



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**“EVALUACIÓN DE PLOMO Y CADMIO USANDO EL BIVALVO (TAGELUS
DOMBEII) EN AGUAS DE LA BAHIA DE LAGUNILLAS, ICA - 2019”**

PRESENTADO POR LA BACHILLER

MITZEL MIREYHA QUISPE HUAHUACONDORI

DOCENTE ASESOR

Mg. PÁVEL KEVIN DELGADO SARMIENTO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

LIMA - PERÚ
2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto, estar conmigo en cada paso que doy y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

A mis padres, por darme la vida, el ejemplo de su amor y por ser los pilares de mi formación intelectual.

MITZEL

AGRADECIMIENTO

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial mi Madre y mi Padre, con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

De igual forma, agradezco a todos los docentes, que supieron demostrar su capacidad profesional en la resiliencia y me dieron el cien por ciento de motivación para desarrollarme como profesional exitosa para la vida ambientalista.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I: PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	19
1.2. DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	21
1.2.1. Delimitaciones	21
A. Delimitación Espacial	21
B. Delimitación Temporal	21
C. Delimitación Social	21
1.2.2. Definición del Problema	21
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.3.1. Problema General	22

1.3.2. Problemas Específicos	22
1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.4.1. Objetivo General	22
1.4.2. Objetivos Específicos	22
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.5.1. Justificación Teórica	24
1.5.2. Justificación Metodológica	24
1.5.3. Justificación Práctica	24
1.6. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	25
1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	26
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	27
2. MARCO REFERENCIAL	27
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	27
2.1.1. A nivel Nacional	27
2.1.2. A nivel Internacional	28
2.2. MARCO TEÓRICO	35
2.2.1. Metales pesados en los ecosistemas marinos	35
2.2.2. Plomo	37
2.2.3. Cadmio	40
2.2.4. Bivalvos como indicador	44
2.2.5. Moluscos como bioindicadores de metales pesados	45
2.2.6. Origen y acumulación de Pb y Cd en organismos vivos y sus efectos en la salud	47

2.3. MARCO LEGAL	50
2.3.1. Protocolo para la protección del pacifico sudeste contra la contaminación de efluentes	50
2.3.2. Ley General del Ambiente, Ley N° 28611	50
2.3.3. Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338	51
2.3.4. Resolución Jefatural 010 – 2016 - ANA	51
2.4. MARCO CONCEPTUAL	52
2.4.1. Metales Pesados	52
2.4.2. Origen de los metales pesados	52
2.4.3. Concentración de metales	52
2.4.4. Eco toxicología	53
2.4.5. Bivalvos	53
2.4.6. Bioacumulación	36
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	54
3. METODOLOGÍA	54
3.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	54
3.1.1. Hipótesis General	54
3.1.2. Hipótesis Específicas	54
3.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.2.1. Variable Independiente	55
3.2.2. Variable Dependiente	55
3.3. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.3.1. Tipo de la Investigación	55
3.3.2. Nivel de la Investigación	55

3.3.3. Diseño de Investigación	55
3.4. MÉTODO	56
3.5. COBERTURA DEL ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN	58
3.5.1. Población	58
3.5.2. Muestra	59
3.5.3. Muestreo	59
3.6. Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos	60
3.6.1. Técnica	60
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos	60
3.6.3. Método de Análisis de Datos	61
3.6.4. Aspectos Éticos	61
3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	62
CAPÍTULO IV: ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE	
 RESULTADOS	64
4. ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	64
4.1. DIMENSIÓN: CONCENTRACIÓN DE METALES	64
4.1.1. Concentración de Plomo	64
4.1.2. Concentración del Cadmio	68
4.2. DIMENSIÓN: CARACTERÍSTICAS	72
4.2.1. Peso	73
4.2.2. Biometría	75
4.3. DISCUSIÓN	79

CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	89

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA N° 1: MAPA DE LA BAHÍA DE LAGUNILLAS	58
FIGURA N° 2: MAPA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	60

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: DETALLES DE LOS PUNTOS DE MUESTREOS	59
TABLA N° 2: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	62
TABLA N° 3: CONCENTRACIÓN DE PLOMO (Pb)	65
TABLA N° 4: CONCENTRACIÓN DEL CADMIO (Cd)	69
TABLA N° 5: PESOS	73
TABLA N° 6: TALLAS	76

ÍNDICE DE GRÁFICO

GRÁFICO N° 1 : CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EL PUNTO DE MUESTREO 1	66
GRÁFICO N° 2 : CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EL PUNTO DE MUESTREO 2	67
GRÁFICO N° 3 : GRÁFICO DE RESUMEN	68
GRÁFICO N° 4: CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL PUNTO DE MUESTREO 1	70
GRÁFICO N° 5: CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL PUNTO DE MUESTREO 2	71
GRÁFICO N° 6: GRÁFICO DE RESUMEN	72
GRÁFICO N° 7: PESOS DE LOS BIVALVOS EN EL PUNTO DE MUESTREO 1	74
GRÁFICO N° 8: PESOS DE LOS BIVALVOS EN EL PUNTO DE MUESTREO 2	75
GRÁFICO N° 9: BIOMETRÍA DE LOS BIVALVOS EN EL PUNTO DE MUESTREO 1	77
GRÁFICO N° 10: BIOMETRÍA DE LOS BIVALVOS EN EL PUNTO DE MUESTREO 2	78

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	90
ANEXO N° 2: FOTOGRAFÍAS DEL MUESTREO EN CAMPO Y DE LABORATORIO	93
ANEXO N° 3: FIGURA N° 4: IMAGEN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LA BAHÍA DE LAGUNILLAS	99
ANEXO N° 4: INFORME DE ANÁLISIS	100
ANEXO N° 5: FIGURA N° 5: IMAGEN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE NAVAJUELA (TAGELUS DOMBEII)	101

RESUMEN

La bahía de Lagunillas es un lugar con diversas actividades como la maricultura, la industria, minería y por efluentes urbanos, ocasionando una gran dificultad para los ecosistemas marinos, los recursos hidrobiológicos y el individuo. Por ello se realizó este estudio, con la finalidad de determinar el plomo y cadmio biodisponibles usando el bivalvo *Tagelus dombeii* que es una especie tolerante a la concentración de metales, presenta escaso movimiento, tiene la posibilidad de filtrar agua para alimentarse y se encuentra enterrada de 5 a 10 cm del sedimento en el fondo marino. Favorece el acopio de metales en sus tejidos. Por ello se planteó efectuar un diseño metodológico que consistió en la elección de 2 puntos de muestreo en la zona sur de la bahía de Lagunillas, se extrajeron 10 individuos en cada lugar usando el buceo semi-autónomo, y de ellos seleccionaron 4 muestras representativas de igual tamaño de longitud valvar, en el lugar 1 se presentaron muestras a partir 8.04 hasta 8.54 cm y en el punto 2 desde 6.89 hasta 7.25 cm.

Estas muestras fueron extraídas y preservadas en cooler con hielo y gel refrigerante, inclusive su transporte al laboratorio, en dicho ambiente se deshielaron y lavaron las muestras con agua destilada con la finalidad de eliminar los sedimentos hallados interiormente del bivalvo, las muestras se pesaron, se realizó la biometría y se diseccionaron los tejidos comestibles que conforman el músculo, manto, sifón y pie del bivalvo, se homogenizaron los tejidos con la finalidad de lograr una submuestra de 1.5 gramos de tejido comestible húmedo. Las muestras fueron digeridas con 5 ml de HNO₃ puro en viales y se usó un digestor a 100 °C por 8 horas, luego de ser digeridas se recuperó la muestra y se filtró en fiolas de 25 ml, el extracto logrado fue aforado con 20 ml de HCl a 0.1 normal.

Luego de realizado el proceso, se procedió a la lectura en el equipo de espectrofotometría de absorción atómica de flama. El cual se obtuvo los siguientes resultados: Se evaluó la presencia de plomo en el lugar de muestreo 1, en una concentración de (0.06 hasta 0.72) y en el lugar 2 de (0.11 hasta 0.75) encontrándose por debajo de límite máximo permitido por SANIPES. En el tema del cadmio el lugar de muestreo 1, se hallaron en una concentración de (0.57 hasta 1.48) y en el lugar 2 de (0.13 hasta 1.73) encontrando 3 muestras por arriba del límite máximo permitido por SANIPES dejando en evidencia la presencia de un superior contenido de cd biodisponible en aguas de la bahía de Lagunillas.

ABSTRACT

The Bay of Lagunillas is a place with diverse activities such as mariculture, industry, mining and urban effluents, causing great difficulty for marine ecosystems, for hydrobiological resources and for the individual. For this reason, this study was carried out with the purpose of determining the bioavailable lead and cadmium using the bivalve *Tagelus dombeii*, which is a tolerant species to the concentration of metals, presents little movement, has the possibility of filtering water to feed and is buried 5 to 10 cm of the sediment on the seabed. It favors the collection of metals in their tissues. Therefore, it was proposed to carry out a methodological design that consisted in the election of 2 sampling points in the southern zone of the Bay of Lagunillas, 10 individuals were extracted in each place using semi-autonomous diving, and from them 4 representative samples were

selected. of equal size of valve length, in place 1 samples were presented from 8.04 to 8.54 cm and in point 2 from 6.89 to 7.25 cm.

These samples were extracted and preserved in cooler with ice and refrigerant gel including transport to laboratory, in the laboratory they thawed and washed the samples with distilled water in order to eliminate the sediments found inside the bivalve, the samples were weighed, they were made biometrics and dissected the edible tissues that make up the muscle, mantle, siphon and foot of the bivalve, tissues were homogenized in order to achieve a subsample of 1.5 grams of moist edible tissue. The samples were digested with 5 ml of pure HNO_3 in vials and a digester was used at 100°C for 8 hours, after being digested the sample was recovered and filtered in 25 ml phials, the obtained extract was calibrated with 20 ml of HCl at 0.1 normal.

After carrying out the process, we proceeded to read the flame atomic absorption spectrophotometry equipment. The following results were obtained: The presence of lead was evaluated in the sampling place 1, in a concentration of (0.06 to 0.72) and in the second place of (0.11 to 0.75) being below the maximum limit allowed by SANIPES. In the subject of cadmium sampling place 1, were found in a concentration of (0.57 to 1.48) and in place 2 of (0.13 to 1.73) finding 3 samples above the maximum limit allowed by SANIPES leaving evidence of the presence of a superior content of bioavailable CD in the waters of Lagunillas Bay.

INTRODUCCIÓN

Los mares conforman el 71% del área terrestre y vienen siendo contaminados por diversos efluentes que contienen metales pesados, aguas residuales, pesticidas, residuos sólidos que viene a ser derivados de la actividad humana. Siendo un peligro para las personas, los ecosistemas y el medio ambiente.

Actualmente la Bahía de Lagunillas es contaminada por efluentes urbanos e industriales, maricultura, minería de fosfatos y transporte de hidrocarburos; por ello, se decidió efectuar este estudio. Para determinar la presencia de metales pesados (Pb y Cd) en ecosistemas marinos usando bivalvos.

Según Llanes et al. (2002), los bivalvos son considerablemente utilizados por: su potencial bioindicador, su posible recolección, su caracterización sencilla, su gran

abundancia y su modo de existencia; actualmente son sedentarios o de escaso movimiento, son grandes filtradores de agua facilitando el acopio de sustancias del medio en el cual habita. Por estas razones los bivalvos son usualmente utilizados en estudios de vigilancia ambiental.

El estudio se realizó mediante un muestreo en la bahía de Lagunillas el mes de enero. En el cual se procedió a sacar muestras en 2 puntos de la bahía, con una especie de bivalve (*Tagelus dombeii*). El muestreo consta de 4 réplicas para cada lugar de muestreo, en el tema de los bivalvos se tomaron tallas similares, con la finalidad de hallar diferencias en la cantidad de metales pesados acumulados en sus tejidos. Se analizaron las muestras en espectrofotometría de absorción atómica para lograr las concentraciones de plomo y cadmio en las muestras de bivalvos extraídos de la bahía de Lagunillas para posteriormente mostrar los datos obtenidos.

Dicho estudio permitirá determinar la presencia de metales pesados en ecosistemas marinos usando una especie de bivalve como biomonitor; generando otra alternativa de enfoque de monitoreo de calidad de aguas marinas, siendo una alternativa más económica y sencilla, que favorece a la vigilancia del ecosistema marino.

LA AUTORA

CAPÍTULO I

PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el entorno global, por la gran inmensidad de volumen en los océanos se le denomina la capacidad de dilución infinita, motivando, un vertedero para los desperdicios del hombre. Lamentablemente el proceso de dilución no es inmediato y en algunos casos, la dispersión y movilidad del contaminante es paulatino, por eso en algunas zonas los contaminantes tienden a acumularse causando grandes concentraciones que dañan el ecosistema marino (Waldichuk, M.1978, 9p.).

Guillen et al (1980) en el informe N° 77 sobre contaminación marina en el Perú, el incremento del volumen y diversidad de los desperdicios industriales provenientes de las industrias pesqueras, mineras y siderúrgicas ubicadas en las costas peruanas, producen un gran aporte de contaminantes que causan efectos nocivos en los organismos marinos y en la salud humana.

La bahía de Lagunillas se ubica en el litoral de la provincia de Pisco, departamento de Ica, entre los paralelos 13°53'30'' y 13°55'43'' de latitud sur, limita al oeste y al norte con la península de Paracas, y al este con tierra firme. En esta bahía se realizan actividades turísticas, pues cuenta con playas de arenas blancas, ideales para hacer camping, pesca o caza submarina.

Según Área Funcional de Investigaciones Marino Costeras (2014) en el plan de evaluación y determinación de los impactos ambientales generados por las principales actividades productivas en la bahía de Lagunillas y zonas aledañas. La actividad de construcción, maricultura y embarque marino son las actividades que afectan el ecosistema marítimo de la bahía de Lagunillas con niveles de impacto moderado. En cambio los mayores impactos se han situado en el hábitat, debido a que las comunidades de concha de abanico han mostrado tolerancias al cromo y cierta conjetura al cadmio presentando su bioacumulación. Cerca de señalar que los asentamientos aportan efluentes urbanos e industriales que terminan en el océano a excepción de un procedimiento, siendo un peligro para la sanidad humana y el medio ambiente.

1.2. DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Delimitaciones

A. Delimitación Espacial

La investigación se realizó en la bahía de Lagunillas Ica.

B. Delimitación Temporal

La investigación se realizó en el año 2018

C. Delimitación Social

La investigación estuvo dirigida a la evaluación de plomo y cadmio usando el bivalvo en aguas de la bahía de Lagunilla Ica.

1.2.2. Definición del Problema

La tesis surge de la necesidad de evaluar la contaminación por cadmio y plomo en agua, suelo, y sedimento y el desarrollo de alternativas técnicas que permitan minimizar los impactos producidos por las actividades económicas desarrolladas en la Bahía de Lagunillas, que en su proceso originen cadmio y plomo. Estudios han demostrado que la problemática ambiental que se ha desarrollado en la Bahía de Lagunillas, surge del uso continuo de sus aguas contaminadas para la satisfacción de necesidades básicas y el desarrollo económico, generando graves impactos en la salud pública y en el ambiente. La Bahía de Lagunillas no cuenta en su mayoría con un sistema de tratamiento de aguas residuales y por lo tanto vierten sus residuos domésticos e industriales en las subcuencas. Además, se presenta sobreexplotación del recurso, pues la población asentada en la cuenca supera la capacidad de la misma, por lo que se ha presentado un paulatino deterioro en la calidad del recurso. Teniendo en cuenta lo anterior, se hizo necesario

determinar la situación actual del agua, suelo y sedimento, con respecto a las concentraciones de Cadmio y Plomo.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Problema General

¿Cómo evaluar el plomo (Pb) y cadmio (Cd) usando el bivalvo (*Tagelus dombeii*) en aguas de la bahía de Lagunillas, Ica - 2019?

1.3.2. Problemas Específicos

P E 1 ¿Cuál es la concentración de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en el bivalvo (*Tagelus dombeii*) extraído en aguas de la bahía de Lagunillas, Ica - 2019?

P E 2 ¿Cuáles son las características del bivalvo (*Tagelus dombeii*) extraído en aguas de la bahía de Lagunillas, Ica - 2019?

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el plomo (Pb) y cadmio (Cd) usando el bivalvo (*Tagelus dombeii*) en aguas de la bahía de Lagunillas - Ica, 2019.

1.4.2. Objetivos Específicos

O E 1 Determinar la concentración de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los tejidos del bivalvo (*Tagelus dombeii*) extraído en aguas la bahía de Lagunillas, Ica - 2019.

O E 2 Evaluar las características del bivalvo (*Tagelus dombeii*) extraído en aguas de la bahía de Lagunillas, Ica - 2019.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presencia de metales pesados en las aguas de los mares viene siendo una inquietud para las actividades económicas relacionadas con la pesca artesanal, para los ecosistemas y para la sanidad de la localidad. Dichos metales al ser ingresados interiormente en la cadena trófica llegan a perturbar a los seres vivos y al ambiente.

Se tiene actualmente monitoreando los cuerpos marinos, sino que es considerablemente costosos en algunas veces los monitoreos tradicionales o puesto que se realizan en intervalo de duración y por temporadas, creando un desierto de investigación referente a la característica de los ecosistemas marinos. Al presente se tiene cuantioso enseñanza en calcular la concentración de metales pesados en el cuerpo receptor. El cual es importante efectuar un monitoreo mediante especies que nos puedan ofrecer datos del ecosistema en el que viven.

Esta información es trascendentalmente conveniente ya que se evaluara la disposición de metales pesados como el Pb y Cd en aguas de la bahía de Lagunillas usando el bivalvo (*Tagelus dombeii*) que es una especie particular. El cual contribuirá a la necesidad de conseguir nuevas formas de monitoreo de los ecosistemas y la calidad de los cuerpos de agua marinos, aumentando la cifra de estaciones de monitoreo, originando una superior frecuencia a un mínimo costo, es realizado por mano de obra no especializado y en situación o eventos ambientales desfavorables para los monitoreos tradicionales; por lo

que, es un instrumento que nos ayudara en la atención persistente y oportuna de los ecosistemas y cuerpos de agua marinos.

1.5.1. Justificación Teórica

La tesis se basa en la **Evaluación de plomo y cadmio usando el bivalvo (*tagelus dombeii*) en aguas de la Bahía de Lagunillas, Ica - 2019**

1.5.2. Justificación Metodológica

Se crearon instrumentos de información, los cuales sirvieron para la **Evaluación de plomo y cadmio usando el bivalvo (*tagelus dombeii*) en aguas de la Bahía de Lagunillas, Ica**

1.5.3. Justificación Práctica

En el contexto global, por su gran cantidad de volumen a los océanos se le atribuye la capacidad de dilución infinita, considerándose, un vertedero para los desechos del hombre. Lastimosamente el proceso de dilución no es tan rápido y en algunos casos, la dispersión y movilidad del contaminante es lenta, por ello en ciertas zonas los contaminantes suelen acumularse generando grandes concentraciones que afectan al ecosistema marino, sobre contaminación marina en el Perú, el aumento del volumen y diversidad de los desechos industriales provenientes de las industrias pesqueras, mineras y siderúrgicas situadas en las costas peruanas generan un gran aporte de contaminantes cuyos efectos son nocivos en los organismos marinos y en la salud humana.

1.6. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

El obstáculo por la Unión Europea a partir del año 2008 de las exportaciones de ciertos moluscos bivalvos viene ocasionando ardua disminución económica y social a las cadenas de producciones peruanas. Actualmente las empresas exportadoras, se imponen con una sucesión de restricciones a ciertos moluscos bivalvos vivos provenientes de Perú esperando lograr los estándares internacionales establecidos.

El Ministerio de la Producción, en unión con otras dependencias del estado, cumplen una lista trascendental en la aceptación de acciones para lograr las restricciones impuestas por los mercados europeos al comercio mundial de los moluscos bivalvos originario de nuestra nación, el cual es obligatorio afirmar las normas sanitarias cuyo acatamiento garantice la óptima particularidad sanitaria de dichos productos y asegure su capacidad en los mercados locales y de exportación.

En la investigación de las concentraciones de plomo y cadmio en los moluscos bivalvos en investigación demostrara que estos animales sobrepasan los niveles máximos de concentraciones permitidos por la UE, OMS y FAO para fines alimenticios, y manejar los datos obtenidos para comprobar el grado de contaminación en el terreno de amortiguamiento, en el momento permitirá acatar acciones para perfeccionar la vigilancia e implementación de políticas y mecanismos de supervisión y fiscalización en el comercio de estos moluscos, se determinara la preponderancia que ejerce las actividades

industriales referente a la Bahía la Lagunillas, dando a presentar a los ciudadanos la situación actual de los moluscos.

1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

La limitación al acceso al laboratorio, para el análisis para la determinación de plomo y cadmio.

La presente investigación fue asumida en su totalidad por el suscrito, no existiendo apoyo.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A nivel Nacional

Benedicto [et al.] (2003), en el título Distribución espacial y tendencias temporales de los niveles de metales traza en la costera de Andalucía utilizando mejillón *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 como organismo indicador: 1991-2003, cuyo primordial objetivo fue facilitar un método para estimar la etapa presente y las tendencias de la calidad química de las aguas costeras del Mediterráneo Peninsular.

Se planteó un diseño metodológico que consistía en muestreos anuales (mayo - junio) en 13 puntos, en el que se tomaron cuatro

muestras compuestas de 50 mejillones por lugar, los cuales fueron lavados y limpiados con agua de océano para que después realizar el examen en laboratorio. Los ejemplares de las muestras destinadas al estudio químico para que sean abiertos y drenados en cabinas de flujo laminar, separando las partes blandas para liofilización, molturación y homogeneización, inclusive obtener una harina del mejillón.

La mineralización de las muestras se realizó en un horno (MDS 2000 650W, CEM), digestando con ácido nítrico y utilizando reactores a presión. Los estudios cuantitativos se realizan en espectrofotometría de absorción atómica de llama (Analyst-100, Perkin Elmer) para zinc y cobre; con cámara de grafito (4110-ZL, Perkin Elmer) para cadmio y plomo, y un método de estudio por inyección de flujo (FIMS, Perkin Elmer) para mercurio. Para comprobar tendencias temporales de las concentraciones de metales se aplicó el test no paramétrico de Mann-kendall. Alcanzando los siguientes resultados las concentraciones de mercurio, cobre y plomo tienden a reducir, siendo el mercurio el que principalmente refleja esta tendencia. Los niveles de metales se encuentran interiormente en los rangos obtenidos en otros estudios desarrollados en zonas del Mediterráneo y del litoral atlántico de la península Ibérica y Francia.

2.1.2. A nivel Internacional

Segovia [et al.] (2003), en el título *Mytilus californianus* transplantedos como bioindicadores de surgencia a dos zonas en Baja California,

México, cuyo primordial objetivo fue experimentar la variabilidad espacial y estacional de cadmio biodisponible, en mejillones transplantados a dos zonas de surgencia en la región noroccidental de Baja California. Se planteó un diseño metodológico que consistía en elegir 2 sitios para trasplante. La primera frecuencia se ubicó en la zona sur de las Islas Coronado y la segunda frecuencia se situó frente a Punta Banda, el enfoque de estos 2 sitios fue elegido debido a que en uno y otro el fenómeno de surgencia ocurre con diferente intensidad. Se recolectaron mejillones *M. californianus* en una zona costera de Baja California que es considerada como un sitio con los más bajos niveles de metales traza, los organismos se transportaron a los sitios de beneficio y se colocaron en sistemas de flotación. Los muestreos se realizaron de abril a setiembre (surgencia), y de enero a marzo (no surgencia). En el muestreo se extrajeron 70 organismos de cada profundidad (5 y 15 m); los organismos fueron almacenados en bolsas de polietileno y conservados a -20 °C para su posterior estudio en laboratorio. Las circunstancias de urgencia se evidenciaron colocando un termógrafo a 10 m de profundidad, se utilizaron termógrafos Peabody Ryan, modelo J90. Los mejillones se descongelaron y lavaron con agua desionizada para agitar la arena y epibiota actual, los organismos fueron medidos con vernier y diseccionados con bisturí para apartar músculo y gónadas. El músculo o tejido blando fue pesado para establecer su índice de condición. Al final la muestra con el tejido de 15 organismos fue homogeneizada con una licuadora Virtis con aspas de titanio. Se tomaron de 4 a 5 g del homogeneizado para formar

asimilación acida con HNO_3 . Los metales se analizaron con un espectrofotómetro de absorción atómica Thermo Jarrel Ash 12 y las concentraciones se presentaron en microgramos por gramo de peso seco. Alcanzando los siguientes resultados: Las concentraciones medias del Cd en tejidos blandos fue superior en los mejillones transplantados a Punta Banda que los que fueron transplantados en Isla Coronado, en el estudio de correlación se mostró que la concentración de Cd en los mejillones de Punta Banda e Islas Coronado están asociados con el índice de surgencia. Determinando asimismo, que el procedimiento de surgencia juega un papel importante en las concentraciones de Cd en *M. californianus*; por ello se sugiere a los mejillones como excelentes bioindicadores de surgencia.

Gutiérrez [et al.] (1992), en el título Pesticidas en las aguas costeras del Golfo de California: Programa de vigilancia con mejillón 1987-1988, cuyo primordial objetivo fue estimar la contaminación por pesticidas organoclorados y organofosforados en 14 localidades de la costa oeste del Golfo de California. Se planteó un diseño metodológico en el cual se colectaron mejillones *M. capax* en lo extenso de la península de Baja California. Se hicieron tres réplicas de 15 organismos, por cada uno de la localidad, se registraron las características biométricas de los organismos para que después sea homogeneizados inclusive hasta su posterior análisis químico. Las muestras de los organismos colectados en el año 1987 se analizaron siguiendo el método de extracción de compuestos orgánicos sintéticos usando 5 g. de muestra homogeneizada

sometida a acetonitrilo/hexano, seguido por un lavado a través de una columna empacada con florisil. Los organismos colectados en 1988 se analizaron siguiendo otra técnica usando 25 g. de la muestra homogeneizada, sometiéndolo a una extracción de compuestos con acetonitrilo / éter de petróleo seguido de un lavado a través de una columna empacada con florisil. Esta técnica permitió la extracción de un número superior de compuestos orgánicos sintéticos. Alcanzando los siguientes resultados: Se determinó que en el estudio de los mejillones los resultados presentaron una superior biodisponibilidad del DDE.

Las localidades de Bahía de los Ángeles, San Rafael y San Francisquito ubicadas en la región central del golfo, destacan como áreas que presentan mayores niveles de DDT. Las concentraciones de los insecticidas detectados en *M. capax* estuvieron por debajo de los límites internacionales. En cuanto al principal temporal de la contaminación por pesticidas los resultados no presenta una propensión definida.

Jacinto, M. & Aguilar, S. (2007), en el título Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarmey, Ancash, Perú, cuyo primordial objetivo fue establecer el nivel de contenido metálico en especies bentónicas de la bahía de Huarmey. Se planteó un diseño metodológico que consistía en tomar muestras en 4 estaciones ubicadas en el sitio de influencia del muelle minero de Antamina. Se colectaron muestras de lapa, caracol, chitón, chorito, cangrejo y cabrilla. Los

organismos colectados en numerosidad suficiente fueron lavados con agua de mar a fin de excluir restos de sedimentos del lecho marino. Para el estudio se consideraron entre 15 a 50 individuos con excepción en la cabrilla, se extrajeron músculos y víceras que fueron homogenizados y rápidamente liofilizados para ser sometidos a digestión ácida. La determinación de metales fue mediante espectrofotometría de absorción atómica (6701F-Shimadzu). Alcanzando los siguientes resultados: Las menores concentraciones de cadmio, cobre y Zinc, se encontraron en el músculo de la cabrilla; los valores máximos de zinc se observaron en las vísceras del caracol y de cobre en el musculo del chitón. Las concentraciones estuvieron entre los límites internacionales.

Siguencia, R. (2010), en la investigación Niveles de coliformes totales y *Escherichia coli* en bivalvos de interés comercial *Ostrea columbiensis* y *Mytella Guyanensis* (Molusca: Bivalvia) como bioindicador de contaminación microbiológica en el estero Puerto Hondo, provincia Del Guayas - Ecuador, cuyo objetivo fue estimar la disposición de niveles de coliformes totales y *E. coli* en bivalvos de interés comercial en el estero de Puerto Hondo. Se planteó un diseño metodológico en el que se establecieron 4 estaciones de muestreo a lo amplio del estero Puerto Hondo. Las muestras se colectaron en un periodo 15 días en bajamar, mientras la estación seca se recolectaron 20 organismos de cada familia (*Ostrea* y *Mytella*) los cuales fueron colocados en fundas plásticas con cierre hermético y transportado en congelación. Asimismo se colectaron muestras de agua en los meses de setiembre y octubre para

establecer el Oxígeno disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno. En laboratorio las muestras de organismos fueron lavados en medio salino hasta que se detuvo el desarrollo de bacterias. Se abrieron 10 organismos de mejillones y 10 de ostiones de los cuales se extrajeron la carne y líquidos de cada organismo, posteriormente colocados en Bakers estériles para homogeneizar la muestra durante 2 minutos. En la determinación de Coliformes totales y *Echerichia coli* se utilizó la técnica de Preparación y Dilución de Muestras de Alimentos para su Análisis Microbiológico. Alcanzando los siguientes resultados: Se determinó que todas las muestras de *Mytella Guyanensis* y *Ostrea Columbiensis* presentaron Coliformes totales. Mientras el periodo de investigación la bacteria *E. coli* estuvo presente en todas las muestras de *Mytella Guyanensis*, mientras que en las muestras de *Ostrea Columbiensis* no se pudo descubrir *E. coli*. Las concentraciones encontradas en los bioindicadores estudiados nos indican que el estero se encuentra contaminado por aguas residuales no tratadas.

Chen [et al.] (2015), en el título Determinación de metales pesados mediante el uso del Artificial Mussel bajo condiciones controladas de Ph, salinidad y temperatura: Estudio de validación, cuya definición es establecer los niveles de contaminación por metales o elementos traza, empleando el Artificial Mussel (AM) bajo condiciones controladas. Se planteó un diseño metodológico en el que se construyeron 100 AM a través de plásticos de 2.5 cm de diámetro, 6 cm de alto y abierto por uno y otro extremos, uno de los extremos fue tapado por una película

plástica de aproximado 5 x 5 cm y fijada con una unión. Se preparó el gel polimerizado en representación del AM, posteriormente acabado esa fase se cuele con agua tridestilada para fijar el gel dentro en el AM, una vez fijado el gel se colocó un anillo de plástico y fue cerrado empleando otro manto de gel. Los AM fueron distribuidos en diversos cubos con 10 litros de agua que contenían diferentes concentraciones de Cd, Cr y Cu, se colocó un aparato para incrementar la circulación del aire dentro de los cubos. La concentración de metales fue monitoreada semanalmente asimismo, se adicionaron las sales metálicas para conservar la concentración en los cubos. Una vez tomadas las muestras aleatoriamente, el contenido del AM fue extraído y diluido para su análisis en Espectrofotometría de Absorción Atómica. Alcanzando los siguientes resultados: Se evidencia que a mayor tiempo de exhibición y a mayor salinidad, la semejanza de los metales varía, encontrándose el AM con una superior similitud por atraer Cu que Cd, con una inmensa atracción a los 35 días de exhibición.

Velásquez, D. (2005), en el estudio Determinación de metales pesados en biota (*Mytilus chilensis*) y sedimentos de la bahía de Corral, provincia de Valdivia, cuyo objetivo es establecer los niveles de metales en biota (*Mytilus chilensis*) y sedimentos de la bahía de Corral. Se planteó un diseño metodológico en el cual se tomaron muestras de *Mytilus chilensis* extraídas de las estaciones de muestreo: Punta Castillo, Las Coloradas, La Escuelita y Las Canteras, mediante buceo autónomo. En el lugar de muestreo Las Coloradas se encontró otra

especie de molusco bivalvo (*Choromytilus chorus*) el cuál fue sometido al mismo tratamiento. Se analizaron 10 individuos por cada muestreo, posteriormente fueron homogeneizados para luego ser digeridos con una mezcla Nitrosulfúrica (4 partes de HNO_3 y una porción de H_2SO_4). Los sedimentos se extrajeron en las estaciones de muestreo mediante buceo autónomo, se extrajeron 3 réplicas en diferente sitio de muestreo y después fueron digeridas con una composición Nitrosulfúrica. Se determinó la traza de metales utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica en horno de flama para establecer Cu, Cr, Fe, Mn, Pb. Por otra parte, para establecer As se utilizó un generador de hidruros. Alcanzando los siguientes resultados: Las concentraciones promedio más altas fueron de 88,2 microgramos de Fe/ gramos de *Mytilus chilensis* (b.h.) en el lugar de muestreo La escuelita, En sedimentos de igual forma fue el Fe en el lugar de muestreo Las Coloradas y Mn en sedimentos del lugar Los Carboneros. Las altas concentraciones concuerdan con los resultados del santuario del ambiente Carlos Anwandter.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Metales pesados en los ecosistemas marinos:

Sierra, C. (2011), en su libro “Calidad del agua, evaluación y diagnóstico” nos dice: Que la concentración es la manera de expresar o determinar qué cantidad de un determinado soluto o sustancia se encuentra contenido dentro del cuerpo de agua. La concentración se

mide en: peso de soluto (mg) por la unidad de volumen (L). Puede ser expresada también en partes por millón (ppm). P. 41.

Rainbow, P. (1997), en su artículo *Ecophysiology of trace metal uptake in crustaceans*, nos dice: Los metales traza son absorbidos y acumulados por los organismos acuáticos del medio en donde se desarrollan, por su fisiología y por su alimentación.

Coles [et al.] (1995), en su artículo *Alteration of the immune response of the common marine mussel Mytilus edulis resulting from exposure to cadmium*, nos dice: Los contaminantes pueden ejercer efectos tóxicos en un organismo, ya sea por acción directa en sus tejidos o influyendo en su sistema inmunológico. Estos casos de alteración patológica en los tejidos se han dado a partir de la exposición a concentraciones bajas de cadmio de 0.001 ppm. P. 1.

Barrenechea, A (2004) en su manual “Aspectos fisicoquímicos de la calidad de agua” nos dice sobre los metales pesados (Pb y Cd):

Cadmio: Es un metal que se acumula a través de la cadena trófica marina. Se encuentra presente en las pinturas, cerámicas, vidrios, pilas y en los anticorrosivos como el galvanizado y el cadmiado. El cadmio que se acumula en los organismos tarda entre 16 a 33 años en ser eliminados; por tanto, es un metal de alta toxicidad.

Plomo: Es un metal que se encuentra en el mar a través de la atmosfera, principalmente por la combustión de carburantes y se llega a acumular en los organismos.

Las fuentes naturales por lo general contienen plomo en concentraciones que varían notoriamente. Se pueden encontrar desde niveles tan pequeños como trazas hasta concentraciones importantes que contaminan definitivamente el recurso hídrico. El plomo es un metal pesado en esencia tóxico; puede provocar en el hombre intoxicaciones agudas o crónicas. Es causa de la enfermedad denominada saturnismo. Es un elemento con gran capacidad de bioacumulación; afecta prácticamente a todos los órganos, tanto de los seres humanos como de los animales. Los sistemas más sensibles a este metal son el nervioso (especialmente, en los niños), el hematopoyético y el cardiovascular.

2.2.2. Plomo

a) Aspectos Generales del Plomo

Propiedades Físicas: En su forma elemental es de color blanco plateado y se vuelve de color gris azulado cuando se expone al air, adquiere un color grisáceo cuando se moja, brillante en las superficies recientes, muy blando tan blando que se raya con la uña, muy maleable, y es el menos tenaz de todos los metales, deja en el papel una mancha gris. (PNUMA, 2010:10, Ubillus, 2003:27).

Propiedades Químicas: Funde a 335°C su densidad es de 11,35 y cristaliza en octaedros, tiene resistencia a los ácidos y a la corrosión. (Vidal, 1984: 409)

Fuentes Naturales: Rara vez se encuentra en su estado natural. Es muy común encontrarlo en forma de sulfuros (es decir, en combinación con azufre. Los principales minerales de plomo son: galena, cerusita, anglesita, arseniatos y fosfatos). (Confiep, 2007; Vidal, 1984:410).

Fuentes Antropogénicas: Uso en pinturas y gasolina con plomo, fabricación de baterías de plomo-acido para vehículos de motor, uso de pigmentos, material de soldadura, vidrieras, vajillas de cristal, municiones, esmaltes cerámicos, artículos de joyería, cosméticos, juguetes, como químico para la refinación del petróleo y en el sector químico debido a su efecto anticorrosivo. (PNUMA, 2010:057; OMS, 2015:2).

b) Contaminación y Efectos por Exposición al Plomo.

El plomo es una sustancia toxica que se va acumulando en el organismo afectando a diversos sistemas del organismo, con efectos especialmente dañinos en los niños de corta edad. El plomo se distribuye por los organismos hasta alcanzar el cerebro, el hígado, los riñones y se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo. Para evaluar el grado de exposición humana,

se suele medir la concentración de plomo en sangre. No existe un nivel de exposición al plomo que pueda considerarse seguro (OMS, 2015:1).

El plomo permanece en el cuerpo humano durante años, los compuestos orgánicos de plomo pueden bioacumularse en plantas y animales. El plomo se bioacumula en los organismos, en particular, en la biota que se alimenta principalmente de partículas, pero la biomagnificación de plomo inorgánico en la cadena alimentaria acuática no es aparente, pues los niveles de plomo, así como los factores de bioacumulación, disminuyen en el nivel trófico. En los mariscos, las concentraciones de plomo son mayores en la cascara rica en calcio que en el tejido blando (Baird, 2001:416; PNUMA, 2010:59).

El plomo interacciona fuertemente con un gran número de moléculas biológicas (aminoácidos, hemoglobina, muchas enzimas y ácidos nucleicos); en consecuencia interfiere en muchos procesos metabólicos. Las exposiciones a grandes cantidades de este metal provocan niveles de plomo en sangre muy elevados y en esas condiciones, aparecen problemas en el funcionamiento de los riñones, daños cerebrales y, eventualmente el intoxicado puede morir. (Sapiña, 2006:104).

El plomo es toxico aun a muy bajos niveles de exposición y tiene efectos agudos y crónicos en la salud humana. Se trata de una sustancia toxica que puede causar daños en el sistema de múltiples órganos, sea neurológicos, cardiovasculares, renales, gastrointestinales, hematológicos y efectos en la reproducción.

La exposición a corto plazo a altos niveles de plomo puede causar vómitos, diarrea, convulsiones, coma e incluso la muerte. A largo plazo (crónica) la exposición al plomo en los seres humanos da lugar a afectos en la sangre, sistema nervioso (SNC), presión arterial, los riñones y el metabolismo de la vitamina D. La exposición al plomo en niños está relacionada con una disminución de su coeficiente intelectual (IQ) (PNUMA, 2010:58).

2.2.3. Cadmio

a) Aspectos generales del Cadmio

Propiedades Físicas: Es un metal blando plateado, brillante, dúctil y maleable. (Camean et al, 1995:341)

Propiedades Químicas: Su peso atómico es 112.4, funde a 320°C, hierve a 780°C formando vapores anaranjados, por el calor se cubre de una capa de óxido, su densidad es de 8.2. (Vidal, 1984:449).

Fuentes Naturales: Se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre; en las rocas sedimentarias las concentraciones son

más elevadas. No se encuentra en estado nativo, frecuentemente se presenta en pequeñas cantidades, asociado a minerales de zinc, tales como la blenda, octavita y la monteponita. (Salidvar et al, 1997:213; Flores, 2008:12)

Fuentes Antropogénicas: Se emplea en la industria metalúrgica (de metales no ferrosos), se utiliza en la fabricación de baterías de níquel-cadmio, en pigmentos, como estabilizante de plásticos o en aleaciones metales (cobre, aluminio y plata), en la reducción por el carbón de los minerales de zinc cadmíferos, se obtiene como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, a partir del sulfuro de cadmio, se usa como pigmento en pinturas, esmaltes, plásticos, textiles, vidrios, tintas de impresión, caucho, lacas, etc., en la fabricación de fertilizantes fosfatados (en forma iónica como contaminante natural), incineración de residuos de madera, carbón o plásticos, combustión de aceite y gasolina. (Ramírez, 2002:52; Mauri et al, 2010:115; Vidal, 1984:449; Saldívar et al, 1997:215).

b) Contaminación y Efectos por Exposición al Cadmio.

El Cadmio es uno de los mayores agentes tóxicos asociados a contaminación ambiental e industrial, pues reúne cuatro de las características más temidas de un toxico: efectos adversos para el hombre y el medio ambiente, bioacumulación, persistencia en el medio ambiente, “viaja” grandes distancias con el viento y en los cursos de agua. El pescado, los crustáceos, el riñón e hígado de

animales acumulan cadmio en grado relativamente elevado (Ramírez, 2002:52).

La exposición en los humanos ocurre generalmente a través de la vía oral (proviene principalmente de los alimentos, mariscos y vísceras, que puede tener altos niveles de concentración de cadmio, hasta de 100 mg/kg), por ingestión de agua y alimentos que contengan el metal, y representa del 5 al 10% del total de cadmio absorbido en el organismo. Estas concentraciones dependen de la ingestión de proteínas y la presencia de vitamina D; incluso, se relaciona con la concentración en el organismo de algunos elementos como Zn, Se y Ca, con los cuales compite el cadmio. Cuando se ingiere alimentos o bebidas con altas concentraciones de cadmio, se pueden presentar irritaciones estomacales, náuseas, vómito y diarrea, dolor abdominal y muscular (Saldivar et al, 1997:219).

Los efectos en el ser humano incluyen la carcinogenicidad, posibles daños en la fertilidad, daño fetal y de órganos. La intoxicación crónica se manifiesta por nefropatías y osteodistrofias, y acrecienta la presentación de cáncer de pulmón y próstata; por otra parte el Cd interfiere el metabolismo del Ca, puede provocar insuficiencia renal (Hernández et al, 1999:526).

En el medio ambiente, el cadmio es tóxico para plantas, animales y microorganismos; sus principales características son las siguientes:

es bioacumulativo y persistente (vida media de 10 – 30 años) debido a que no puede descomponerse en sustancias menos tóxicas en el medio ambiente, además el grado de biodisponibilidad y el potencial de efectos varían dependiendo de la forma de cadmio, y se ven reforzadas por un pH bajo, baja dureza, niveles bajos de materia suspendida, potencial redox de alta y baja salinidad. Este metal es considerado el más móvil en el ambiente acuático, se encuentra en aguas superficiales y subterráneas, ya sea como un ion hidratado +2, o como un complejo iónico con otras sustancias inorgánicas u orgánicas, es más fácilmente absorbido por los organismos directamente del agua en su forma iónica libre.

El cadmio se bioacumula principalmente en los riñones y el hígado de los vertebrados y en los invertebrados acuáticos y algas (Ganiveth et al, 2008:13; PNUMA, 2008:11).

En los animales marinos la acumulación aumenta a medida que la especie es más sencilla (algas > moluscos > crustáceos > pescados).

La toxicidad del cadmio es el resultado del enlace del metal con especies reactivas o agentes complejantes que originan procesos de inhibición enzimática, posiblemente trastocando las funciones de crecimiento y metabolismo tisular (Camean et al, 1995:396).

El impacto del cadmio en los organismos acuáticos depende de una gran variedad de formas químicas posibles que puedan afectar a la toxicidad y acumulación de los organismos. En este sentido, la utilización del cadmio por parte del hombre ha influido en sus efectos tóxicos en gran variedad de organismos, no solo por las aportaciones antropogénicas al medio, sino también porque altera la especiación o forma química de los elementos (Sarabia, 2002:13).

2.2.4. Bivalvos como bioindicador:

Según Baqueiro-Cardenas et al. (2007), los bivalvos son organismos que filtran el agua para poder alimentarse, este proceso facilita la bioacumulación de metales en sus tejidos. Estos moluscos debido a su tolerancia y adaptabilidad, actualmente son usados como organismos para el monitoreo de la presencia de contaminantes e indicadores de la calidad de los ecosistemas. Por tanto, la determinación de los contaminantes en los tejidos de los moluscos es un indicador de su presencia en el medio en el cual habita.

Según Espino et al (2000), no todas las variables biológicas pueden servir en un programa de monitoreo su elección debe evaluarse y cumplir con ciertos criterios, con el fin de seleccionar indicadores específicos según el propósito del estudio a realizar. Los criterios para la elección de moluscos son: Que sean especies endémicas, que sean sensibles o tolerantes a sustancias químicas y que acumulen en sus tejidos metales o sustancias contaminantes.

Según Mendiz, N. (2010). Tagelus dombeii es un bivalvo de concha alargada, la cual alcanza hasta dimensiones de 10 cm. Esta especie posee un pie generalmente proyectado fuera de la concha con un par de sifones largos que utiliza para la alimentación, oxigenación y eliminación de desechos al momento de enterrarse, por tanto, depende de un sustrato arenoso para sobrevivir. Se distribuyen en toda la costa peruana y se encuentran en la zona intermareal de 1 a 16 m de profundidad, los adultos habitan preferentemente en sustrato arenoso fino, alcanzando una profundidad de 5m y los juveniles en un fondo de arena fangosa hasta los 16 m.

Tagelus dombeii ha sido definido como un organismo de metabolismo anaeróbico facultativo, debido a su adaptación al estrés anóxico. Esta especie es capaz de bioacumular mercurio y metilmercurio por ello puede ser utilizada como bioindicador de contaminación marina. (Ver en Anexos fig. 4)

2.2.5. Moluscos como bioindicadores de metales pesados

La importancia que tiene el estudio de los metales pesados en aguas, sedimentos y organismos se debe a su elevada toxicidad, alta persistencia y rápida acumulación, aunque los efectos tóxicos no se detectan fácilmente a corto plazo, si puede haber una incidencia muy importante a mediano y largo plazo (Mero, 2010).

Todo organismo es un indicador de las condiciones del medio en el cual se desarrolla y habita ya que solo su existencia en un espacio y momento

determinado responde a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales (Layana, 2013).

Phillips y Rainbow (1993), mencionan que un bioindicador ideal tiene que tener ciertos requisitos: Ser abundante, sedentario, de fácil identificación, poder muestrearlos durante todo el año y aclimatables a condiciones experimentales. Los metales han logrado asociarse en una serie de modificaciones y adaptaciones fisiológicas en los moluscos, permitiéndoles su tolerancia y adaptación selectiva (Roesijadi, 1986; Viarengo et al., 1998).

La selección de moluscos como organismos centinelas, responde a su reconocida capacidad para acumular una variedad de sustancias químicas como metales pesados y compuestos orgánicos (Kimbrough, 2008).

Los bivalvos han permitido evaluar posibles riesgos para la salud, particularmente cuando han sido expuestos a altas concentraciones de metales pesados que puede llevar a la muerte de los consumidores, así como sus efectos a largo plazo cuando la exposición ha sido a concentraciones muy bajas en periodos prolongados (Mero, 2010).

2.2.6. Origen y acumulación de Pb y Cd en organismos vivos y sus efectos en la salud

Los metales pesados existen naturalmente en el ambiente en concentraciones a niveles trazas. Sin embargo, como resultado de las actividades humanas las concentraciones de estos aumentan convirtiéndose en contaminantes peligrosos (Rodríguez-Santiago, 2004).

El plomo es el metal tóxico más omnipresente, y es detectable en prácticamente todos los medios (Klaassen, Casarett, Watkins, & Doull, 2001). Los niveles de plomo presentes en los alimentos, agua, aire, suelos y polvo a lo largo del planeta son dependientes del grado de industrialización de cada país, siendo durante décadas, el uso de gasolina con plomo; la fuente antropogénica principal en ciudades industrializadas (Scoullou, Vonkeman, Thornton, & Makuch, 2001).

Además de las gasolinas con plomo, que han sido gradualmente sustituidas en casi todo el mundo, las principales fuentes de exposición incluyen la minería de metales y la fundición, industria manufacturera, la incorrecta disposición de las baterías y el uso histórico de las tuberías de plomo y pinturas (Eisler, 2000; Klaassen et al., 2001; Scoullou et al., 2001).

Este metal no tiene necesidad o beneficio biológico demostrado y toda investigación al respecto ha demostrado sus efectos metabólicos adversos (Eisler, 2000).

Los adultos absorben entre el 5% al 15% del plomo ingerido, y por lo general retienen en su cuerpo menos de 5% de lo que se absorbe, el porcentaje mayoritario del plomo retenido se encuentra en la sangre, específicamente en los eritrocitos, desde donde es distribuido a los distintos órganos que se ven afectados. Este metal además de acumularse en los huesos, luego puede ser liberado nuevamente durante periodos de desmineralización como el embarazo o la lactancia (Eisler, 2000; Klaassen et al., 2001).

Entre los graves efectos que tiene el plomo sobre la salud humana cabe destacar los trastornos del sistema nervioso, anemia, problemas renales, hipertensión arterial y su acción carcinógena (Scoullou et al., 2001).

Por tanto, los niveles máximos permitidos en alimentos suelen ser, en general bastante bajos, por ejemplo en carnes de animales terrestres, se acepta un límite máximo de $0,10\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y en pescado un máximo de $0,30\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, existiendo estas diferencias en los límites debido a la exposición esperada del producto a dicho contaminante (La comisión de las Comunidades Europeas, 2006).

El cadmio por otra parte es un metal que se encuentra en baja proporción sobre la corteza terrestre, por lo que su presencia en el medio ambiente se debe básicamente a la contaminación antropogénica (Eisler, 2000). Se genera como subproducto de la fundición de otros metales como plomo o zinc y es mayormente usado por sus propiedades de resistencia a la corrosión y en dispositivos electrónicos (Alay, Lomas, Mallafré, & Roig, 2012; Klaassen et al., 2001).

Los mecanismos de absorción del cadmio incluyen la vía gastrointestinal y la respiratoria, la absorción aumenta por deficiencias de calcio y hierro en la dieta, y por dietas con bajo contenido de proteína. Se transporta en la sangre por la unión a eritrocitos y proteínas de alto peso molecular en el plasma, en particular la albúmina (Eisler, 2000; Klaassen et al., 2001).

Alrededor de 50 a 75% de la carga corporal de cadmio se encuentra en el hígado y los riñones. Aunque se desconoce con exactitud la vida media en el organismo, esta puede ser de hasta 30 años (Scoullon et al., 2001).

Este contaminante es fácilmente acumulado por organismos como peces y moluscos bivalvos, por lo que sus niveles máximos permitidos varían dependiendo de la especie entre los $0,050 \text{ mg*kg}^{-1}$ y los $0,25 \text{ mg*kg}^{-1}$ para los productos pesqueros (La comisión de las Comunidades Europeas, 2006).

Entre los principales efectos a largo plazo de la exposición baja a cadmio están la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y enfisema, así como enfermedad crónica de los túbulos renales. También puede haber efectos sobre los sistemas cardiovascular y esquelético (Klaassen et al., 2001).

2.3. MARCO LEGAL

2.3.1. Protocolo para la protección del pacífico sudeste contra la contaminación de efluentes.

Fue ratificado por el Perú el 02 de diciembre de 1998, con la finalidad de advertir, aminorar, luchar o vigilar la contaminación marina producida por fuentes terrestres, cuando estas generen o puedan crear efectos nocivos para los ecosistemas marinos y la salud humana.

2.3.2. Ley General del Ambiente, Ley N° 28611

En el capítulo 02 sobre la Conservación de la Diversidad biológica:

- **Artículo 101.- De los ecosistemas marinos y costeros.**

El estado promueve la conservación; norma el desarrollo de planes y programas orientados a prevenir, proteger o controlar el impacto negativo que generan las descargas de efluentes que afectan el mar.

En el capítulo 03 sobre la Calidad Ambiental:

- **Artículo 113.- De la calidad ambiental.**

Se debe identificar y controlar los factores de riesgo a la calidad ambiental y sus componentes

En el título 04 Responsabilidad por daño ambiental, capítulo 01 sobre la fiscalización y control:

- **Artículo 133.- De la vigilancia y monitoreo ambiental.**

La vigilancia y el monitoreo ambiental se desarrolla con el fin de generar información que permita orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de la normativa ambiental.

2.3.3. Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338

Establece en los presentes artículos el cuidado del recurso hídrico, vigilancia y control con el fin de afirmar la calidad del mismo en favor al ambiente, la salud pública y el cuidado del recurso.

- **Artículo 83°.- Prohibición de vertimiento de algunas sustancias, está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia o bioacumulación. La Autoridad Ambiental respectiva, en coordinación con la Autoridad Nacional, establece los criterios y la relación de sustancias prohibidas.**

2.3.4. Resolución Jefatural 010 – 2016 – ANA

Aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Con el objetivo de estandarizar los procedimientos y criterios para estimar la calidad de los recursos

hídricos. Asegurando la eficacia de recolección de datos, conservación de muestras y seguridad del progreso del monitoreo.

2.4. MARCO CONCEPTUAL

2.4.1. Metales pesados

Los metales pesados son un conjunto de elementos químicos que presentan una densidad parcialmente alto y cierta toxicidad para los seres vivos y el ambiente. Pérez, R. (2011) p. 1.

2.4.2. Origen de los metales pesados

La contaminación acuática originada por metales pesados proviene de diferentes fuentes, ya sea por el deterioro geológico (debido a que los metales forman un componente natural de la corteza terrestre), la actividad de explotación minera, el uso de metales y compuestos de metales para determinados procesos industriales y la lixiviación de metales pesados a partir de residuos domésticos y vertidos de residuos sólidos. Combariza, D. (2009) p. 36

2.4.3. Concentración de metales

Es la forma de formular o establecer qué cantidad de un determinado soluto o contenido se encuentra entre el cuerpo de agua. La concentración se mide en: peso de soluto (mg) por la unidad de volumen (L). Puede ser expresada asimismo en partes por millón (ppm). Sierra, C. (2011), p. 41.

2.4.4. Ecotoxicología

La ecotoxicología deriva de las palabras ecología y toxicología, y nace con la finalidad de averiguar el estado de los ecosistemas que vienen siendo alterados por la acción del hombre, siendo fundamental el ecosistema marino, debido a que se comprobó su capacidad limitada de dilución. Ocasionando fenómenos como la adsorción y bioacumulación de sustancias contaminantes en las especies naturales. Según Marín, A. (2007), p. 11.

2.4.5. Bivalvos

Los bivalvos vienen ser organismos que filtran el agua para lograr alimentarse facilitando la bioacumulación de metales en sus tejidos. Según Baqueiro-Cardenas, et al. (2007).

2.4.6. Bioacumulación

Es el procedimiento mediante el cual un contaminante queda retenido en el tejido de un organismo, incrementando su concentración por el movimiento del tiempo. Según Martín, A.; Santamaría, J. (2000), p. 26.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3. METODOLOGÍA

3.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Hipótesis General

Usando el bivalvo (*Tagelus dombeii*) se podrá evaluar plomo (Pb) y cadmio (Cd) en aguas de la bahía de Lagunillas - Ica.

3.1.2. Hipótesis Específicas

H E 1 Extrayendo los tejidos del bivalvo (*Tagelus dombeii*) se podrá determinar la concentración de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en aguas de la bahía de Lagunillas, Ica.

H E 2 Extrayendo el bivalvo (*Tagelus dombeii*) se podrá evaluar las características en aguas de la bahía de Lagunillas, Ica.

3.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Variable Independiente

Evaluación de plomo y cadmio

3.2.2. Variable Dependiente

El bivalvo (*tagelus dombeii*) en aguas de la bahia de lagunillas

3.3. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Tipo de la Investigación

Tomando en cuenta el nivel de profundidad, la investigación, corresponde a una investigación explicativa no experimental.

3.3.2. Nivel de la Investigación

De acuerdo a la clasificación, por su nivel, el presente estudio es de tipo descriptivo correlacional porque su objetivo es establecer cómo se comporta una variable conociendo el comportamiento de la otra. Bajo esta clasificación el estudio también es de tipo explicativa porque permite explicar por qué ocurre un fenómeno, en qué condiciones se da éste y la forma como dos o más variables están relacionadas.

3.3.3. Diseño de la Investigación

El diseño metodológico de la investigación es no experimental, según Hernández [et al.] (2010), indica que los estudios no experimentales se

realizan sin manejar las variables, los fenómenos son verificados en su entorno natural para posteriormente evaluarlos. A su vez la investigación es de tipo transversal debido a que las variables son analizadas en un instante determinado y no un periodo de tiempo.

Según las características de los factores y su habilidad para ser manipulados, este estudio fue de tipo cuantitativa no experimental; por cuanto se aplicó el procedimiento de estudio para alcanzar determinar un objeto de estudio o una condición concreta, en este estudio se combinaron criterios de igualdad que sirvieron para representar datos fidedignos que pueden servir para investigaciones que requieran un mayor nivel de profundidad.

3.4. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Para lograr conseguir los objetivos se realizó lo siguiente:

✓ Selección de puntos de muestreo:

Se ubicaron los puntos de muestreo en la zona sur de la bahía de Lagunillas con el objetivo de lograr una representatividad de las muestras a estudiar para conseguir los resultados en esta investigación.

La toma de las muestras se realizó mediante un buzo artesanal mediante buceo semiautónomo. Se extrajeron muestras de individuos (bivalvos).

✓ Luego, se mencionará el progreso de toma de muestras:

- Muestreo de individuos (bivalvos):

Se extrajeron 10 individuos por lugar de muestreo, de los cuales se seleccionaron 8 para el mencionado estudio. Las muestras de navajuela (*Tagelus dombeii*) fueron extraídas del fondo marino. Inmediatamente se separaron en 4 réplicas. Luego se guardaron en bolsas herméticas con agua de mar y se colocaron en un cooler para enfriar las muestras hasta su estudio en laboratorio.

- **Análisis en laboratorio:**

Muestras de individuos: Se deshielaron las muestras de *Tagelus dombeii*, rápidamente las muestras fueron lavadas con agua desionizada para impedir cualquier componente extraño que no sea parte del individuo al estudiar, se tomaron los datos biométricos (longitud valvar y altura valvar) con un vernier, y se llenó en el instrumento de padrón de disección. En el sucesivo procedimiento se pesaron las muestras tomando los datos de peso total y peso blando posteriormente se diseccionaron los individuos separando los tipos de tejidos (músculo, manto, sifón y pie), se pesaron para conseguir el peso del tejido comestible y se colocaron en viales, a continuación se digestaron los tejidos en el digestor a 100 °C por 16 horas. Luego las muestras fueron filtradas en fiolas de 25 ml y aforadas con HCl a 0.1 normal, para su estudio y lectura en espectrofotometría de absorción atómica de flama.

- **Presentación y conversión de resultados:**

Los resultados logrados en espectrofotometría de absorción atómica fueron obtenidos en ppm o mg/l y se realizó la transformación con la cantidad de muestra usada y el volumen aforado para lograr los resultados en mg/kg de peso húmedo.

Formula:

$$\text{Concentración en mg/kg} = \frac{\text{Concentración en mg/l} \times \text{volumen del aforado}}{\text{Peso de la muestra (kg)}}$$

(1)

Peso de la muestra (kg)

3.5. COBERTURA DEL ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1. Población

Según (López, 2004), la población es el conjunto de personas u objetos de beneficio para la investigación. En la investigación la población está conformado por los bivalvos de toda la bahía de Lagunillas.

FIGURA N° 1

MAPA DE LA BAHÍA DE LAGUNILLAS



Fuente: Google maps.

3.5.2. Muestra

Están representadas por 8 muestras de bivalvos de la especie *Tagelus Dombeyi* de parecido tamaño, 4 de cada sitio de muestreo para estudiar la concentración de metales en sus tejidos en distintos puntos cerca al lugar.

3.5.3. Muestreo

Considerando que la muestra según Hernández [et al.] (2010), es considerada como un subconjunto de la población y se divide en 2 ramas: probabilísticas y no probabilísticas. Las muestras que se extrajeron en el estudio son de tipo no probabilístico, ya que la designación de muestras requirió de ciertos criterios de selección.

Se determinaron 2 puntos en la zona sur de la bahía de Lagunillas, en cada sitio se ubicó un área de extracción de 15 metros de radio por el desplazamiento del buzo para la extracción de muestras, se determinaron los puntos los cuales son lugares de representatividad para la extracción de muestras según el r.j. 010-2016-ANA.

TABLA N° 1

DETALLES DE LOS PUNTOS DE MUESTREOS

	PUNTO 1	PUNTO 2
COORDENADAS	359061 E	361197 E
UTM	8459720 N	8456120 N
ZONA	18L	18L

FIGURA N° 2

MAPA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO



Fuente: Google maps.

3.6. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Técnica

Se realizó la vigilancia para registrar los puntos de muestreo.

Se utilizó el protocolo nacional de monitoreo de calidad de los recursos hídricos superficiales. La facilidad de recolección de muestras se realizó mediante buceo semiautónomo.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que fueron utilizados son los siguientes:

- Equipo de buceo.**
- Capacho para recolección de individuos.**

- **Fichas de recolección de datos**
- **Materiales y equipos de laboratorio para la evaluación de metales pesados.**
- **Software: Google maps, Arcgis, excel y Minitab.**

3.6.3. Método de Análisis de Datos

Se utilizó el software excel para procesar los datos obtenidos en laboratorio. El procedimiento de evaluación de datos, se realizó mediante la creación de tablas y gráficos que representen los objetivos planteados.

3.6.4. Aspectos Éticos

En este estudio se mostrará resultados reales, debido a que se siguió un protocolo estandarizado por la Autoridad Nacional del Agua.

Toda contribución de otras investigaciones revisadas ha sido adecuadamente mencionada en este estudio respetando la propiedad intelectual del autor.

3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TABLA N° 2

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escalas de medición
Bivalvo (Tagelus dombeii)	Según Baqueiro-Cardenas, [et al.] (2007), los bivalvos son organismos que filtran el agua para lograr alimentarse facilitando la bioacumulación de metales en sus tejidos.	Se extrajeron muestras de: Bivalvos: mediante buceo semi-autónomo y se seleccionaron 8 tamaños de la especie (Tagelus dombeii) por sitio de muestreo. Se lavaron las muestras en laboratorio con agua des ionizada y se realizó el pesado, el control de los individuos. Luego se diseccionó (mu+ma+si+pie), los cuales fueron digeridos para su cálculo analítico. Se midió la concentración de	Concentración del metal	Pb	mg/kg wwt
				Cd	mg/kg wwt
			Características físicas	Peso	g
				Talla	cm

		Pb y Cd en tejidos comestibles mediante un estudio en el espectrofotómetro de absorción atómica			
--	--	--	--	--	--

CAPÍTULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. DIMENSIÓN: CONCENTRACIÓN DE LOS METALES

Se evaluó los metales: plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los tejidos comestibles del bivalvo *Tagelus dombeii* extraídos en los 2 puntos de muestreo situado en la bahía de Lagunillas.

4.1.1. Concentración de Plomo

Se obtuvo la concentración de plomo (Pb) en los tejidos comestibles y se convirtió el producto en concordancia a la cantidad de muestra utilizada con la finalidad de lograr los resultados en mg/kg wwt. Seguidamente, presentamos las tablas con los datos obtenidos:

TABLA N° 3
CONCENTRACIÓN DE PLOMO (Pb)

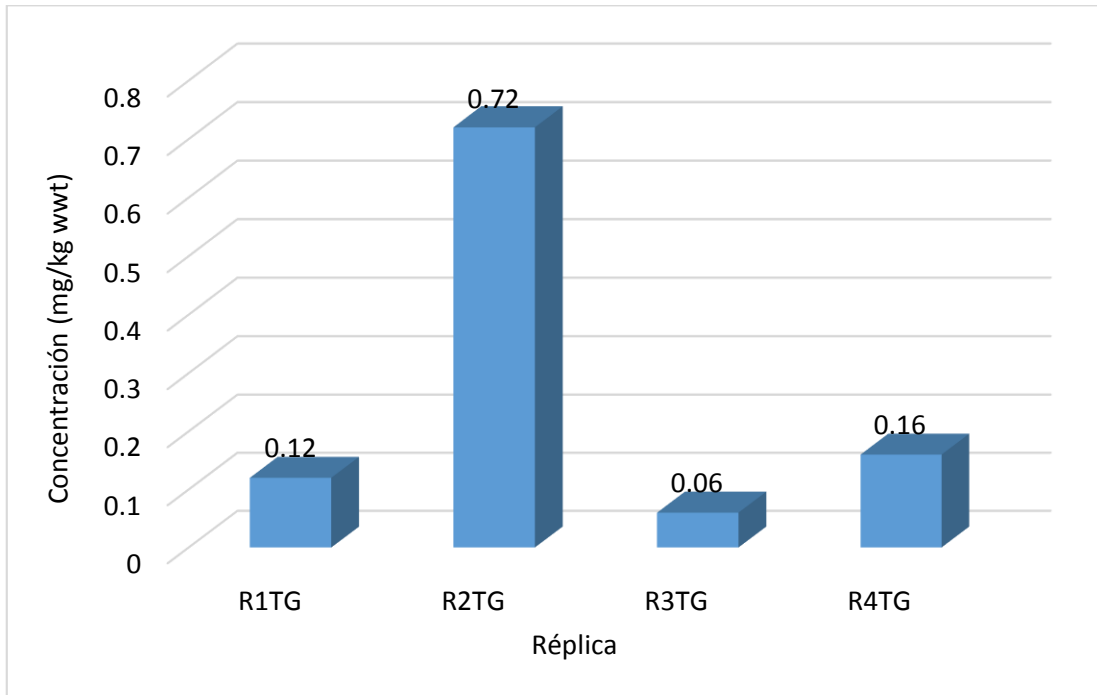
PUNTOS DE MUESTREO	CODIGO DE MUESTRA	TIPO DE TEJIDOS	CONCENTRACIÓN DE PLOMO (Pb) (mg/kg)
Punto de muestreo 1	R1T1	*Mu+Ma+Si+Pie	0.12
	R2T1	*Mu+Ma+Si+Pie	0.72
	R3T1	*Mu+Ma+Si+Pie	0.06
	R4T1	*Mu+Ma+Si+Pie	0.16
Punto de muestreo 2	R1T2	*Mu+Ma+Si+Pie	0.19
	R2T2	*Mu+Ma+Si+Pie	0.75
	R3T2	*Mu+Ma+Si+Pie	0.62
	R4T2	*Mu+Ma+Si+Pie	0.11

Elaboración propia

*** La abreviatura (Mu+Ma+Si+Pie) hace reseña a los tejidos comestibles del bivalvo**

Tagelus dombeii y éstos vienen a ser músculo, manto, sifón y pie

GRÁFICO N° 1
CONCENTRACIÓN DE PLOMO
EN EL PUNTO DE MUESTREO 1

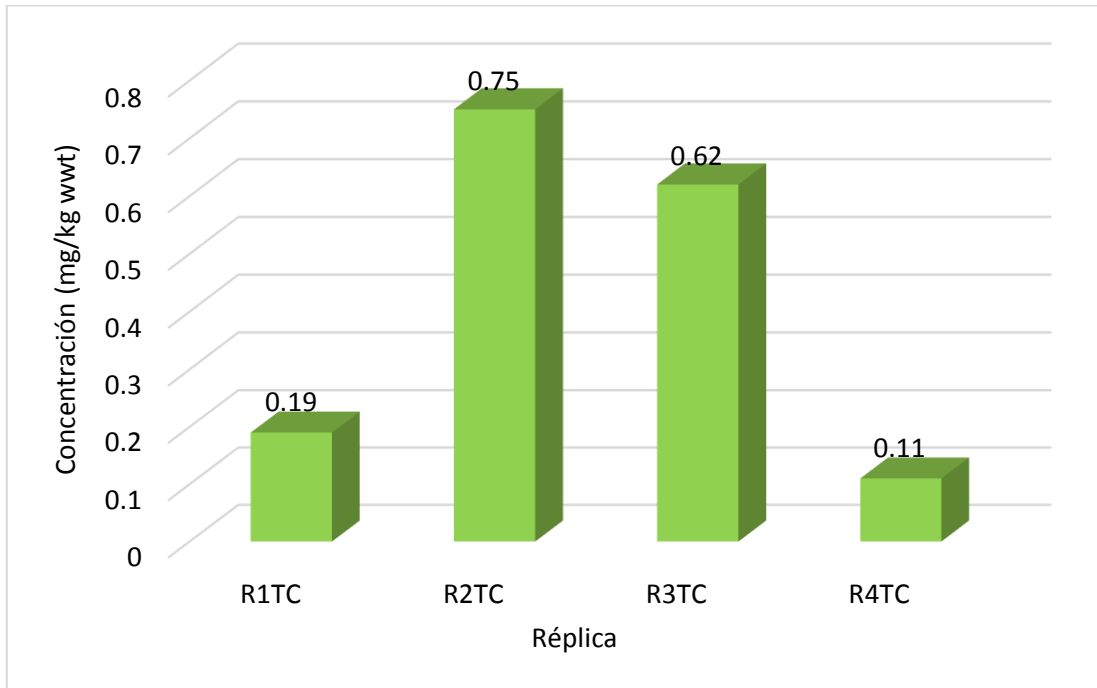


Elaboración propia.

Interpretación:

En el gráfico de barras se visualiza la cantidad de plomo (Pb) derivado en los tejidos comestibles (Mu+Ma+Si+Pie) del bivalvo *Tagelus dombeii* extraídos del lugar de muestreo 1, se presenta a la réplica 2 como la mayor concentración encontrada con 0.72 mg/kg de peso húmedo y la mínima concentración encontrada es la réplica 3 con 0.06 mg/kg de peso húmedo.

GRÁFICO N° 2
CONCENTRACIÓN DE PLOMO
EN EL PUNTO DE MUESTREO 2



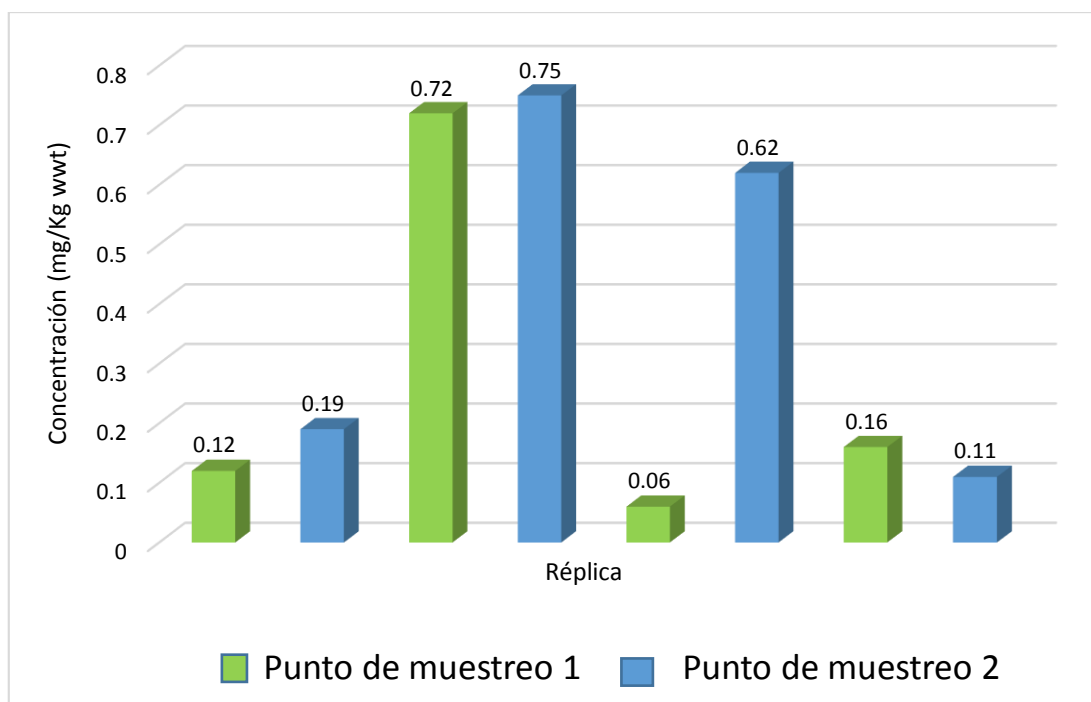
Elaboración propia.

Interpretación:

En el gráfico de barras se visualiza la cantidad de plomo (Pb) comprendido en los tejidos comestibles (Mu+Ma+Si+Pie) del bivalvo *Tagelus dombeii* extraídos del lugar de muestreo 2, se presenta a la réplica 2 como la superior concentración encontrada con 0.75 mg/kg de peso húmedo y la mínima concentración encontrada es la réplica 4 con 0.11 mg/kg de peso húmedo.

GRÁFICO N° 3

GRÁFICO DE RESUMEN



Elaboración propia.

Interpretación:

En el gráfico de síntesis se presenta las concentraciones de plomo halladas en los 2 puntos de muestreo, se visualiza las diferencias de concentración de plomo acumulado por el bivalvo *Tagelus dombeii* en los distintos puntos de muestreo presentando mayores concentraciones en el segundo punto de muestreo que se encuentra más colindante a la costa.

4.1.2. Concentración del Cadmio

Se obtuvo la concentración de cadmio (Cd) en los tejidos comestibles y se convirtió el valor en concordancia a la cantidad de muestra utilizada con la

finalidad de lograr los resultados en mg/kg wwt. Seguidamente, presentamos las tablas con los datos obtenidos:

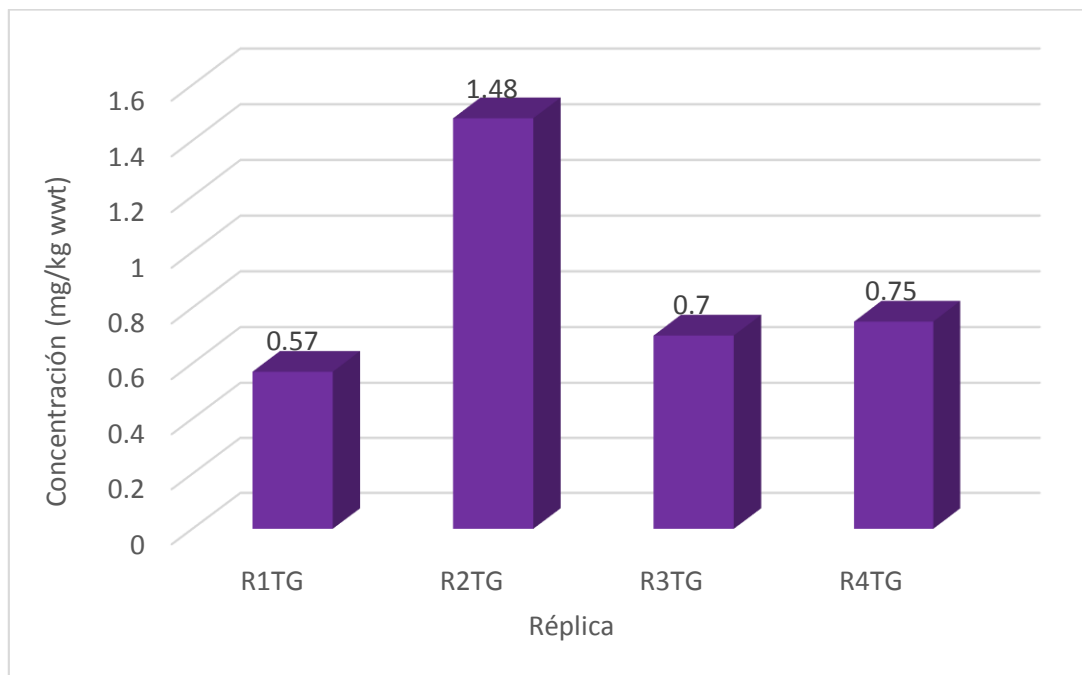
TABLA N° 4
CONCENTRACIÓN DEL CADMIO (Cd)

PUNTOS DE MUESTREO	CODIGO DE MUESTRA	TIPO DE TEJIDOS	CONCENTRACIÓN DE CADMIO (Cd) (mg/kg)
Punto 1	R1T1	*Mu+Ma+Si+Pie	0.57
	R2T1	*Mu+Ma+Si+Pie	1.48
	R3T1	*Mu+Ma+Si+Pie	0.70
	R4T1	*Mu+Ma+Si+Pie	0.75
Punto 2	R1T2	*Mu+Ma+Si+Pie	0.13
	R2T2	*Mu+Ma+Si+Pie	1.73
	R3T2	*Mu+Ma+Si+Pie	0.93
	R4T2	*Mu+Ma+Si+Pie	1.30

Elaboración propia.

* La nomenclatura (Mu+Ma+Si+Pie) hace mención a los tejidos comestibles del bivalvo *Tagelus dombeii* y éstos viene a ser músculo, manto, sifón y pie.

GRÁFICO N° 4
CONCENTRACIÓN DE CADMIO
EN EL PUNTO DE MUESTREO 1

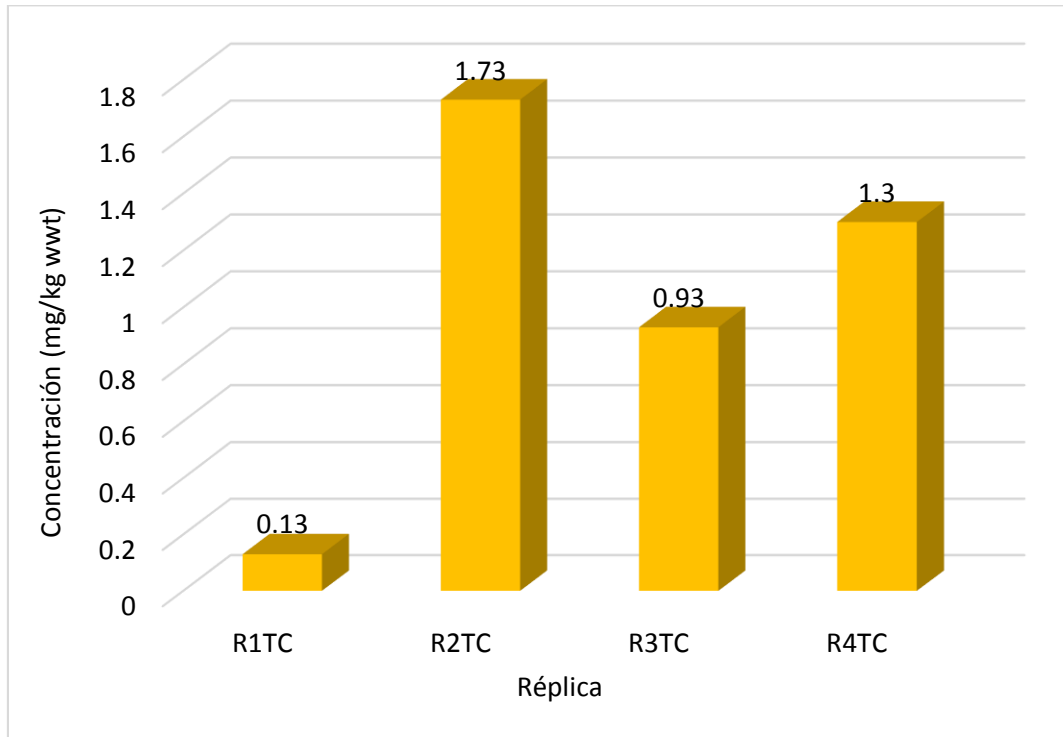


Elaboración propia.

Interpretación:

En el gráfico de barras se visualiza el valor de cadmio (Cd) comprendido en los tejidos comestibles (Mu+Ma+Si+Pie) del bivalvo *Tagelus dombeii* extraídos del lugar de muestreo 1, se presenta a la réplica 2 como superior concentración encontrada con 1.48 mg/kg de peso húmedo y el mínimo concentración encontrada es la réplica 1 con 0.57 mg/kg de peso húmedo.

GRÁFICO N° 5
CONCENTRACIÓN DE CADMIO
EN EL PUNTO DE MUESTREO 2



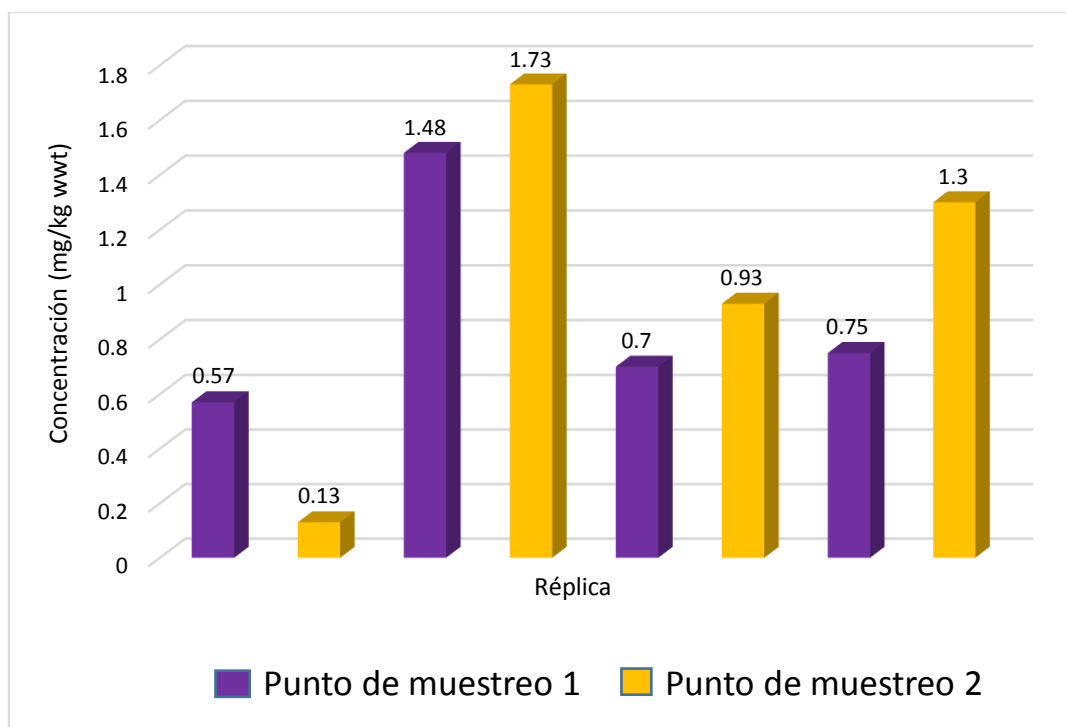
Elaboración propia.

Interpretación:

En el gráfico de barras se visualiza el valor de cadmio (Cd) comprendido en los tejidos comestibles (Mu+Ma+Si+Pie) del bivalvo *Tagelus dombeii* extraídos del lugar de muestreo 2, se presenta a la réplica 2 como la superior concentración encontrada con 1.73 mg/kg de peso húmedo y la mínima concentración encontrada es la réplica 1 con 0.13 mg/kg de peso húmedo.

GRÁFICO N° 6

GRÁFICO DE RESUMEN



Elaboración propia.

Interpretación:

En el gráfico se presenta las concentraciones de cadmio hallados en los 2 puntos de muestreo, presenta las diferencias de concentración de cadmio acumulado por el bivalvo *Tagelus dombeii* en los distintos puntos de muestreo presentando mayores concentraciones en el segundo lugar de muestreo que se encuentra más colindante a la costa.

4.2. DIMENSIÓN

Se obtuvieron y analizaron las características físicas del bivalvo *Tagelus dombeii*. En toda muestra se tomó la biometría expresado por Longitud valvar

y Altura valvar, conjuntamente se tomó el peso de cada individuo (Peso total, Peso blando y Peso de tejido comestible).

4.2.1. Peso

Se obtuvo el peso total de individuo sin extraer las valvas, se pesó la cantidad de tejido blando sin valvas e inmediatamente se pesó el tejido comestible conformado por musculo, manto, sifón y pie.

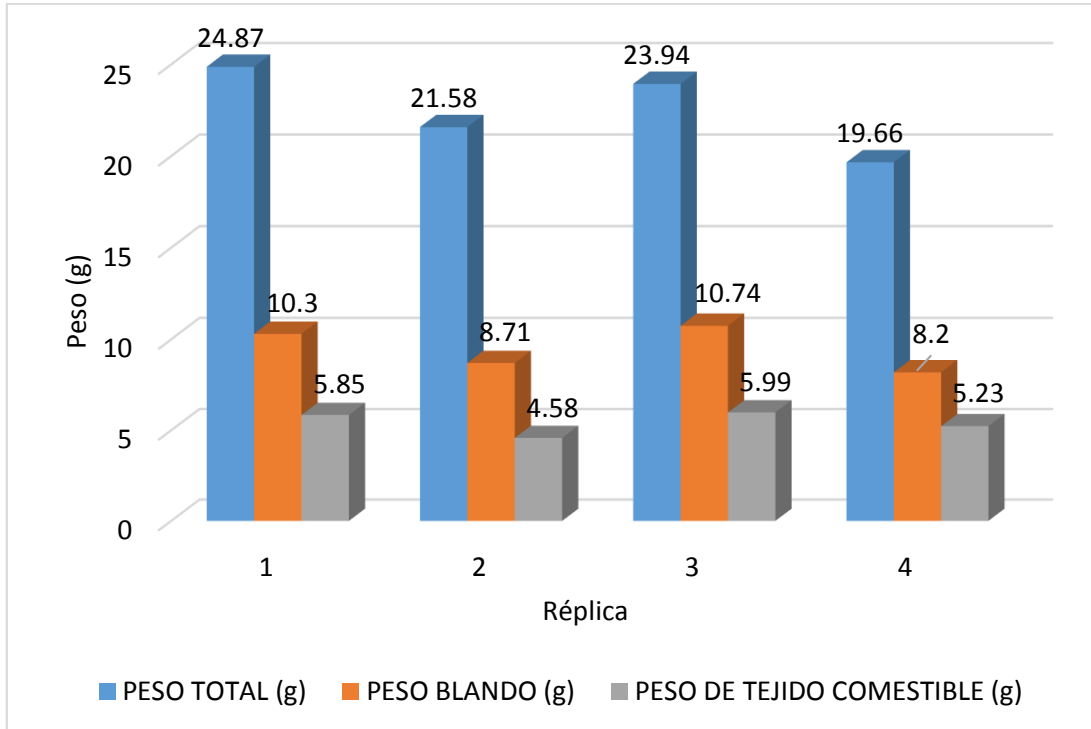
TABLA N° 5

PESOS

PUNTOS DE MUESTREO	CODIGO DE MUESTRA	PESO TOTAL (g)	PESO BLANDO (g)	PESO DE TEJIDO COMESTIBLE (g)
Punto 1	R1T1	24.87	10.30	5.85
	R2T1	21.58	8.71	4.58
	R3T1	23.94	10.74	5.99
	R4T1	19.66	8.20	5.23
Punto 2	R1T2	20.30	10.81	6.50
	R2T2	16.49	7.73	4.94
	R3T2	17.58	8.84	5.08
	R4T2	16.59	9.20	5.01

Elaboración propia.

GRÁFICO N° 7
PESOS DE LOS BIVALVOS
EN EL PUNTO DE MUESTREO 1

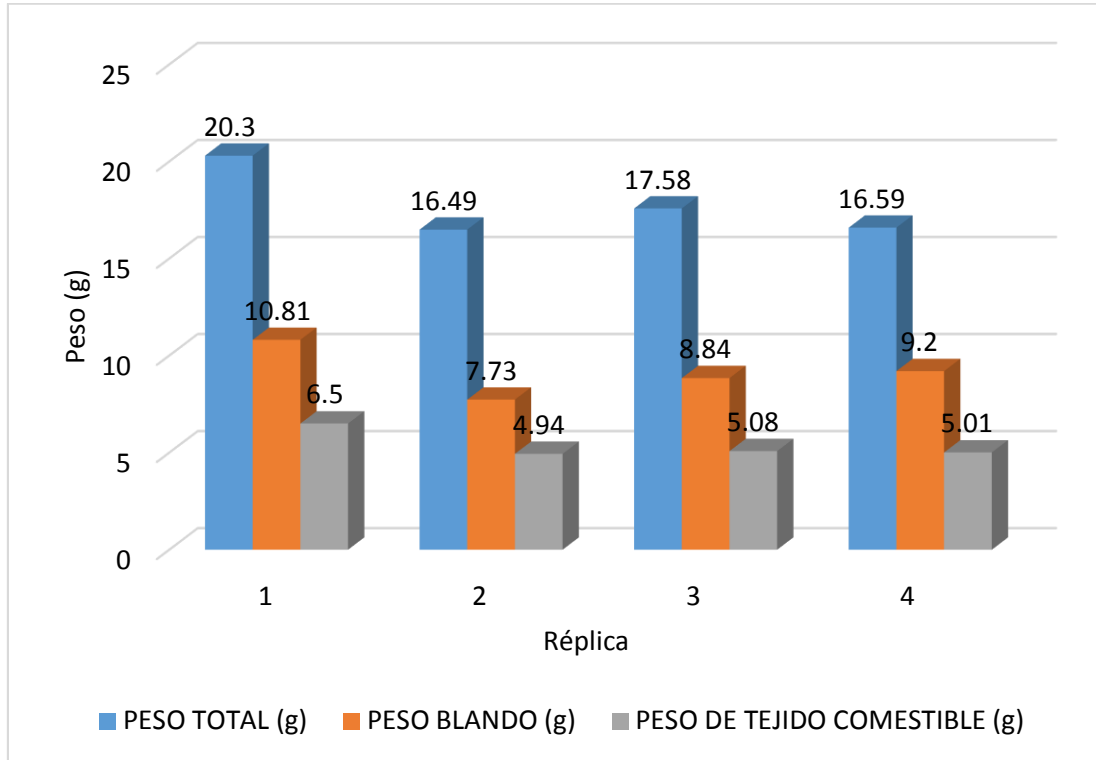


Elaboración propia.

Interpretación:

En el gráfico de barras se visualiza los pesos obtenidos en los diferentes componentes del bivalvo *Tagelus dombeii*, muestran una pequeña disposición siendo el superior peso total, seguido por el tejido blando y por último el tejido comestible.

GRÁFICO N° 8
PESOS DE LOS BIVALVOS
EN EL PUNTO DE MUESTREO 2



Elaboración propia.

Interpretación:

En el gráfico de barras se visualiza los pesos obtenidos en los diferentes componentes del bivalvo *tagelus dombeii*, muestran una pequeña preferencia siendo superior el peso total, seguido por el tejido blando y posteriormente el tejido comestible.

4.2.2. Biometría

Se determinaron las medidas de longitud valvar y altura valvar del bivalvo *Tagelus dombeii* usando un vernier metálico, las medidas de

longitud valvar fueron evaluadas de inicio a fin de la valva y la medida de la altura valvar fue tomada a partir del umbo hasta la base.

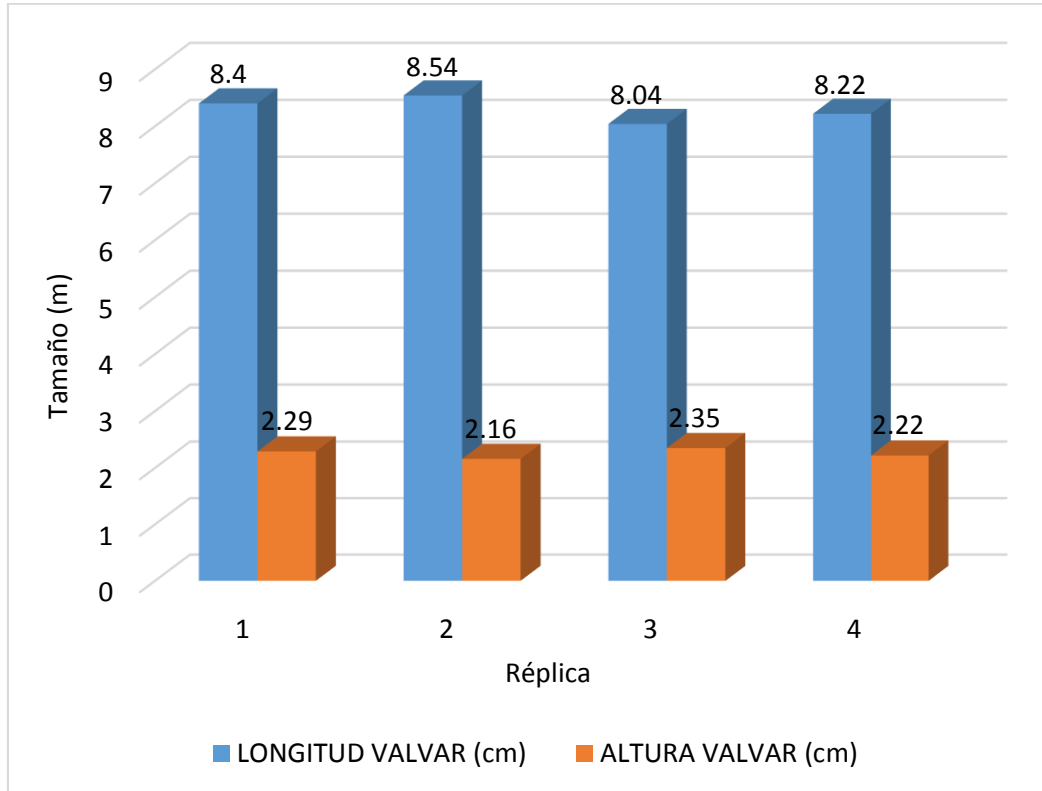
TABLA N° 6

TALLAS

PUNTOS DE MUESTREO	CODIGO DE MUESTRA	LONGITUD VALVAR (cm)	ALTURA VALVAR (cm)
Punto 1	R1T1	8.40	2.29
	R2T1	8.54	2.16
	R3T1	8.04	2.35
	R4T1	8.22	2.22
Punto 2	R1T2	7.18	2.08
	R2T2	6.92	1.82
	R3T2	7.25	1.50
	R4T2	6.89	1.80

Elaboración propia.

GRÁFICO N° 9
BIOMETRÍA DE LOS BIVALVOS
EN EL PUNTO DE MUESTREO 1

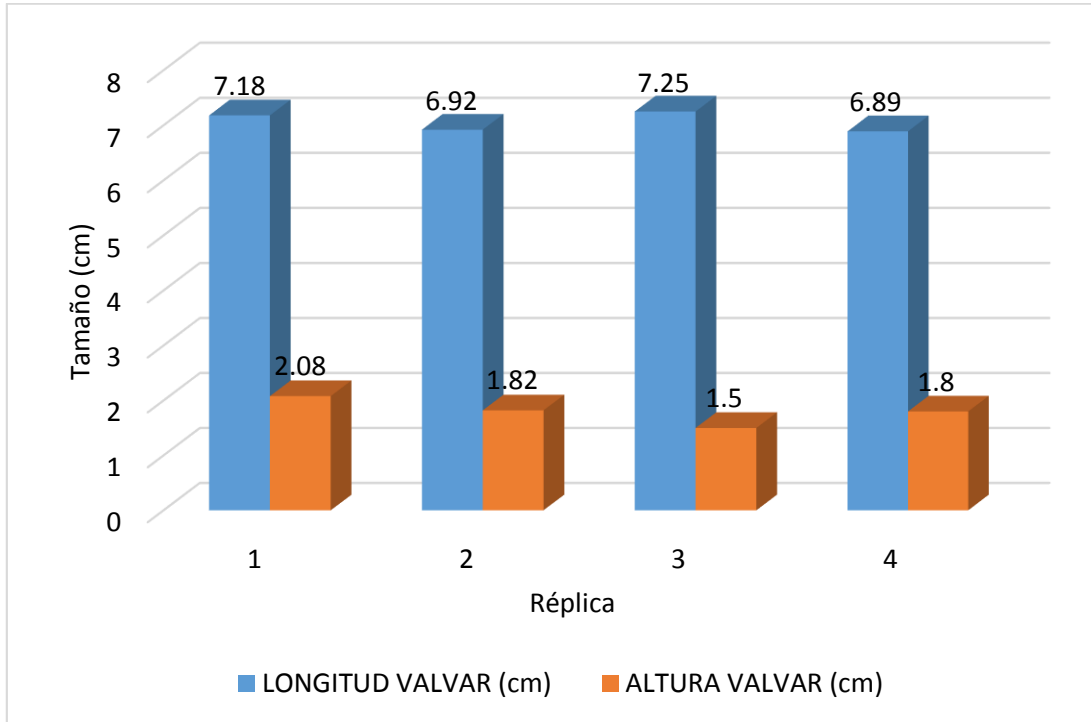


Elaboración propia.

Interpretación:

En el gráfico de barras se visualiza las tallas obtenidas al calcular la longitud y altura valvar del bivalvo *Tagelus dombeii*, se verifica que la réplica 2 posee superior longitud valvar con 8.54, en cuanto a altura valvar la réplica 3 es la que tiene superior longitud con 2.35. En cuanto la mínima longitud la presenta la réplica 3 con 8.04 de longitud valvar y en la réplica 2 con 2.16 de altura valvar.

GRÁFICO N° 10
BIOMETRÍA DE LOS BIVALVOS
EN EL PUNTO DE MUESTREO 2



Elaboración propia.

Interpretación:

En el gráfico de barras se visualiza las tallas obtenidas al calcular la longitud y altura valvar del bivalvo *Tagelus dombeii*, se verifica que la réplica 3 posee una superior longitud valvar con 7.25, en cuanto a altura valvar la réplica 1 es la que tiene superior longitud con 2.08. En cuanto a la mínima longitud la presenta la réplica 4 con 6.89 de longitud valvar y en la réplica 4 con 1.8 de altura valvar.

4.3. DISCUSIÓN

En la discusión de resultados podemos indicar que el lugar de muestreo 1 y 2 viene a ser distintos, siendo el lugar 2 el que presenta un superior contenido de los metales estudiados en similitud del otro lugar de muestreo.

Con relación a la determinación de plomo y cadmio en los tejidos del bivalvo *Tagelus dombeii* podemos mencionar que el plomo se encuentra en niveles aceptables, entre los rangos obtenidos en otros estudios con otras especies y en otros lugares de muestreo.

Las concentraciones de plomo se mantuvieron entre los límites máximos permitidos internacionalmente (Reglamento 333/2007), en el tema del cadmio se encontraron 3 muestras que exceden el límite máximo permitido.

Podemos observar que a un menor tamaño observamos una superior concentración de metal.

En cuanto a los pesos y tallas del bivalvo *Tagelus dombeii* se encuentra entre el rango normal.

CONCLUSIÓN

Mediante el empleo del bivalvo *Tagelus dombeii* se determinó la aparición de uno y otro metal en la bahía de Lagunillas, pero en pequeñas cantidades.

Se concluye que los individuos analizados en los puntos de muestreo 1 y 2 presentan una conglomeración de plomo suficiente en sus tejidos comestibles. Por consiguiente, no exceden el límite aprobado por SANIPES. Sino el estudio de uno y otro punto de muestreo se visualizó que las muestras extraídas en el lugar de muestreo 2 presentan una superior aglutinación de plomo acumulado concluyendo que en esta superficie el plomo se encuentra más biodisponible para que sea captado por el bivalvo *Tagelus dombeii*.

Con relación a las concentraciones de cadmio encontradas podemos aseverar que los individuos analizados en el lugar de muestreo 1 presentan un mínimo de afinidad de cadmio. Si no podemos prevalecer que encontramos un bivalvo con 1.48 mg/kg wwt de

cadmio acumulado y éste excede el límite aprobado por SANIPES. En cuanto al lugar 2 de muestreo 2 muestras exceden el límite aprobado por SANIPES con concentraciones de 1.73 y 1.3 mg/kg ww.

El bivalvo *Tagelus dombeii* tiene una superior similitud por bioacumular cadmio en sus tejidos llegando a sobrepasar el límite máximo aprobado por SANIPES.

Se concluye que el bivalvo *Tagelus dombeii* se encuentra descubierto a los metales estudiados, facilitando su aglomeración en los tejidos comestibles y siendo un peligro para las personas que lo consumen e indicando contaminación del ecosistema marítimo.

RECOMENDACIONES

Al estudiar los componentes ambientales en el cual se desarrolla el individuo, al mismo tiempo se debe estudiar concentraciones en diferentes tamaños del bivalvo tagelus dombeii con la solución de distinguir la predisposición de aglomeración de los metales en los tejidos.

Se debe de estudiar el contenido digestivo e intestinos, actualmente eso nos daría un informe de lo que consume y si éste alimento se encuentra contaminado por metales pesados.

Es conveniente realizar una superior cantidad de puntos de monitoreo en lugares de viable contaminación por metales con el bivalvo tangelus dombeii trasplantado con la finalidad de distinguir las variaciones en aglomeración de plomo y cadmio.

Se recomienda preparar los distintos metales en la especie tagelus dombeii con la finalidad de examinar la abundancia que puedan atraer y si son buenos bioacumulándola.

Es necesario estudiar muestras en individuos de cadena trófica más alta con la finalidad de verificar si el monto que se acumula es superior y si se produce biomagnificación.

Se sugiere usar el bivalvo tagelus dombeii como bioindicador de la presencia de cadmio, actualmente presenta una similitud por bioacumular este metal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAQUEIRO-CARDENAS, E., y otros. 2007. Los moluscos y la contaminación. Una revisión. [Revista] Tamaulipas: Centro de investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, 2007.

BARRENECHEA, Ana. 2004. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. BVSDE. [En línea] CEPIS, 2004. [Citado el: 20 de noviembre de 2016.]
<http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/uno.pdf>.

BENEDICTO, J., y otros. 2003. Distribución espacial y tendencias temporales de los niveles de metales traza en el litoral de Andalucía utilizando mejillón *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 como organismo indicador: 1991-2003. Instituto Español de Oceanografía, págs. 31-39.

CHEN, A. y Broce, K. 2015. Determinación de metales pesados mediante el uso del Artificial Mussel bajo condiciones controladas de pH, salinidad y temperatura: Estudio de validación. [Artículo] Veraguas: Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas de la Universidad Tecnológica de Panamá, 2015.

COLES *Alteration of the immune response of the common marine mussel *Mytilus edulis* resulting for exposure to cadmium . United Kingdom : Dis aqual Org, 1995.*

CORRALES, M. 2015. Acumulación de metales pesados en bivalvos y sus efectos tóxicos en la salud humana: Perspectivas para el estudio en Costa Rica. Portal de Revistas

Académicas de la Universidad de Costa Rica. [En línea] 20 de octubre de 2015. [Citado el: 23 de febrero de 2017.]

<http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/22603/24027>. 2215-3586.

COMBARIZA, David. 2009. Contaminación por metales pesados en el embalse de Muña y su relacion con los niveles en sangre de plomo, mercurio y cadmio y sus alteraciones de salud en los habitantes del municipio Sibaté (Cundinamarca) 2007. [En línea] 2009. [Citado el: 05 de octubre de 2016.]

<http://www.bdigital.unal.edu.co/2341/1/597588.2009.pdf>.

ESPINO, G., HERNÁNDEZ, S. y CARBAJAL, J. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V., 2000. 968-856-853-8.

GUILLEN, O., Ashtu, V. y AQUINO, R. 1980. Contaminación marina en el Perú. Lima: Instituto del Mar Peruano, 1980.

GUTIÉRREZ, E., y otros. 1992. ResearchGate. [En línea] diciembre de 1992. [Citado el: 20 de febrero de 2017.]

https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=Buu3u4UAAAJ&citation_for_view=Buu3u4UAAAJ:M3ejUd6NZC8C. 0185-3880.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNANDEZ, carlos y BAPTISTA, Pilar. 2010. Metodología de la Investigación. D.F.: McGRAW-HILL, 2010. 978-607-15-0291-9.

JACINTO, M. y Aguilar, S. 2007. Sistema de Bibliotecas y Biblioteca Central - UNMSM. [En línea] diciembre de 2007. [Citado el: 21 de febrero de 2017.] <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/v14n2/pdf/a24v14n2.pdf>. 1727-9933.

Llanes, C. y Gonzáles, N. 2002. Evaluación de los mejillones *Mytilopsis sallui* (Reclúz) y *Brachidontes exustus* (Linné) como bioindicadores de materia orgánica en la bahía de Chetumal, México. [Artículo] Chetumal: ECOSUR, 2002. 0186-2979.

LÓPEZ, Pedro. 2004. Población Muestra y Muestreo. Cochabamba: SCIELO, 2004. Vol. IX. 1815-0276.

MARÍN, A. 2007. Aproximación ecotoxicológica a la contaminación por metales pesados en la laguna costera del Mar Menor. [Tesis] Murcia: Departamento de Ecología e Hidrología, 2007.

MENDIZ, N. 2010. *Tagelus dombeii* (Lamarck, 1818): antecedentes de la especie. [Artículo] Puerto Montt: Sociedad Malacológica de Chile, 2010. 333-352.

ORDINOLA, E., Alemán, S. y VERA, M. 2013. Características biológicas de una población de *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae) en Zorritos, Tumbes, Perú. [Artículo] Zorritos: Revista peruana de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM, 2013. Vol. 20. 1561-0837.

PEREZ, Ramon. 2011. Efectos de los metales pesados en el medio ambiente y la salud humana. [Tesis] Pinar del Río: Universidad de Pinar del Río, 2011.

RAINBOW, P. *Ecophysiology of trace metal uptake in crustaceans.* [Article] London : Coastal and Shelf Science, 1997.

RAMÍREZ, Alberto. 2004. Postgrado UNE. Postgrado UNE. [En línea] - de enero de 2004. [Citado el: 10 de noviembre de 2016.

[http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/ALBERTORAMIREZMETODOLOGIA DELAINVESTIGACIONCIENTIFICA.pdf](http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/ALBERTORAMIREZMETODOLOGIADELAINVESTIGACIONCIENTIFICA.pdf).

SEGOVIA, J., y otros. 2003. *Mytilus californianus* transplantados como bioindicadores de surgencia a dos zonas en Baja California, México. Ciencias Marinas. [En línea] Setiembre de 2003. [Citado el: 10 de febrero de 2017.

<http://www.cienciasmarinas.com.mx/index.php/cmarinas/article/view/185.2395-9053>.

SIERRA, C. 2011. *Calidad del agua, evaluación y diagnóstico.* Bogotá : Ediciones de la U, 2011. 978-958-8692-06-7.

SIGUENCIA, R. 2010. Niveles de coliformes totales y *Echerichia coli* en bivalvos de interés comercial *Ostrea columbiensis* y *Mytella Guayanensis* (Molusca: Bivalvia) como bioindicador de contaminación biológica en el estero Puerto Hondo, provincia del Guayas - Ecuador. [Tesis] Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2010.

VELÁSQUEZ, D. 2005. Determinación de metales pesados en biota (*Mytilus chilensis*) y sedimentos de la bahía de Corral, provincia de Valdivia, X región. [Tesis] Valdivia: Escuela de Química y Farmacia, 2005.

Waldichuk, M. 1978. La contaminación mundial del mar: Una recopilación. [Colección técnica] Paris: UNESCO, 1978. 92-3-301551-3.

ANEXOS

ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE PLOMO (Pb) y CADMIO (Cd) USANDO EL BIVALVO (*TAGELUS DOMBEII*)

EN AGUAS DE LA BAHÍA DE LAGUNILLAS, ICA - 2019”

TIPO	PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALAS DE MEDICIÓN
GENERAL	¿Cómo evaluar el plomo (Pb) y cadmio (Cd) usando el bivalvo (<i>Tagelus dombeii</i>) en aguas de la bahía de	Evaluar el plomo (Pb) y cadmio (Cd) usando el bivalvo (<i>Tagelus dombeii</i>) en aguas de la bahía de	Bivalvo (<i>Tagelus dombeii</i>)	Según Baqueiro-Cardenas, [et al.] (2007), los bivalvos son organismos que filtran el agua para lograr alimentarse facilitando la	Se extrajeron muestras de: Bivalvos: mediante buceo semi-autónomo y se seleccionaron 8 tamaños de la especie (<i>Tagelus dombeii</i>) por sitio de muestreo.	Concentración del metal	Pb	mg/kg wwt
							Cd	mg/kg wwt

	Lagunillas, Ica - 2019?	Lagunillas – Ica 2019.		bioacumulación de metales en sus tejidos.	Se lavaron las muestras en laboratorio con agua des ionizada y se realizó el pesado, el control de los individuos. Luego se diseccionó (mu+ma+si+pie), los cuales fueron digestados para su calculo analítico.			
ESPECIFICO	- ¿Cuál es la concentración de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en el bivalvo (Tagelus dombeii) extraído en aguas de la bahía de Lagunillas, Ica - 2019?	- Determinar la concentración de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los tejidos del bivalvo (Tagelus dombeii) extraído en aguas de la bahía de Lagunillas, Ica – 2019.				Características	Peso	g
							Talla	cm

	<p>- ¿Cuáles son las características del bivalvo (Tagelus dombeii) extraído en aguas de la bahía de Lagunillas, Ica - 2019?</p>	<p>- Evaluar las características del bivalvo (Tagelus dombeii) extraído en aguas de la bahía de Lagunillas, Ica – 2019.</p>			<p>Se midió la concentración de Pb y Cd en tejidos comestibles mediante un estudio en el espectrofotómetro de absorción atómica.</p>			
--	--	--	--	--	---	--	--	--

ANEXO N° 2

FOTOGRAFÍAS DEL MUESTREO EN CAMPO Y DE LABORATORIO



FOTOGRAFÍA 1
*Preparando para la
extracción de
muestras*



FOTOGRAFÍA 2
*Coordinando con el
navegante*



FOTOGRAFÍA 3 y 4

*Separación de
muestras en placa
Petri para su lavado*



FOTOGRAFÍA 5 y 6

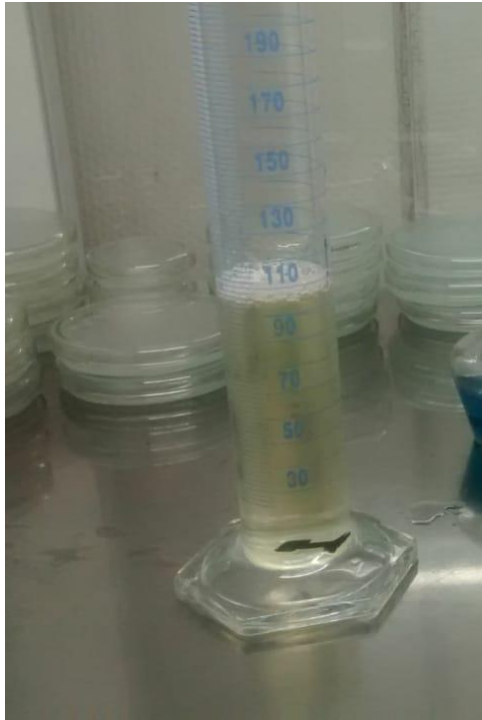
Disección de muestras



FOTOGRAFÍA 7
Biometría del bivalvo
Tagelus dombeii



FOTOGRAFÍA 8
Peso de muestra en vial



FOTOGRAFÍA 9 y 10

*Digestión acida con 5 ml de
ácido nítrico*





FOTOGRAFÍA 11

*Filtrado de muestras
digestadas*

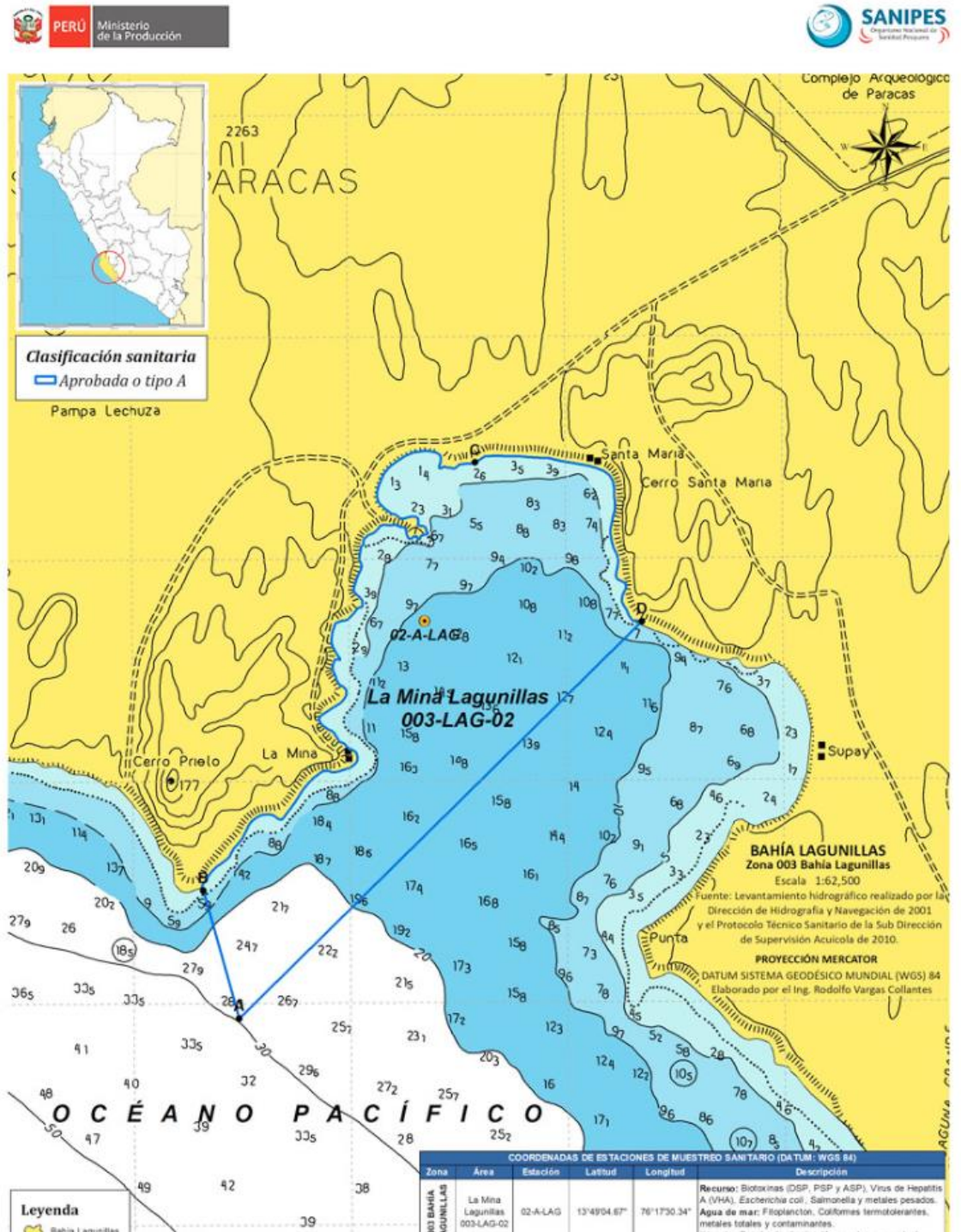


FOTOGRAFÍA 12

*Muestras listas para lectura
en espectrofotometría de
absorción atómica*

ANEXOS N° 3

IMAGEN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LA BAHÍA DE LAGUNILLAS



Fuente: Sanipes. Agosto, 2012

ANEXO N° 4

INFORME DE ANALISIS



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE : MITZEL MIREYHA QUISPE HUAHUACONDORI
PROCEDENCIA : PISCO / ICA
MUESTRA DE : EXTRACTOS TEJIDOS MUSCULAR
REFERENCIA : H.R. 65380
BOLETA : 630

N° LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd Ppm
4764	Blanco	0.000	0.000
4765	R1T1	0.120	0.570
4766	R1T2	0.190	0.130
4767	R2T1	0.720	1.480
4768	R2T2	0.190	1.730
4769	R3T1	0.060	0.700
4779	R3T2	0.750	0.930
4771	R4T1	0.160	0.750
4772	R4T2	0.110	1.300


Gedy García Bendejú
Jefe de Laboratorio



Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO N° 5

FIGURA N° 4

IMAGEN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA NAVAJUELA (TAGELUS DOMBEII)



Fuente: IMARPE. Diciembre, 2015