sanitario.: Editora Kubitza; 2013.
4. Senasica. Manual de buenas prácticas de producción acuícola de la trucha; 2003.
5. Osores F, Grández A, Fernández J. Mercurio y salud en Madre de Dios, Perú. Acta méd peruana. [Online] 2010;27(4): 310-314. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v27n4/a16v27n4.pdf> [Accessed 9 Abril 2018].
6. Gamarra N, Ucesa R. Determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica en truchas arcoiris "oncorhynchus mykiss" del Río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo (Tesis para optar al título profesional de Químico Farmacéutico y Bioquímico). Lima: Universidad Inca Garcilaso de la Vega; 2017.
7. Apaza H. Determinación del contenido de mercurio en agua y sedimentos del Río Suches – Zona bajo paria Cojota- Puno (Tesis para optar el título de ingeniero Metalúrgico). Puno: Universidad Nacional del Altiplano; 2016.
8. Ortiz D, Alama S. Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para salud humana por su consumo. Rev del Instituto de Investigación (RIIGEO). 2015;18(36): 35-41.
9. Teófilo G, Villalobos L. Evaluación de los niveles de concentración de metales pesados en las aguas del rio Motil de la provincia de Otuzco (Tesis de grado ingeniería química). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo; 2014.
10. Huancaré R. Identificación histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) de cultivo en etapa comercial de la laguna

11. Rosalía Karina Huancaré Pursari (2014) TESIS Para optar el título profesional de Médico Veterinario Universidad Nacional Mayor de San Marcos "Identificación histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de cultivo en etapa comercial de la Laguna de Mamacocha, Área de influencia minera, Cajamarca-Perú." http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3749/1/Huancar%C3%A9_pr.pdf
12. Rommel A, Amancio F. Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la laguna Chinancocha-Llanganuco periodo 2012 –2013 (Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo; 2014. [Citado el 10 de marzo del 2018]. Disponible en: <http://studylib.es/doc/8575041/universidad-nacional>
13. Mamani E. Acumulación de mercurio en pejerrey (*Basillchithys bonariensis*) en habitat norte del lago Titicaca (Tesis para optar el grado de maestro). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería; 2011. [Citado el 15 de marzo del 2018]. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/659>
14. Zapata F. Bioacumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera y metalúrgica en tejidos de *oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" de los centros de producción de la provincia de Yauli – Junín (Tesis para optar el grado de doctor en ciencias ambientales). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo; 2009. [Citado el 12 de marzo del 2018]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5400>
15. González J. Gestión de riesgos ambientales y seguridad en las empresas nivel de contaminación por metales pesados (pb, cu, hg, as y fe) en el rio el toro, distrito de Huamachuco de la provincia de Sánchez Carrión durante año 2009 – 2010 (Tesis para optar el grado académico de maestro en gestión de riesgos ambientales y seguridad en las empresas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo; 2012.
16. Altahona E, Movilla K. Análisis de las concentraciones de mercurio en peces importados en la ciudad de Barranquilla y riesgo potencial para la salud humana. Colombia: Universidad de la Costa Barranquilla; 2016.

- [Citado el 14 de marzo del 2018]. Disponible en: <http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/handle/11323/943>
17. Boy A. Determinación de metales pesados en agua, peces, almejas e hydrilla verticillata del lago de Izabal (Tesis para optar al título de Química Bióloga). Puno: Universidad San Carlos; 2015. [Citado el 17 de marzo del 2018]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3760.pdf
 18. Corrales D. Estudio de contenido de metales pesados en dos especies de peces de la zona costera de Montevideo (Tesina para obtener el grado de licenciado en ciencias biológicas). Uruguay: Universidad de la república de Uruguay; 2013. [Citado el 6 de marzo del 2018]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/123456789/5077>
 19. Betancourt O. La pequeña minería del oro: la pequeña minería del oro: impactos en impactos en el ambiente y la salud humana el ambiente y la salud humana en la Cuenca del rio Puyango, sur del Ecuador. Ecuador: Fundación salud ambiente y desarrollo investigación realizada con el apoyo del centro internacional de investigaciones para el desarrollo del Canada; 2001.
 20. Velásquez D. Determinación de metales pesados en biota (mytilus chilensis) y sedimentos de la bahía de corral, provincia de Valdivia (Tesis para optar al Título de Químico Farmacéutico) Chile: Universidad Austral de Chile; 2015. [Citado el 4 de marzo del 2018]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fcv434d/doc/fcv434d.pdf>
 21. Londoño, L, Londoño, P, Muñoz, F. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial. 2016; 14 (2): 145-153.
 22. Calderón, C. Serie Autodidacta en Materia de Normas Técnicas Relacionadas con la Inspección y Verificación. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; 2010.
 23. Reyes Y, Vergara I, Torres O, Díaz M, Gonzáles E. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo. 2016;16(2): 66-77.

24. Chapple, G., The determination of arsenic, selenium and mercury levels in U.S. EPA quality control samples using the GBC HG3000 continuous-flow hydride generator, GBC AA Applications, N° 17, 1990, Australia. Manual de operación del generador de hidruros GBC HG3000, GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Australia.
25. Suzuki T, Imura N, Clarkson TW. 1991. Descripción general. En: Avances en toxicología de mercurio. Plenum Press, New York.
26. Lariojaorg. Lariojaorg. [En línea]. Disponible en: <http://www.larioja.org/medio-ambiente/es/atmosfera/calidad-aire/> [Consultado el 2 de mayo de 2018].
27. Uneporg. [En línea]. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/> [Consultado el 28 de mayo de 2018].
28. Eisler, R. Riesgos de mercurio para peces, vida silvestre e invertebrados: una revisión sinóptica. U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report 1987: 85(1.10).
29. Español S. Toxicología del mercurio, actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental. Jornada Internacional sobre el impacto ambiental del mercurio utilizado por la minería aurífera artesanal en Iberoamérica; 2001 set 26-28; Lima, Perú. España: 2001.
30. Instituto del mar del Perú, Instituto tecnológico pesquero del Perú. Compendio Biológico Tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú. Perú: Editorial Stella; 1996.
31. Ministerio del mar. Instituto del Mar Peruano - Imarpe. [Online]. Available from: <http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/> [Accessed 2 marzo 2018].
32. León C. Muestreo estacional del contenido de “Caballa”, “Jurel”, “Lorna”, “Machete” (Tesis). Lima: Universidad Nacional del Callao; 2001.
33. Villanueva J, Martínez M, Trasobares E. El Perú en los tiempos modernos. Lima: Empresa Periodística Nacional SAC; 2000.
34. Peña C, Martínez M, Trasobares E. Geografía. (5 ed.). Lima: Orbis Ventures SAC; 2006.
35. Instituto del Mar Peruano. Información sobre desembarque de recursos hidrobiológicos de la pesca artesanal y Bancos Naturales en Chancay, durante el periodo 2008 al 2012 (Informe). Disponible en línea:

http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/reportes/pesq_arte_chanc_2008-2012.pdf

36. Teves N, Evangelista E. Las 200 millas de mar territorial peruano y sus fondos marinos. Lima: Editora Perú; 1980.
37. Margalef R. Ecología. (9 ed.). Barcelona: Omega; 1998.
38. Gibaud , S, Jaouen, G. Drogas a base de arsénico: de la solución de Fowler a la quimioterapia antineoplásica moderna. (32 ed.). Perú : Temas en Química Organometálica ; 2010.
39. Jordan J. Desarrollo Humano en Cuba. La Habana: Editorial Científico técnico; 1979
40. Testut L, Jaouen, G. Tratado de Anatomía Humana. (8 ed.). España: El Galeón; 1944.
41. Lennteches. [Online]. Available from: <http://www.lenntech.es/tabla-peiodica/energia-de-ionizacion.htm#ixzz4DFbRGwqU5> [Accessed 6 marzo 2018].
42. Aldo R Valentich M, Rovasio R. Histología y embriología del ser humano: bases celulares y moleculares: Médica Panamericana; 2008.
43. González E, Bodas A, Martínez M, Trasobares E, Bermejo P. Metilmercurio: recomendaciones, exámenes, métodos de análisis e interpretación de resultados: Nutrición Hospitalaria; 2014.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA:

DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE ARSENICO Y MERCURIO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA EN PECES PROCEDENTES DEL MAR DE HUACHO Y CHORRILLOS.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>GENERAL: ¿En qué medida los niveles de concentración de arsénico y mercurio en peces y en agua del mar de Huacho y Chorrillos se encuentran incrementados, según el límite máximo permisible?</p>	<p>GENERAL: Determinar los niveles de concentración de arsénico y mercurio en peces y en agua del mar de huacho y chorrillos según el límite máximo permisible .</p>	<p>GENERAL: Los niveles de concentración de arsénico y mercurio en peces y en agua del mar procedentes de Huacho y Chorrillos se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.</p>	<p>VI: Agua del mar de Huacho y Chorrillos.</p>	<p>VI: -análisis arsénico y mercurio.</p>	<p>LMP 0.036(mg/L) 0.0001 (mg/L)</p>	<p>Tipo de investigación: - Descriptiva - observacional</p> <p>Diseño de investigación: Cuasi experimental</p> <p>Población: Todos peces de la zona de Chorrillos y Huacho que se expenden para el consumo interno en Lima.</p> <p>Muestra: 80 peces de la zona de Chorrillos y Huacho que se expenden para el consumo interno en Lima.</p> <p>Se consideró las principales especies de consumo masivo como son Liza (16), Cabrilla (16), Lorna (16), Merluza (16) y Caballa (16).</p> <p>instrumentos de recolección de datos: ficha de observa Instrumento: -Espectrofotómetro de absorción atómica (EAA) - horno de grafito.</p> <p>técnica: técnica validada termo científcs solar</p> <p>procesamiento y análisis de datos</p> <p>-SPSS y análisis de datos: (ANOVA) para determinar la diferencia significativa de cada prueba.</p>
<p>ESPECIFICOS:</p> <p>P.E.1: ¿En qué medida los niveles de concentración de arenisco y mercurio en órganos blandos de peces se encuentran incrementados según el límite máximo permisible?</p> <p>P.E.2: ¿En qué medida los niveles de concentración de arsénico y mercurio en el agua del mar de huacho y chorrillos se encuentran incrementados según el límite máximo permisible?</p>	<p>ESPECIFICOS:</p> <p>O.E.1: Determinar los niveles de concentración de arsénico y mercurio en órganos blandos de peces del mar de Huacho y Chorrillos según el límite máximo permisible.</p> <p>O.E.2: Determinar los niveles de concentraciones de arsénico y mercurio en el agua de mar de Huacho y Chorrillos según el límite máximo permisible.</p>	<p>ESPECIFICOS.</p> <p>H.E.1: Los niveles de concentración de arsénico y mercurio en órganos blandos de peces del mar procedentes de Huacho y Chorrillos se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.</p> <p>H.E.2: Los niveles de concentración de arsénico y mercurio en el agua de mar procedentes de Huacho y Chorrillos se encuentran incrementados según el límite máximo permisible.</p>	<p>VD: Concentración de arsénico y mercurio en órganos blandos en peces.</p>	<p>VD: Análisis de arsénico mercurio.</p>	<p>VD: LMP 2 mg/Kg 0.5 mg/Kg</p>	<p>instrumentos de recolección de datos: ficha de observa Instrumento: -Espectrofotómetro de absorción atómica (EAA) - horno de grafito.</p> <p>técnica: técnica validada termo científcs solar</p> <p>procesamiento y análisis de datos</p> <p>-SPSS y análisis de datos: (ANOVA) para determinar la diferencia significativa de cada prueba.</p>

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
V.I	V.I	V.I
Agua del mar de Huacho y Chorrillos.	- Análisis; Arsénico y mercurio.	LMP - 0.036 (mg/L) - 0.001 (mg/L)
V.D	V.D	V.D
Concentración de arsénico y mercurio en órganos blandos en peces.	-Tejido muscular (As) - Hígado (Hg)	LMP -Arsénico 2 mg/Kg -Mercurio 0.5 mg/Kg

ANEXO 3: TESTIMONIO FOTOGRÁFICO

“MAPA DE UBICACIÓN PUERTO CALETA CHORRILLOS Y HUACHO”



FIGURA 15: Mapa del puerto Las caletas pescadoras “Chorrillos”
Fuente: <https://www.google.com.pe/maps/place/Ingenio/>



FIGURA 16: Mapa del puerto Las caletas pescadoras “Huaral”
Fuente: <https://www.google.com.pe/maps/place/Ingenio/>



**Figura17: Espectrómetro de absorción atómica marca Thermo Scientific serie iCE 3000, acoplado a un Sistema de Vapor VP
Fuente: Centro Control Analítico – UNMSM**



Figura 18: Campana de extracción (Marca Frontier Junior).

Fuente: Centro Control Analítico - UNMSM



Figura 19: Playa pescadores, distrito de Chorrillos, provincia de Lima-Perú.



Figura 20: caletas pescadoras “Carquin” – Huacho.

Fuente: Creación propia

“TOMA DE MUESTRAS DE AGUA “

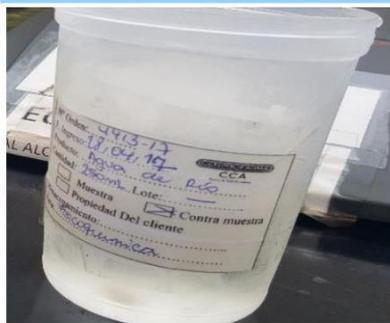
Identificación del lugar de muestreo



Toma de muestra



Frasco de polietileno



Frasco de vidrio



Cooler con hielo

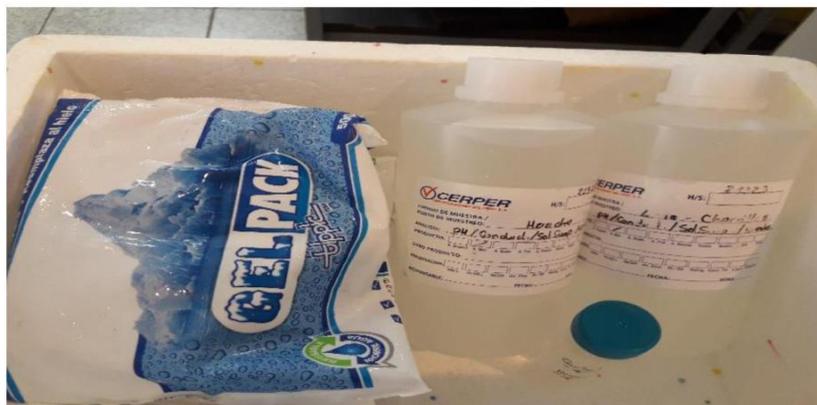


Figura 21,22,23,24,25: Procedimiento para la toma de muestra de agua.
Fuente: Creación propia.

“TOMA DE MUESTRAS DE PECES”

COMPRA DE PECES



LAS MUESTRAS SE
ELIGIERON
EN ETAPA ADULTA



SE COLOCARON EN COOLER
CON
BOLSA CON HIELO



EXTRACCION DE HIGADO Y
MUSCULO



Figura 26,27,28,29: Procedimiento para la toma de muestra en peces.
Fuente: creación propia

i. Procedimiento para la determinación de arsénico y mercurio en muestras de agua y órganos blandos.



Se extrajo 100ml de sol. Estándar para absorción atómica del metal y cd. 1000 ug/mL en ac. HNO₃ al 4%



Se trasvasó en una fiola de 100 ml. Se enrazó con agua ultra pura para obtener una concentración de 1000 ug/L



Concentración final de 50 ug/L

Fase de digestión, muestras con HNO y HCL para separar el metal de los calcinados



**Figura 30,31,32,33: Preparación estándar para la determinación de As y Hg .
Fuente: Creación propia**



Preparación del caldo LST y de las muestras y medir el PH con el potenciómetro el valor de la medición debe estar (6.9 – 7.3) y añadir una cantidad de caldo preparado en 10 tubos de ensayo con tapa rosca



Se observa cada uno de los tubos, los que den con resultado positivo serán registrados (+) y los resultados negativos serán registrados (-), al final los valores se comparan con una tabla y se obtendrá cantidad de número más probable por milímetro de muestra.



Figura 34,35,36,37: Procedimiento Experimental
Fuente: Creación propia

LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA MUESTRA DE AGUA



MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA



MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD



MEDICIÓN DEL PH

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA MUESTRA DE AGUA

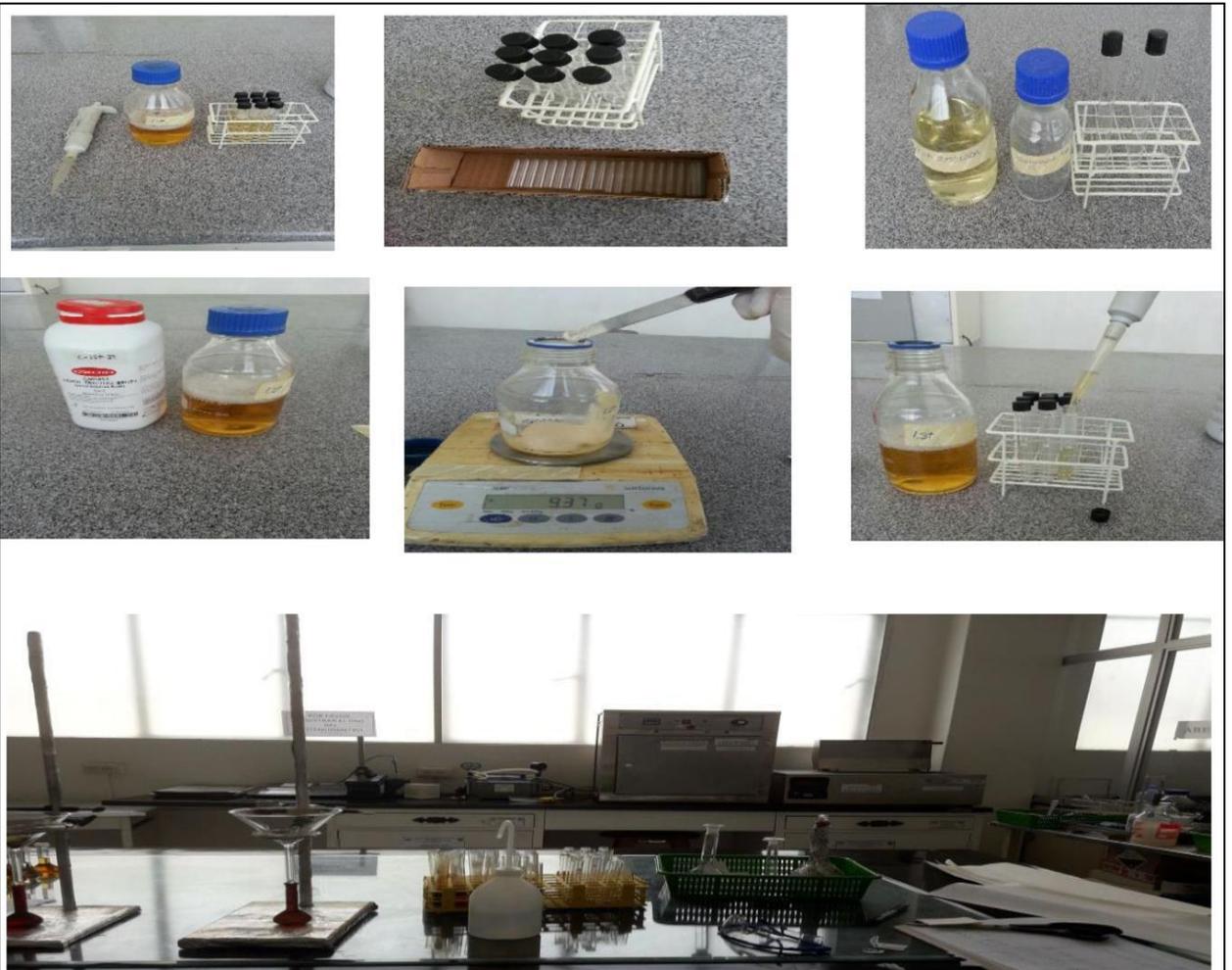


Figura 38,39,40,41: Preparación de la muestra. Inoculación e incubación y distribución de medios de cultivos.
Fuente: Creación propia

ANEXO 4: RESULTADO DE ANÁLISIS DE MERCURIO EN TEJIDO MUSCULAR



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



PROTOCOLO DE ANÁLISIS N.º00446-CPF-2017

ORDEN DE ANÁLISIS : 04670/2017
SOLICITADO POR : DARVIN ROLANDO CONCEPCIÓN MOTTA
MUESTRA : HÍGADO DE PESCADO
NÚMERO DE LOTE : ----
CANTIDAD : 40 pescados
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 de Noviembre del 2017
FECHA DE FABRICACIÓN : ----
FECHA DE VENCIMIENTO : ----

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	MÉTODOS	RESULTADOS
AHH5	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
AHH6	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
AHH7	<0,5mg/Kg	AAS- VF	No Detectable
AHH8	<0,5mg/Kg	AAS- VF	No Detectable
ALH5	<0,5mg/Kg	AAS- VF	No Detectable
ALH6	<0,5mg/Kg	AAS- VF	0.124 mg/Kg
ALH7	<0,5mg/Kg	AAS- VF	0.175 mg/Kg
ALH8	<0,5mg/Kg	AAS- VF	No Detectable
BHH5	<0,5mg/Kg	AAS- VF	No Detectable
BHH6	<0,5mg/Kg	AAS- VF	No Detectable
BHH7	<0,5mg/Kg	AAS- VF	No Detectable
BHH8	<0,5mg/Kg	AAS- VF	0.125 mg/Kg
BLH5	<0,5mg/Kg	AAS- VF	No Detectable
BLH6	<0,5mg/Kg	AAS- VF	No Detectable
BLH7	<0,5mg/Kg	AAS- VF	0.110 mg/Kg



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

D. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
☎ (511) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



BLH8	<0,5mg/Kg	AAS-VF	0.145 mg/Kg
CHH5	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
CHH6	<0,5mg/Kg	AAS-VF	0.042 mg/Kg
CHH7	<0,5mg/Kg	AAS-VF	0.066 mg/Kg
CHH8	<0,5mg/Kg	AAS-VF	0.136 mg/Kg
CLH5	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
CLH6	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
CLH7	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
CLH8	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
DHH5	<0,5mg/Kg	AAS-VF	0.114 mg/Kg
DHH6	<0,5mg/Kg	AAS-VF	0.056 mg/Kg
DHH7	<0,5mg/Kg	AAS-VF	0.100 mg/Kg
DHH8	<0,5mg/Kg	AAS-VF	0.184 mg/Kg
DLH5	<0,5mg/Kg	AAS-VF	0.086 mg/Kg
DLH6	<0,5mg/Kg	AAS-VF	0.049mg/Kg
DLH7	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
DLH8	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
EHH5	<0,5mg/Kg	AAS-VF	0.066 mg/Kg
EHH6	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
EHH7	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
EHH8	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
ELH5	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
ELH6	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
ELH7	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable
ELH8	<0,5mg/Kg	AAS-VF	No Detectable

Lima, 04 de Enero del 2018

Dra. María Elena Salazar Salvatierra
Directora (e) del Centro de Control Analítico



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

Av. Pisco N° 1802 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
☎ (511) 619 7900 anexo 4824 ☒ Ap. Postal 4559 - Lima 1
✉ mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



ANEXO 5: RESULTADO DE ANÁLISIS DE ARSÉNICO EN HIGADO



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



PROTOCOLO DE ANÁLISIS N.º00445-CPF-2017

ORDEN DE ANÁLISIS : 04671/2017
SOLICITADO POR : DARVIN ROLANDO CONCEPCIÓN MOTTA
MUESTRA : PESCADO (Arsénico)
NÚMERO DE LOTE : ----
CANTIDAD : 40 pescados
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 de Noviembre del 2017
FECHA DE FABRICACIÓN : ----
FECHA DE VENCIMIENTO : ----

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	MÉTODOS	RESULTADOS
ELM1	<1mg/Kg	AAS-GH	0,01 mg/Kg
ELM2	<1mg/Kg	AAS-GH	No Detectable
ELM3	<1mg/Kg	AAS-GH	No Detectable
ELM4	<1mg/Kg	AAS-GH	No Detectable
EHM1	<1mg/Kg	AAS-GH	No Detectable
EHM2	<1mg/Kg	AAS-GH	No Detectable
EHM3	<1mg/Kg	AAS-GH	No Detectable
EHM4	<1mg/Kg	AAS-GH	No Detectable
CLM1	<1mg/Kg	AAS-GH	No Detectable
CLM2	<1mg/Kg	AAS-GH	No Detectable
CLM3	<1mg/Kg	AAS-GH	No Detectable
CLM4	<1mg/Kg	AAS-GH	No Detectable
CHM1	<1mg/Kg	AAS-GH	No Detectable



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

Jr. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
☎ (511) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA

CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



CHM2	<1mg/Kg	No Detectable
CHM3	<1mg/Kg	No Detectable
CHM4	<1mg/Kg	No Detectable
BLM1	<1mg/Kg	No Detectable
BLM2	<1mg/Kg	0.003 mg/Kg
BLM3	<1mg/Kg	No Detectable
BLM4	<1mg/Kg	0.006 mg/Kg
BHM1	<1mg/Kg	0.062
BHM2	<1mg/Kg	No Detectable
BHM3	<1mg/Kg	No Detectable
BHM4	<1mg/Kg	0.004 mg/Kg
ALM1	<1mg/Kg	No Detectable
ALM2	<1mg/Kg	0.004 mg/Kg
ALM3	<1mg/Kg	No Detectable
ALM4	<1mg/Kg	No Detectable
AHM1	<1mg/Kg	No Detectable
AHM2	<1mg/Kg	No Detectable
AHM3	<1mg/Kg	No Detectable
AHM4	<1mg/Kg	No Detectable
DLM1	<1mg/Kg	0.007 mg/Kg
DLM2	<1mg/Kg	No Detectable
DLM3	<1mg/Kg	No Detectable
DLM4	<1mg/Kg	No Detectable
DHM1	<1mg/Kg	No Detectable
DHM2	<1mg/Kg	No Detectable
DHM3	<1mg/Kg	No Detectable
DHM4	<1mg/Kg	0.004 mg/Kg

Lima, 28 de Diciembre del 2017

Dra. María Elga Salazar Salvatierra
Directora (e) del Centro de Control Analítico



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

Av. Puro Huáscar 1902 Jardín Botánico - Lima 1 - Perú
Tel: (51) 1 476 7900 Anexo 4824 Fax: Ap. Postal 4359 - Lima 1
E-mail: cca.farmacbio@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification



ANEXO 6: RESULTADO DE ANÁLISIS DE MERCURIO Y ARSENICO EN AGUA (HUACHO)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA

CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA

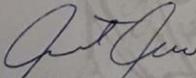


PROTOCOLO DE ANÁLISIS N.º00019-CPF-2018

ORDEN DE ANÁLISIS	: 004696/2018
SOLICITADO POR	: DARVIN ROLANDO CONCEPCIÓN MOTTA
DIRECCIÓN	: MZ. F LOTE 1 URB. LA PLANICIE - CARABAYLLO
MUESTRA	: AGUA (HUACHO)
NÚMERO DE LOTE	: ---
CANTIDAD	: 01 frasco ámbar x 250 mL
FECHA DE RECEPCIÓN	: 15 de Enero del 2018
FECHA DE FABRICACIÓN	: ---
FECHA DE VENCIMIENTO	: ---

ENSAYO	ESPECIFICACIONES	MÉTODO	RESULTADOS
ARSÉNICO	---	AAS -GH	No Detectable
MERCURIO	---	AAS - GH	No Detectable

Lima, 23 de Enero del 2018





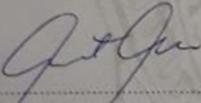
Q.F. Gustavo Guerra Brizuela
Director del Centro de Control Analítico

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




Jr. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
 ☎ (511) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
 E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

ANEXO 7: RESULTADO DE ANÁLISIS DE MERCURIO Y ARSENICO EN AGUA (LIMA)

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA) FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA CENPROFARMA CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA														
<u>PROCOLO DE ANÁLISIS N.º00020-CPF-2018</u>															
ORDEN DE ANÁLISIS	:	004696/2018													
SOLICITADO POR	:	DARVIN ROLANDO CONCEPCIÓN MOTTA													
DIRECCIÓN	:	MZ. F LOTE 1 URB. LA PLANICIE - CARABAYLLO													
MUESTRA	:	AGUA (LIMA)													
NÚMERO DE LOTE	:	---													
CANTIDAD	:	01 frasco ámbar x 250 mL													
FECHA DE RECEPCIÓN	:	15 de Enero del 2018													
FECHA DE FABRICACIÓN	:	---													
FECHA DE VENCIMIENTO	:	---													
<table border="1" data-bbox="402 922 1257 1061"><thead><tr><th>ENSAYO</th><th>ESPECIFICACIONES</th><th>MÉTODO</th><th>RESULTADOS</th></tr></thead><tbody><tr><td>ARSÉNICO</td><td>---</td><td>AAS -GH</td><td>No Detectable</td></tr><tr><td>MERCURIO</td><td>---</td><td>AAS - GH</td><td>No Detectable</td></tr></tbody></table>				ENSAYO	ESPECIFICACIONES	MÉTODO	RESULTADOS	ARSÉNICO	---	AAS -GH	No Detectable	MERCURIO	---	AAS - GH	No Detectable
ENSAYO	ESPECIFICACIONES	MÉTODO	RESULTADOS												
ARSÉNICO	---	AAS -GH	No Detectable												
MERCURIO	---	AAS - GH	No Detectable												
Lima, 23 de Enero del 2018															
															
Q.F. Gustavo Guerra Brizuela Director del Centro de Control Analítico															
<p><i>"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"</i></p> <p>Tr. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú T: (511) 619-7000 anexo 4824 Ap. Postal 4559 - Lima 1 E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe</p>															
			 												

ANEXO 8: RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN AGUA (HUACHO)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA
CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



PROTOCOLO DE ANÁLISIS N.º00412-CPF-2017

ORDEN DE ANÁLISIS	: 004641B/2017
SOLICITADO POR	: DARVIN ROLANDO CONCEPCIÓN MOTTA
DIRECCIÓN	: MZ. F LOTE 1 URB. LA PLANICIE - CARABAYLLO
MUESTRA	: AGUA (HUACHO)
NÚMERO DE LOTE	: ---
CANTIDAD	: 01 frasco x 100 mL aprox.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 28 de Noviembre del 2017
FECHA DE FABRICACIÓN	: ---
FECHA DE VENCIMIENTO	: ---

ENSAYO	ESPECIFICACIONES	MÉTODO	RESULTADOS
Coliformes totales	<2,2 NMP/100mL	ICMSF	<2,2 NMP/100mL

Lima, 04 de Diciembre del 2017



M. Elena Salazar
Dra. María Elena Salazar Salvatierra
Directora (e) del Centro de Control Analítico

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

Jr. Puno N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
☎ (51) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

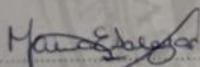



ANEXO 9: RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN AGUA (LIMA)

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA) FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA CENPROFARMA CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA	
<u>PROTOCOLO DE ANÁLISIS N.º00411-CPF-2017</u>		
ORDEN DE ANÁLISIS	:	004641A/2017
SOLICITADO POR	:	DARVIN ROLANDO CONCEPCIÓN MOTTA
DIRECCIÓN	:	MZ. F LOTE 1 URB. LA PLANICIE - CARABAYLLO
MUESTRA	:	AGUA (LIMA)
NÚMERO DE LOTE	:	---
CANTIDAD	:	01 frasco x 100 mL aprox.
FECHA DE RECEPCIÓN	:	28 de Noviembre del 2017
FECHA DE FABRICACIÓN	:	---
FECHA DE VENCIMIENTO	:	---

ENSAYO	ESPECIFICACIONES	MÉTODO	RESULTADOS
Coliformes totales	<2,2 NMP/100mL	ICMSF	<2,2 NMP/100mL

Lima, 04 de Diciembre del 2017


Dra. María Elena Salazar Salvatierra
Directora (e) del Centro de Control Analítico



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

Jr. Pisco N° 1002 Jardín Botánico Lima 1 - Perú
☎ (511) 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>


ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification

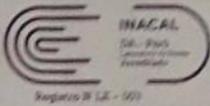

UKAS

ANEXO 10: RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO EN AGUA DE MAR (HUACHO-LIMA)



CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



INACAL
S.A. - Perú
Laboratorio de Acreditación
Registros N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 1-19025/17

Pág. 1/1

Solicitante	CAJALEON CALIXTO, CONSUELO
Domicilio legal	Av. Buenos Aires Mz.C Lt. 20 - San Juan de Lurigancho - Lima - Lima
Producto declarado	AGUA DE MAR
Cantidad de Muestras para el Ensayo	2 muestras x 1 L c/u Muestra proporcionada por el solicitante
Identificación de la muestra	Según se indica
Forma de Presentación	En frascos de plástico, cerrados y refrigerados
Fecha de recepción	2017 - 12 - 14
Fecha de inicio del ensayo	2017 - 12 - 14
Fecha de término del ensayo	2017 - 12 - 20
Ensayo realizado en	Laboratorio Ambiental
Identificado con	H/S 17016696 (EXMA-22323-2017)
Validez del documento	Este documento es válido solo para las muestras descritas

Ensayos	LD	Unidad	Muestras / Resultados	
			HUACHO	LIMA - CHORRILLOS
Conductividad	-	µS/cm	54 880	54 900
Nitratos	0,044	mg/L	1,231	0,229
Sólidos Suspendedos Totales	5,00	mg/L	<5,00	<5,00
pH	-	-	7,6	7,6

LD: Límite de detección

MÉTODOS

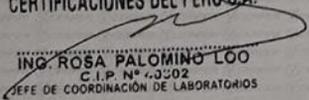
Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed 2012. Conductivity. Laboratory Method
Nitratos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO₃⁻ E, 22nd Ed 2012. Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method
Sólidos Suspendedos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C
pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed. 2012. pH Value. Electrometric Method

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 22 de diciembre de 2017
AM

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.


ING. ROSA PALOMINO LOO
 C.I.P. N° 4002
 JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CHIMBOTE
Urb. José Carlos Mariátegui s/n
Centro Cívico, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322.908 / 9975 63161

info@cerper.com - www.cerper.com

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.