



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

“Calidad, Pertinencia y Calidez”

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA

TEMA:

**BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS (Pb, Hg, Cd) EN EL BIVALVO
Anadara tuberculosa EN CUATRO LOCALIDADES (Bajo Alto, Estero
Huayla, Puerto Hualtaco y Archipiélago de Jambelí) DE LA REGIÓN COSTERA
DE LA PROVINCIA DE EL ORO. 2014.**

AUTORA:

MARIA DEL CISNE ORDOÑEZ LUCIN

TUTORA:

Dra. MAIRIN JOSEFINA LEMUS BARRIOS, PhD.

MACHALA

EL ORO

ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

El presente trabajo de titulación **BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS (Pb, Hg, Cd) EN EL BIVALVO *Anadara tuberculosa* EN CUATRO LOCALIDADES (Bajo Alto, Estero Huayla, Puerto Hualtaco y Archipiélago de Jambelí) DE LA REGIÓN COSTERA DE LA PROVINCIA DE EL ORO. 2014.** realizado por la autora Srta. María Del Cisne Ordoñez Lucin, egresada de la carrera de Ingeniería Química, ha sido prolijamente dirigido y revisado, por lo tanto autorizo su presentación previa a la obtención del título de Ingeniera Química.

Dra. Mairin Lemus Barrios PhD.

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN.

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORIA

Yo MARÍA DEL CISNE ORDOÑEZ LUCIN, con cédula de ciudadanía 070654178-6, egresada de la Carrera de Ingeniería Química de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala, responsable del Presente Trabajo de Titulación titulado **BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS (Pb, Hg, Cd) EN EL BIVALVO *Anadara tuberculosa* EN CUATRO LOCALIDADES (Bajo Alto, Estero Huayla, Puerto Hualtaco y Archipiélago de Jambelí) DE LA REGIÓN COSTERA DE LA PROVINCIA DE EL ORO. 2014.** Certifico que la responsabilidad de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo pertenecen exclusivamente a mi autoría; una vez que ha sido aprobada por mi Tribunal de Sustentación autorizando su presentación. Deslindo a esta institución de Educación Superior de cualquier delito de plagio y cedo mis derechos de Autora a la Universidad Técnica de Machala para ella proceda a darle el uso que crea conveniente.

María Del Cisne Ordoñez Lucin
C.I. 0706541786
AUTORA

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

El presente trabajo de Titulación: Metodología utilizada, Resultados, Conclusiones y Recomendaciones son de responsabilidad única y exclusiva de la autora.

María Del Cisne Ordoñez Lucin
C.I. 0706541786
AUTORA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación principalmente a Dios y a mis padres que me brindaron su apoyo y fortaleza incondicionalmente en el desarrollo y transcurso de esta investigación, puesto que me brindan sabiduría, amor y paciencia, en los momentos más difíciles, a mi familia que es la parte fundamental de toda mi preparación académica.

También dedico este progreso a mi tutora de trabajo de titulación, quien me dio su sabiduría para la elaboración total del trabajo siendo así posible el desarrollo del mismo.

A los profesores que nos brindaron su sabiduría en varios campos del conocimiento ayudándonos así en varios aspectos que requerí para el desarrollo del trabajo de titulación.

María Del Cisne Ordoñez Lucin.

AGRADECIMIENTO

Luego de este arduo esfuerzo para llegar a ser profesional debo agradecer a todas las personas que hicieron posible que yo me convierta en una profesional.

Primeramente agradezco a mis padres, Javier Colon Ordoñez López y Francisca Diana Lucin Espinoza, los cuales me han apoyado económicamente y moralmente en este largo y forzoso camino, gracias por su paciencia ya que ellos son la parte esencial de mi vida porque me han permitido cumplir mis sueños y metas.

A mi hermano que ha estado junto a mí toda mi vida y que con cada consejo me ha hecho luchar cada día por lo que quiero a pesar de la dificultad que tenga.

Este trabajo de investigación fue realizado con la asesoría de mi tutora Dra. Mairin Lemus que gracias a su ayuda y tiempo ha permitido que este trabajo sea exitoso.

Al Ing. Byron Lapo Calderón por colaborar con los análisis de esta investigación, a los docentes que formaron parte de la comisión de revisión del trabajo de titulación y al Ing. Manuel Muñoz, que es un gran amigo y profesor el cual me ayudo incondicionalmente al inicio de este trabajo.

A mis maestros que compartieron conmigo sus conocimientos durante todo este tiempo para lograr ser una profesional, a la Universidad Técnica de Machala y a todos que conforman la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud y la Carrera de Ingeniería Química.

Gracias a mis amigos y a todos los que forman y formaron parte de este logro por estar junto a mí y apoyarme incondicionalmente para que pueda cumplir una de tantas metas en mi vida.

María Del Cisne Ordoñez Lucin.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	I
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORIA.....	II
RESPONSABILIDAD DEL AUTOR	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
JUSTIFICACIÓN.....	XIX
PROBLEMA	XX
OBJETIVOS.....	XXI
Objetivo General.....	XXI
Objetivos Específicos	XXI
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	XXI
HIPÓTESIS.....	XXII
Hipótesis General.....	XXII
Hipótesis Particular	XXII
VARIABLES	XXII
Variable Independiente	XXII
Variable Dependiente	XXII
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. CONTAMINACIÓN	1
1.1.1. Contaminación del agua	2
1.1.2. Contaminación marina	4
1.2. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS.....	5

1.2.1. La toxicidad de los Metales pesados	5
1.2.2. Origen de la contaminación por metales pesados.....	7
1.2.2.1. Origen natural.....	7
1.2.2.2. Origen antropogénico	8
1.2.3. Metales pesados	8
1.2.4. Metales pesados en los ecosistemas	10
1.2.5. Dinámica de los metales pesados.....	11
1.3. IMPORTANCIA DE LOS METALES PESADOS	11
1.4. METALES PESADOS OBJETOS DE ESTUDIO PLOMO, CADMIO Y MERCURIO	12
1.4.1. Plomo (Pb).....	12
1.4.1.1. Características generales.....	13
1.4.1.2. Fuentes de plomo	14
1.4.1.3. Usos industriales	15
1.4.1.4. Efectos ambientales del plomo.....	16
1.4.2. Cadmio (Cd).....	17
1.4.2.1. Efectos toxicológicos del cadmio.....	18
1.4.3. Mercurio (Hg)	19
1.4.3.1. Efectos toxicológicos del mercurio	20
1.4.3.2. Transporte y acumulación de mercurio.....	21
1.4.3.3. Contenido de mercurio en los organismos acuáticos	21
1.5. BIOACUMULACIÓN.....	21
1.6. BIOMONITOREO ACUÁTICO	22
1.7. MOLUSCOS COMO BIOINDICADORES.....	23
1.7.1. Bivalvos.....	24
1.8. CONCHA PRIETA “ <i>Anadara tuberculosa</i> ”.....	25
1.8.1. Clasificación científica de <i>Anadara tuberculosa</i>	26

1.8.2. Distribución geográfica y local.....	27
1.9. PESQUERÍA ARTESANAL DE LA CONCHA PRIETA EN EL ECUADOR	29
1.9.1. Importancia comercial de la <i>Anadara tuberculosa</i>	30
1.9.2. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	30
1.9.2.1. Espectrofotometría de absorción atómica a la flama	32
1.9.2.1.1. Las ventajas	32
1.9.2.1.2. Las dos desventajas.....	32
1.9.2.2. Espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros (GH-EAA).....	33
1.9.2.3. Producción de la Nube Atómica (Sistema Nebulizador-Quemador)	33
1.9.2.4. Aplicaciones de espectrofotometría.....	34
2. METODOLOGÍA	35
2.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
2.1.1. Tipo de investigación.....	35
2.3. UNIVERSO DE MUESTRA.....	37
2.4. ÁREA DE ESTUDIO	37
2.5. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS A UTILIZADOS.....	39
2.5.1. Reactivos.....	39
2.5.2. Equipos	40
2.5.3. Material de vidrio	40
2.5.4. Otros materiales	40
2.6. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	41
2.6.1. Toma de muestra	42
2.7. ANÁLISIS DE LOS ORGANISMOS	42
2.7.1. Preparación de las muestras.....	42
2.7.2. Digestión de las muestras para determinación de Cd, Pb y Hg.....	43
4.1. PREPARACIÓN DE ESTÁNDARES PARA CALIBRACIÓN DEL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA	44

4.1.1. Preparación de estándar de mercurio (Hg)	44
4.1.2. Preparación de estándar de plomo (Pb)	45
4.2. PROCESO PARA EL ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE METALES PESADOS EN EL BIVALVO <i>Anadara tuberculosa</i> EN EL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA	46
5. RESULTADOS	50
PARÁMETROS MORFOMÉTRICAS	50
ÍNDICE DE CONDICIÓN	50
5.1. MERCURIO Hg	54
5.2. CADMIO Cd	56
5.3. PLOMO Pb	58
5.4. CORRELACIONES MÚLTIPLES.	59
6. DISCUSION	60
7. CONCLUSIONES	64
8. RECOMENDACIONES	65
9. BIBLIOGRAFÍA	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Metales de interés en el agua.	6
Tabla 2: Contenidos máximos en metales pesados en Moluscos Bivalvos	7
Tabla 3: Clasificación de la dinámica de los metales pesados.	11
Tabla 4: Capacidad de respuesta de los bioindicadores.....	23
Tabla 5: Tipos de Bioindicadores	24
Tabla 6: Característica científica de la <i>Anadara tuberculosa</i>	27
Tabla 7: Temperatura de los gases.....	34
Tabla 8: Disolución de muestra patrón y concentraciones estándar de Hg.	44
Tabla 9: Disolución de muestra patrón y concentraciones estándar de Pb.....	45
Tabla 10: Disolución de muestra patrón y concentraciones estándar de Pb.....	46
Tabla 11: Límite detección en el espectrómetro de absorción atómica.....	47
Tabla 12: Resumen Estadístico para los parámetros morfométricos de <i>A. tuberculosa</i> de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.	50
Tabla 13: Resumen Estadístico para IC (índice de condición) de <i>A tuberculosa</i> de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.	51
Tabla 14: Kruskal-Wallis para IC (índice de condición) de <i>A tuberculosa</i> de cuatro localidades de la región costera de la Provincia de El Oro.....	51
Tabla 15: Homogeneidad de múltiples rangos para el índice de condición en las cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.	52
Tabla 16: Contraste y diferencia significativa entre las cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.....	53
Tabla 17: Resumen Estadístico del mercurio efectuado al organismo <i>A. tuberculosa</i> de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.	54
Tabla 18: Contraste de Kruskal-Wallis para la concentración de Hg en <i>A tuberculosa</i> de cuatro localidades de la región costera de la Provincia de El Oro.	54
Tabla 19: Homogeneidad de múltiples rangos para la concentración de Hg en <i>A. tuberculosa</i> de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.....	55
Tabla 20: Contraste y diferencia significativa entre la concentración de Hg en <i>A tuberculosa</i> y las cuatro localidades de la región costera de la Provincia de El Oro. ...	55
Tabla 21: Resumen Estadístico del Cadmio efectuado al organismo <i>A. tuberculosa</i> de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.	56

Tabla 22: Contraste de Kruskal-Wallis para la concentración de Cd en <i>A. tuberculosa</i> de cuatro localidades de la región costera de la Provincia de El Oro.	57
Tabla 23: Homogeneidad de múltiples rangos para la concentración de Cd en <i>A. tuberculosa</i> de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.	57
Tabla 24: Contraste y diferencia significativa entre la concentración de Cd en <i>A. tuberculosa</i> y las cuatro localidades de la región costera de la Provincia de El Oro. ...	58
Tabla 25. Correlaciones y análisis de regresión múltiple de <i>A. tuberculosa</i> de cuatro localidades de la región costera de la Provincia de El Oro.	59
Tabla 26: Niveles de mercurio y cadmio en diferentes bivalvos.	62
Tabla 27: Límites permisibles de metales pesados en los moluscos.	63

ÍNDICE DE FUGURAS

Figura 1: Contaminación del medio ambiente.	10
Figura 2: Estructura externa de un bivalvo.	24
Figura 3. Vista exterior de la valva <i>Anadara tuberculosa</i>	26
Figura 4: Vista interior de la valva <i>Anadara tuberculosa</i>	26
Figura 5: Distribución de la Concha <i>Anadara tuberculosa</i> y los países en donde son recolectados a excepción de los Estados Unidos.	28
Figura 6: Distribución local de la <i>A. tuberculosa</i>	29
Figura 7: Esquema de bloques de un espectrofotómetro de absorción atómica.	31
Figura 8: Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS).	34
Figura 9: Fotografía satelital de la Universidad Técnica de Machala	35
Figura 10: Mapa del perfil Costanero de la Provincia de El Oro.	36
Figura 11: Vista Geográfica del área de muestreo de Bajo Alto.	37
Figura 12: Vista geográfica del área de muestreo de Puerto Bolívar (Estero Huayla)...	38
Figura 13: Vista Geográfica del área de muestreo de Puerto Hualtaco.	38
Figura 14: Vista Geográfica del área de muestreo de la Isla Jambelí.	39
Figura 15: Mapa de los puntos de muestreo.	41
Figura 16: Diagrama de flujo general del proceso.	48
Figura 17: Diagrama de flujo específico del proceso de obtención y preparación de las muestras.	49
Figura 18: Índice de condición de los parámetros morfométricos de <i>A. tuberculosa</i> con respecto a cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.	53
Figura 19: Concentración de Mercurio que existen en las muestra de <i>A tuberculosa</i> de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.	56
Figura 20: Concentración de Cadmio que existen en las muestra de <i>A tuberculosa</i> de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Bivalvos <i>Anadara tuberculosa</i> recolectados en los diferentes puntos de muestreo.....	75
Anexo 2: Toma de medidas morfométricas del bivalvo	75
Anexo 3: Disección y peso del tejido de los bivalvos.	76
Anexo 4: Secado de las muestras en la estufa a 50°C durante 48 horas.	76
Anexo 5: Digestión de las muestras con ácido nítrico concentrado.	77
Anexo 6: Baño maría de las muestras digeridas.	78
Anexo 7: Filtrado de las muestras digeridas.	78
Anexo 8: Lectura de los metales en el equipo de espectrofotometría de absorción atómica.....	79

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo la Bioacumulación de metales pesados en bivalvos *Anadara tuberculosa* en cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro, el cual se describe a la contaminación que existe en la biota marina. En la Región Costera de la Provincia de El Oro se ha visto una gran contaminación, ya que la persistencia de los metales pesados causa un gran impacto en el medio ambiente debido a que no son biodegradables y poseen un potencial de bioacumulación en los organismos vivos. En el presente trabajo se determinó la concentración de metales pesados (Pb, Cd y Hg), mediante espectrofotometría de absorción atómica, en un molusco bivalvo de interés comercial (*Anadara tuberculosa*) de cuatro localidades (Bajo Alto, Estero Huayla, Puerto Hualtaco y Archipiélago de Jambelí) de la Región Costera de la Provincia de El Oro. La especie de estudio fue recolectada, pesada, secada, luego se procedió a realizar la digestión de las muestras, y se determinó la cantidad de metales presentes en el organismo. Las concentraciones de metales pesados se determinaron en el equipo de absorción atómica con generador de hidruros. Los resultados obtenidos de Hg fueron en Bajo Alto ($303,67 \pm 251,3$), Archipiélago de Jambelí ($684,3 \pm 274,01$), Estero Huayla ($242,865 \pm 220,054$) Puerto Hualtaco ($1743,92 \pm 1698,45$). Los niveles de Pb fueron no detectables o son muy bajos para el límite de detección del equipo de EAA. Mientras que los resultados de cadmio fueron de bajo alto ($3,97 \pm 2,49$), Archipiélago de Jambelí ($1,96 \pm 1,45$), Estero Huayla ($1,40 \pm 0,75$) Puerto Hualtaco ($3,52 \pm 2,90$). Estos resultados nos demuestran que en Puerto Hualtaco existe mayor concentración de Hg y en Bajo Alto una elevada concentración de cadmio, determinando gran concentración de metales pesados en esta área debido a incorporación y bioacumulación de material particulado presente en los sedimentos provenientes de descargas de aguas y sedimentos de ríos y desechos domésticos de zonas rurales que se encuentran cerca de Puerto Hualtaco.

Palabras claves: Metales pesados, tejidos de organismo, región costera, bioacumulación, espectrofotometría de absorción atómica.

ABSTRACT

The present investigation concerns the bioaccumulation of heavy metals in bivalves *Anadara tuberculosa* at four locations in the Coastal Region of the Province of El Oro, which is described to the pollution that exists in the marine biota. The Coastal Region of the Province of El Oro has been a great deal of pollution, because the persistence of the heavy metals cause a great impact on the environment because they are not biodegradable and have a potential to bioaccumulate in living organisms. In the present work, we determined the concentration of heavy metals (Pb, Cd and Hg), by atomic absorption spectrophotometry in a bivalve mollusc of commercial interest (*Anadara tuberculosa*) from four localities (Low High, Estero Huayla, Puerto Hualtaco and Archipelago of Jambelí) of the Coastal Region of the Province of El Oro. The kind of study was collected, heavy, dried, then proceeded to carry out the digestion of the samples, and determined the amount of metals present in the body. Heavy metal concentrations were determined in the computer of atomic absorption with hydride generator. The results obtained from Hg were in low high (303.67 ± 251.3), Archipelago of Jambelí (684.3 ± 274.01), Estero Huayla (242.865 ± 220.054) Puerto Hualtaco (1698.45 ± 1743.92). The levels of Pb were not detectable or are very low to the detection limit of the equipment of EAA. While the results of cadmium were low-high (3.97 ± 2.49), Archipelago of Jambelí (1.96 ± 1.45), Estero Huayla (1.40 ± 0.75) Puerto Hualtaco (3.52 ± 2.90). These results demonstrate that in Puerto Hualtaco there is a greater concentration of Hg and Low High a high concentration of cadmium, determining high concentrations of heavy metals in this area due to uptake and bioaccumulation of particulate matter present in sediments from water discharges and river sediments and household waste in rural areas that are close to Puerto Hualtaco.

Keywords: Heavy metals, body tissues, coastal region, bioacumulación, atomic absorption spectrophotometry.

INTRODUCCIÓN

Las actividades realizadas por el hombre para lograr un mayor bienestar han traído como consecuencia la producción de subproductos que no son aprovechables y que forman parte de materiales que la naturaleza no es capaz de degradar a corto plazo formando parte de lo que llamamos contaminantes para la biosfera. Estos contaminantes pueden ser de origen orgánico e inorgánico y generalmente van a parar a los diferentes cuerpos de agua. Bien sea porque son descargados como efluentes a los cuerpos de agua o transportados a través de la deposición atmosférica

Alrededor del 70%–75% de la contaminación marina global es producto de las actividades humanas que tienen lugar en la superficie terrestre. Un 90% de los contaminantes es transportado por los ríos al mar. Por otro parte, entre un 70% y 80% de la población se ubica en las costas o cerca de ellas, especialmente en zonas urbanas, donde una gran parte importante de los desechos que allí se generan se deposita directamente en el océano (ESCOBAR, 2002).

Como resultado, en el incremento de las actividades antrópicas, muchos ecosistemas, están siendo afectados, entre los que se encuentran los bosques de manglar, lagunas costeras y otros lugares de inter-fase entre la tierra y el mar, han sido alterados más allá de su capacidad de recuperación. (ESCOBAR, 2002)

La Provincia de El Oro es considerada una de las más ricas y fértiles Provincia, que cuenta el Ecuador, gracias a sus recursos naturales y diversidad hidrológica, sin embargo gran producción bananera, camaronera, y aurífera afectan los cuerpos de agua de la Provincia. Se desconocen las consecuencias de la explotación de estas actividades a largo plazo, sin embargo ya se comienza a observar el deterioro de muchos de los ecosistemas marinos costeros, lo cual han generado impactos negativos en la biodiversidad y menor abundancia de las especies marinas. Esto es ocasionado al

descontrolado uso de agroquímicos, antibióticos, y material minero en dichas actividades (Espinoza, 2014).

Parte de los contaminantes son los metales, cuya toxicidad se ha considerado relevante para los cuerpos de agua particularmente aquellos elementos que se han catalogado como muy tóxicos para la biota incluyendo el hombre. (Patricia Ramírez Romero, 2008). Particularmente el Pb, Cd y Hg son elementos que fácilmente se pueden acumular en los tejidos de los organismos, Particularmente, en los ecosistemas acuáticos, son los depósitos finales de metales, los sedimentos que acomplejan diferentes especies del metal, se produce la mayor transferencia de los metales desde el componente abiótico hasta el biótico. (Ramírez & Mendoza, 2008)

Los metales pesados constituyen uno de los grupos de xenobióticos que afectan más negativamente a las zonas costeras, produciendo un alto riesgo para la salud de todos los organismos vivos (Pérez, Méndez, Alonso, & Melgar, 2004). Durante el proceso de las actividades industriales, se han generado problemas de contaminación por vertimientos con alta carga de metales pesados como el Cd, Pb, Hg, y otros metales que se generan durante y después de un proceso industrial.

La bioacumulación de los metales en los bivalvos permite determinar el grado de impacto en los ecosistemas, que potencialmente están siendo afectadas por las actividades del hombre permitiendo determinar correctivos a lo que haya lugar para evitar la contaminación de los recursos pesqueros y su efecto perjudicial sobre la salud humana. La bioacumulación es el proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas a las concentraciones en el medio ambiente o en los alimentos. Las sustancias propensas a la bioacumulación alcanzan concentraciones crecientes a medida que se avanza en el nivel trófico en la cadena alimenticia. (Zambrano M. , Casanova, Arencibia, & Vidal, 2012)

Al respecto, cabe indicar que los bivalvos, por su capacidad de bioacumular los metales en los tejidos han sido utilizados como biomonitores, para evaluar la contaminación de

los ecosistemas, debido a que estos organismos presentan una alimentación por filtración ya que son organismos sedentarios es decir de poco desplazamiento.

Las conchas negras o piangua hembra *Anadara tuberculosa* que se distribuyen en el Pacífico americano desde California hasta el norte de Perú, siendo uno de los organismos característicos que habitan los ecosistemas de manglar. En el libro *Sea Shells of Tropical West América* (Keen, 1971), se describe a *Anadara tuberculosa* como una especie con conchas grandes ovalada, más bien gruesa, de 33 a 37 costillas, el margen dorsal ligeramente angulado en cada extremo, nodos en las costillas, especialmente en el extremo anterior, son la razón del nombre específico. Cuenta con una longitud de 56 mm, altura de 42 mm y diámetro de 40 mm. Es uno de los moluscos alimenticios más importantes de la costa centroamericana, está muy cotizadas por los pescadores, incluso hasta el sur de Perú (Ramírez & Alvaro, 2009).

Esta especie representa una buena alternativa para la diversificación de la acuicultura en el Ecuador, siendo uno de los bivalvos marinos más conocidos desde el punto de vista productivo y económico. Dicho el punto de vista socio-económico de las poblaciones pesqueras que dependen de esta especie, es recomendable iniciar esfuerzos para poder tender a la mejora de la disponibilidad de este molusco en el medio natural (Samaniego, 2013).

El presente trabajo, ha sido elaborado con la finalidad de determinar la concentración Hg, Pb y Cd, en cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro, con el propósito de poder realizar un diagnóstico de metales pesados y su impacto en la biodiversidad marino costera y que se encuentren dentro de los límites permisibles para el consumo humano, ya que es de gran interés comercial para la Provincia.

JUSTIFICACIÓN

En el presente trabajo se realizara la medición de las concentraciones de los metales Pb, Cd y Hg en el bivalvo *Anadara tuberculosa*, ya que estos elementos son altamente tóxicos por su gran persistencia y fácil incorporación a la biota. El mecanismo por medio del cual estos metales son incorporados en un organismo se denomina Bioacumulación, y no es más que la entrada del tóxico a sus diferentes compartimientos celulares.

La bioacumulación en bivalvos ha sido ampliamente estudiada debido que estos organismos son filtradores, sésiles y abundantes (Salamanca, Jara, & Rodríguez, 2004) y particularmente la *Anadara tuberculosa* es un bivalvo de gran importancia comercial.

Para ello se empleará una especie de bivalvo (*Anadara tuberculosa*) de gran importancia tanto para el comercio como para el consumo interno en las comunidades que se encuentran en la región costera de la Provincia de El Oro, con la finalidad de dar a conocer la importancia de estos organismos como bio-indicadores de contaminación por metales pesados y el potencial riesgo a la salud humana que podría generar el consumo de estos organismos.

La medición de la concentración de los metales se realizara para dar a conocer que tan contaminados se encuentran los bivalvos en las localidades de estudio y que tan persistentes son el los organismos acuático. Para que las comunidades y autoridades tomen medidas de remediación sobre la contaminación que existe en la región costera, ya que no solo afecta al ecosistema acuático, sino también a las personas que lo consumen. Si existe una concentración que sobre pase los límites permisibles de metales pesados en el bivalvo, esto causara una intoxicación por metales pesados.

La investigación ayudará a disponer de elementos de juicio científicamente probados para la toma de decisiones que a fin de que no se destruya el ecosistema fluvial y del mismo modo a que se planten medidas de remediación debido a que los organismos que viven en el medio acuático son de gran interés comercial para las comunidades que habitan cerca de las localidades de estudio.

Para la obtención de los niveles de metales pesados, los análisis se realizaran mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica, dicho equipo de espectrofotometría se encuentra en el laboratorio de investigación de la Universidad Técnica de Machala, en la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud

PROBLEMA

En la Región Costera de la Provincia de El Oro, no existe ningún estudio sobre el nivel de metales pesados en el bivalvo *Anadara tuberculosa*, por ello se llevara a cabo la realización de un proyecto que implique el estudio de la contaminación de esta especie la cual es de gran importancia comercial en nuestra Provincia.

Con este estudio se dará a conocer el nivel de contaminación de metales pesados en el bivalvo (*A. tuberculosa*), conociendo a su vez si las concentraciones elevadas de los metales pesados se encuentra dentro de las normativas internacionales para consumo humano y para así poder plantear medidas de remediación a la región costera de la Provincia de El Oro.

La contaminación de la Región Costera de la Provincia de El Oro se ha visto afectada por algunos factores, entre ellos tenemos; el rápido desarrollo industrial y el crecimiento poblacional que han traído como consecuencia niveles de contaminación muy elevados y daños en el medio acuático, debido a que en él se depositan una gran variedad de residuos orgánicos e inorgánicos, que conlleva a la desaparición de insectos, peces y trae como consecuencia la destrucción del ecosistema fluvial. La calidad de las aguas de los mares del perfil costanero de la Provincia de El Oro se ha visto afectada por las descargas de agua residual que recibe continuamente (Majluf, 2002).

Algunos desechos industriales y municipales llegan al mar por medio de los ríos, otros se descargan directamente a mar abierto; entre los contaminantes que provienen de los ríos se encuentran la minería, agricultura y otras actividades humanas; siendo los metales pesados los que constituyen los principales elementos contaminantes.

La persistencia de los metales pesados causa un gran impacto en el medio ambiente ya que estos no son biodegradables y poseen un potencial de bioacumulación en los organismos vivos. Entre los metales que se destacan por su toxicidad y su mayor presencia en el medio ambiente está el Hg, el Cd y el Pb.

Problema central.

¿Qué efecto causa la contaminación de la Región Costera de la Provincia de El Oro, en la bioacumulación de los metales pesados en el bivalvo *Anadara Tuberculosa*?

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la concentración de metales pesados (Pb, Cd y Hg), mediante espectrofotometría de absorción atómica, en un molusco bivalvo de interés comercial (*Anadara tuberculosa*) de cuatro localidades (Bajo Alto, (Estero Huayla, Puerto Hualtaco y Archipiélago de Jambelí) de la Región Costera de la Provincia de El Oro.

Objetivos Específicos

- Cuantificar la concentración de metales pesados (Pb, Cd y Hg) en el molusco bivalvo *A. tuberculosa* colectados en cuatro sitios de la Región Costera de la Provincia de El Oro.
- Realizar un análisis comparativo de las concentraciones de metales pesados en el molusco bivalvo de interés comercial de las muestras recolectadas en los cuatro lugares de la Región Costera de la Provincia de El Oro.
- Analizar si los niveles de metales pesados en el bivalvo están dentro de los parámetros establecidos en las Normas Internacionales.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Qué nivel de concentraciones de Pb, Cd y Hg se encuentra en la *Anadara tuberculosa*?
- ¿Las concentraciones de metales en el bivalvo (*Anadara tuberculosa*) están dentro de los parámetros normales?
- ¿Qué diferencia de concentraciones existe entre las especies recolectadas en las cuatro localidades?

HIPÓTESIS

Hipótesis General

Existen concentraciones altas de metales pesados (Pb, Cd y Hg) en el bivalvo de interés comercial colectados en las cuatro localidades (Bajo Alto, Estero Huayla, Puerto Hualtaco y Archipiélago de Jambelí) de la Región Costera de El Oro.

Hipótesis Particular

- Las cuatro localidades de muestreo tienen altas concentraciones de Pb, Cd y Hg.
- Existen diferencias en las concentraciones de metales pesados (Pb, Cd y Hg) entre los moluscos bivalvos recolectados en las cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.

VARIABLES

Variable Independiente

Bivalvo *Anadara tuberculosa* conocida comúnmente como concha prieta.

Variable Dependiente

La concentración de los metales pesados (Pb, Cd y Hg) que se encuentran en el bivalvo.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. CONTAMINACIÓN

La contaminación es todo cambio que perjudica las características físicas, químicas y biológicas en el aire, la tierra o el agua, que puede afectar nocivamente a la vida humana, las especies beneficiosas, las condiciones de vida del ser humano y puede malgastar y deteriorar los recursos naturales renovables (Atilo, 2007).

Los elementos contaminantes son los residuos de las actividades realizadas por el ser humano. La contaminación aumenta, a medida que la gente se multiplica y el espacio disponible para cada persona se hace más pequeño, de manera que la contaminación aumenta cada año dependiendo de lo que desecha cada persona en el mundo. (Atilo, 2007)

La contaminación puede resultar difícil de clasificar en los ecosistemas terrestres y acuáticos o cualquier tipo de fenómeno natural. Los métodos de clasificación más empleados son los realizados según el medio como son: aire, agua, suelo, etc. Y según el elemento contaminante tenemos el Pb, Cd, Hg, dióxido de carbono entre otros (Atilo, 2007).

Es importante reconocer dos tipos básicos de contaminantes. En primer lugar los contaminantes no degradables, esto son, los materiales y venenos, como los recipientes de aluminio, las sales de Hg, las sustancias químicas fenólicas de cadena larga y el DDT (dicloro difenil tricloro-etano) que no se degradan, o lo hacen muy lentamente en el medio natural; en otros términos, son sustancias para las que aún no se ha desarrollado un proceso de tratamiento que sea idóneo de compensar con la intensidad de suministro del hombre al ecosistema (Orozco, Gonzales, Rodriguez, & Alfayate, 2003)

Estos contaminantes no degradables no sólo se acumulan sino que además resultan a menudo "magnificados biológicamente" a medida que circulan por los ciclos biogeoquímicos y a lo largo de las cadenas de alimentos. Esto significa que algunas sustancias a medida que pasan de un eslabón a otro de la cadena se concentran en algún lugar para dispersarse (Atilo, 2007).

En segundo lugar están los contaminantes biodegradables, como las aguas negras domésticas, que se alteran rápidamente por medio de procesos naturales o en sistemas de ingeniería (como el tratamiento de aguas negras), que refuerza la gran capacidad de la naturaleza para descomponer y poner nuevamente en circulación al agua. Esta categoría incluye aquellas sustancias para las que existen mecanismos naturales de tratamiento de desechos. El calor, o la contaminación térmica, pueden considerarse como pertenecientes a esta categoría, puesto que son dispersados por distintos medios (Atilo, 2007).

1.1.1. Contaminación del agua

La contaminación del agua es un problema que se da en todos los niveles y lugares del mundo y está relacionado con la contaminación del aire y con el modo en que el hombre utiliza los recursos de la Tierra (Cardenas, 2009).

La contaminación consiste en una modificación de la calidad del agua, generalmente, provocada por el hombre, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (Orozco, Gonzales, Rodriguez, & Alfayate, 2003).

Las causas más comunes de contaminación del agua provienen de aguas residuales urbanos, aguas residuales industriales; aguas residuales originados por la explotación de la minería; aguas residuales originados por las explotaciones agropecuarias; aguas residuales de temperatura elevada proveniente de la actividad industrial y, por último, descarga de sólidos (Atilo, 2007).

➤ Aguas residuales urbanos

Son los vertidos que se generan de la población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos. Los aportes que generan esta agua son: aguas negras o fecales, aguas de lavado doméstico, de limpieza de calles, aguas de lluvia y lixiviados. Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos (Monosalvas, 2007).

La materia orgánica conducida por las aguas residuales de este tipo origina graves problemas de contaminación por la reducción del oxígeno disuelto en el agua debido a la acción bacteriana que descompone la materia orgánica, reducción que puede llegar a anular ese oxígeno. Los detergentes, los materiales plásticos y los microorganismos patógenos agudizan el problema (Atilo, 2007).

Los detergentes sintéticos se extendieron al uso doméstico, a partir de la última guerra mundial. Se distinguen, por su característica de biodegradables y no biodegradables. Estos últimos aportan una forma de contaminación de las aguas de difícil tratamiento. La legislación de diferentes países desarrollados ha limitado o prohibido su fabricación. Los problemas más comunes son los de dificultar la reoxigenación del agua, la producción de espumas y la inhibición de la acción bacteriana en las plantas de depuración (Atilo, 2007).

➤ **Aguas residuales industriales**

Son aquellas provenientes de algún proceso de producción, transformación o manipulación que utilice el agua. Son mucho más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar. Su caudal y composición son muy variables, y son propios de cada industria; incluso dentro de misma industria hay variaciones en cuanto al caudal y composición. No siempre se emiten vertidos de forma continua, si no únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas de año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial (Monosalvas, 2007).

Los desagües industriales constituyen, juntamente con los cloacales, las causas fundamentales de contaminación del agua. Los desagües industriales son de gran variabilidad según el tipo de industria, no sólo en cuanto a las características del líquido, sino también en cuanto a los caudales vertidos (Atilo, 2007). Se los puede clasificar de la siguiente forma:

- **Aguas residuales con impurezas minerales**

Corresponden a industrias como las metalúrgicas, las electroquímicas, electrónicas, galvanoplastia, etc.

Su forma de contaminación es química; contienen frecuentemente elementos tóxicos importantes como Pb, zinc, Cd, níquel, cromo y Hg (Atilo, 2007).

➤ **Aguas residuales con impurezas orgánicas**

Corresponden a industrias como la lechera, textil, azucarera, de la carne, etc. Su forma de contaminación es biológica (Morlans, 2004).

1.1.2. Contaminación marina

(Clynn, 1999) Manifiesta que los compuestos orgánicos son disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Los contaminantes orgánicos consumen el oxígeno disuelto en el agua y afectan a la vida acuática (eutrofización). Las concentraciones anormales de compuestos de nitrógeno en el agua, tales como el amoníaco o los cloruros se utilizan como índice de la presencia de dichas impurezas contaminantes en el agua (Spiro & Stigliani., 2004).

Los contaminantes físicos afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan interfieren con la flora y fauna acuáticas. Estos son caracterizados por un intercambio de energía entre persona y ambiente en una dimensión y/o velocidad tan alta que el organismo no es capaz de soportarlo. Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre, así como, espumas, residuos oleaginosos y el calor (contaminación térmica) (Spiro & Stigliani., 2004).

1.1.2.1. Contaminación Marina en Ecuador

“Las costas y estuarios ecuatorianos se encuentran afectados, en diferentes grados, por una serie de contaminantes: desechos industriales además de los domésticos, hidrocarburos y basura” (Da Ros, 1995).

Las provincias que integran este Perfil Costanero Ecuatoriano son Esmeraldas, Manabí, Guayas y el Oro, las mismas que albergan aproximadamente la mitad de la población

ecuatoriana, razón por la que en función del desarrollo industrial, poblacional y turístico, remitirán más problemas de contaminación ambiental (Da Ros, 1995)

El medio marino y costero tiene una gran incidencia en Ecuador, porque aporta al desarrollo social y económico del país, esto se debe a que la mitad de la población del país vive del mar (pesca pelágica, demersal, migratoria y artesanal; industrias turística, acuícola y agrícola). El perfil Costanero consta de 1480 Km² de Manglar (Humana, Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad, 2014).

Las descargas contaminantes que llegan a través de las corrientes fluviales al mar, su receptor final, contiene una serie de elementos físicos, químicos y biológicos que alteran la calidad del ecosistema marino y en último término, la salud humana (Da Ros, 1995).

1.2. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS

Al hablar de contaminación por metales, en general se hace referencia a los problemas ocasionados por los metales pesados, sin embargo, no podemos ignorar que también otros metales que aunque no resulten como tóxicos para el hombre en la cantidad que habitualmente podemos llegar a encontrarlos, si pueden ocasionar problemas en determinados casos específicos, tales como la utilización en riego de aguas que los contienen. No obstante, en este apartado vamos a concentrarnos en el estudio de metales tóxicos. El término de metales pesados viene a partir de que estos son pertenecientes al grupo de elementos con densidades muy altas (Orozco, Gonzales, Rodriguez, & Alfayate, 2003).

Los metales pesados son los contaminantes más peligrosos, debido a que no son biodegradables y a su potencial de bioacumulación en los organismos vivos. Entre ellos, destacan por su toxicidad y su mayor presencia en el medio ambiente el Hg Pb y Cd (Orozco, Gonzales, Rodriguez, & Alfayate, 2003).

1.2.1. La toxicidad de los Metales pesados

“Algunos metales son necesarios para los seres vivos, pero pueden llegar a ser tóxicos si rebasan ciertas concentraciones, a éstos últimos se les llama con frecuencia ‘metales pesados’.

Se entiende por metal pesado aquel cuya densidad es mayor de 5 g/cm³, pero la costumbre ha hecho que la connotación se emplee para aquéllos que son tóxicos y que en realidad abarcan los grupos de transición y postransición (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn), al igual que el de los metaloides (As y Se).

En consecuencia, los metales pesados, como se acostumbra entender en ingeniería ambiental, no son todos metales ni todos pesados, desde el punto de vista químico. La tabla 1 muestra los metales de mayor importancia en el agua, en la que se encuentran en forma iónica, y los clasifica en prioritarios y no prioritarios, además de verse detallada su densidad” (Jiménez, 2001).

Tabla 1: Metales de interés en el agua.

Metales no Prioritarios pero de interés en el Agua		Metales Prioritarios	
Nombre	Densidad g/m³	Nombre	Densidad g/m³
Aluminio	2.70	Antimonio	6.62
Bario	3.50	Arsénico	5.53
Calcio	1.55	Berilio	1.85
Fierro	7.86	Cd	8.64
Manganeso	7.30	Cromo	6.93
Magnesio	1.74	Cobre	8.89
Potasio	0.86	Mercurio	13.60
Sodio	0.97	Níquel	8.80
Vanadio	6.10	Plomo	11.40
		Selenio	4.82
		Talio	16.60
		Zinc	7.14

Fuente: (Jiménez, 2001)

“Aunque el vapor de Hg es altamente tóxico, los tres metales pesados Hg, Pb, Cd no son particularmente tóxicos como elementos libres en su forma condensada. Sin embargo, los tres son peligrosos forma catiónica y también enlazados a cadenas cortas de átomos de carbono. Bioquímicamente, el mecanismo de su acción tóxica proviene de la fuerte afinidad de los cationes por el azufre.

Así, los grupos “sulfhidrido”, —SH, los cuales están presentes comúnmente en los enzimas que controlan la velocidad de las reacciones metabólicas críticas en el cuerpo humano, se enlazan fácilmente a los cationes metálicos ingeridos o a las moléculas que contienen los metales” (Baird, 2001).

La intoxicación por metales pesados ha provocado una gran preocupación en entidades internacionales dedicadas al cuidado de la salud de las personas como la Organización Mundial de la Salud, la FAO y UE, las mismas que han planteado límites permisibles en los diferentes alimentos, debido a que en algunos países han ocurrido casos en los que han tenido que retirar productos del mercado por contener un elevado contenido de metales (Camean, 1995).

La continua exposición o ingesta indirecta de estos metales causa problemas graves en la salud que pueden ser desde problemas psicológicos, cutáneos o en los casos más crónicos cáncer.

Tabla 2: Contenidos máximos en metales pesados en Moluscos Bivalvos

Metal	Contenido Máximo en Moluscos Bivalvos (mg/Kg peso fresco)
Plomo	1.5
Cadmio	1.0
Mercurio	0.5

Fuente: (Union Europea, 2014)

1.2.2. Origen de la contaminación por metales pesados

1.2.2.1. Origen natural

Los metales pesados han existido desde siempre en la corteza terrestre, estos metales al meteorizarse se concentran en los suelos. Las concentraciones naturales de metales pesados en algún momento pueden llegar a ser tóxicas, ya que éstos tienen la capacidad de acumularse principalmente en plantas y producir efectos tóxicos para todos aquellos organismos que las consumen.

Las rocas ígneas ultra básicas (peridotitas y serpentinas) revelan los más altos contenidos en metales pesados, seguidas de las rocas ígneas básicas (gabros y basaltos). Las menores concentraciones se encuentran en las rocas ígneas ácidas (granito) y en las sedimentarias como las areniscas y las calizas.

Los porcentajes más altos se dan para el Cr, Mn y Ni, mientras que el Co, Cu, Zn y Pb se presentan en menores cantidades, siendo mínimos los contenidos para el As, Cd y Hg (Sanchez, 2003).

El proceso natural de transformación de las rocas que originan los suelos producen parte de los metales pesados, aunque estos son originados de forma natural se encuentren a bajas concentraciones, por lo cual no suelen superar los límites de toxicidad y además se encuentran bajo formas muy poco asimilables para los organismos (Bautista., 1999).

1.2.2.2. Origen antropogénico

La concentración de metales pesados y su movilidad en suelos ha aumentado por causas no naturales, la actividad humana la fuente principal de este incremento de contaminación por metales pesados. Las actividades humanas que provocan la modificación del contenido natural de los metales pesados son variadas como lo son: los vertidos industriales, vertidos procedentes de actividades mineras, aplicación de productos químicos agrícolas, lodos residuales, gases de combustión, emisión de partículas por automóviles y por último aunque no es menos importante, los residuos sólidos de origen doméstico. (Sanchez, 2003)

1.2.3. Metales pesados

El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones incluso muy bajas. Los ejemplos de metales pesados o algunos metaloides, incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), y plomo (Pb), entre otros (Constantino & Ivarez, 2004).

Los metales pesados se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos.

No pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Prieto, González, Román, & Prieto, 2009).

Son peligrosos porque tienden a bioacumularse en diferentes cultivos. La bioacumulación significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo vivo en un cierto plazo de tiempo, comparada a la concentración de dicho producto químico en el ambiente (Prieto, González, Román, & Prieto, 2009).

Existe preocupación en Salud Pública por su toxicidad aguda y crónica y por la amplia variedad de fuentes de exposición. Entre los metales que generan preocupación por su exposición ambiental, vía alimentaria principalmente, se encuentran el Pb, el cromo, el Cd y el Hg (Begoña, Oleagoitia, Aurrekoetxea, & Ibarluzea, 2008).

En los sistemas acuáticos los metales son introducidos como resultado de la acción de procesos naturales y antropogénicos. Es así que el origen natural depende de la composición de la roca madre originaria y de los procesos erosivos sufridos por los materiales que conforman el mismo (Adriano, 2013). Mientras que el origen antropogénico procede de la intervención humana en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados.

Los metales, en cantidades mínimas o trazas, pueden ejercer efectos positivos sobre los seres vivos. Algunos de ellos en determinadas concentraciones, siempre menores al 0,01% de la masa total del organismo, son elementos esenciales para la vida. (Wittmann, 1981). No obstante, pequeñas variaciones de sus concentraciones, pueden producir efectos nocivos, a veces graves, crónicos e incluso letales sobre los seres vivos.

Otro aspecto importante a considerar es la presencia simultánea (mezcla) de los metales pesados, ya que sus efectos pueden ser tanto tóxicamente sinérgicos o antagónicos (la toxicidad se reduce al mezclarse), por tanto existe cierta dificultad para predecir los efectos reales de los contaminantes en el medio.

Los efectos de un compuesto o de la mezcla de ellos pueden ser inocuos, letales o sub-letales (no matan al individuo pero producen daños a nivel genético o fisiológico).

Con frecuencia, los daños sub-letales suelen ser más perjudiciales para la población en general, ya que afectan al desarrollo o a la reproducción (Navarro, Alonso, & J.R., 2007).

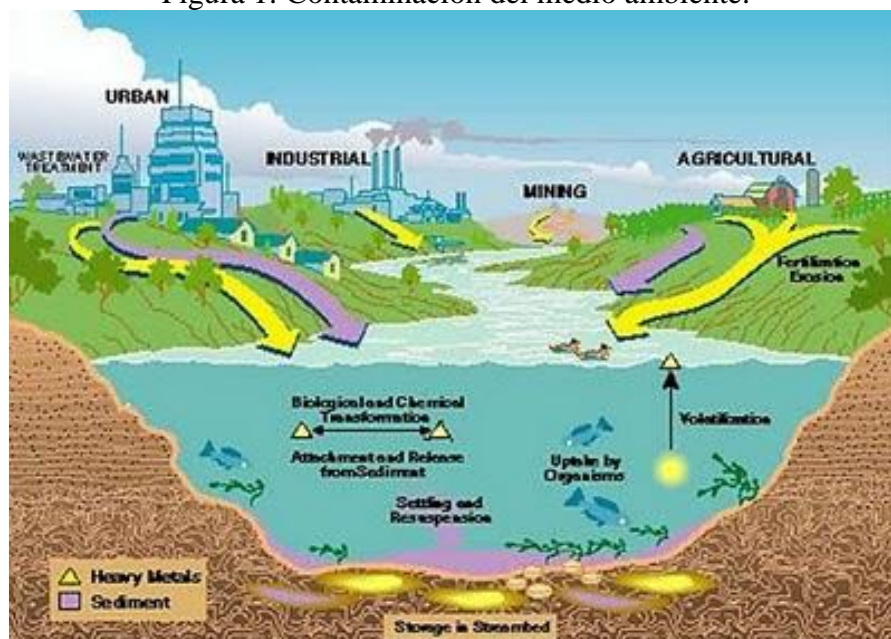
1.2.4. Metales pesados en los ecosistemas

Los metales pesados constituyen uno de los grupos de xenobióticos que afectan más negativamente a las zonas costeras, hábitat de la mitad de los recursos pesqueros del Planeta, constituyendo por tanto un serio riesgo para la salud de todos los organismos vivos. A partir de actividades industriales, se han generado problemas de contaminación por vertimientos con alta carga de metales pesados como el Cd, Pb y níquel (Pérez, 2000).

➤ Daños en el ecosistema

La persistencia del Hg, Pb y Cd en el medio ambiente al igual que otros contaminantes metálicos, es desfavorable para la flora y fauna, con repercusiones indeseables para los humanos. De igual manera se manifiesta en los sistemas acuáticos, debido a que en algunos casos las reacciones de esos elementos desembocan en formas más tóxicas de los metales. Uno de los problemas más graves es la amplificación biológica de los elementos en la cadena trófica. Es conocido que el Hg y sus compuestos son tóxicos para todos los organismos vivos posteriormente estos pueden producir una serie de desórdenes neurológicos, fisiológicos, de actividad enzimática, efectos teratogénicos, mutagénicos, desarrollo de problemas de reproducción (Granda, 2012).

Figura 1: Contaminación del medio ambiente.



Fuente: Web-site.

1.2.5. Dinámica de los metales pesados

El principal receptor de los metales pesados que provienen de una contaminación antropogénica es el suelo. Los metales pesados presentes en los suelos no se comportan como elementos estáticamente inalterables, sino que siguen un curso dinámico. La dinámica de los metales pesados en el suelo puede clasificarse principalmente en cuatro vías (Navarro A. L., 2007).

Tabla 3: Clasificación de la dinámica de los metales pesados.

VÍAS	DESCRIPCIÓN
Movilización	Aguas superficiales o subterráneas.
Transferencia	A la atmósfera por volatilización.
Absorción	Por las plantas e incorporación a las cadenas tróficas.
Retención	Metales pesados en el suelo de distintas maneras: disueltos en la solución del suelo o pueden ser fijados por procesos de adsorción y precipitación.

Fuente: Ordoñez, 2015.

1.3.IMPORTANCIA DE LOS METALES PESADOS

La presencia en el terreno de diferentes materiales y estructuras geológicas son fuente de una gran variedad de iones disueltos en aguas superficiales, los que nos permitirían saber, de no haber existido la actividad humana, que tipo de suelo atraviesa un cauce de agua. Algunos de estos iones se encuentran en forma mayoritaria, respecto a los demás elementos en todas las aguas continentales: Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, mientras que otros se hallan a nivel de trazas, como es el caso de los metales pesados, siendo algunos de ellos necesarios para el correcto desarrollo de los microorganismos, plantas y animales (Rodríguez, 2001).

Los estudios de calidad de agua han adquirido gran interés en la actualidad, debido al potencial riesgo de contaminación a causa del incremento de la población, el creciente grado de industrialización y los aportes del sector agrícola y minero sobre todo en áreas costeras. 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).

1.4.METALES PESADOS OBJETOS DE ESTUDIO PLOMO, CADMIO Y MERCURIO

En el presente trabajo se han estudiado tres metales pesados: Pb, Cd y Hg, los cuales son de gran interés debido a su alta toxicidad, a continuación se describen ciertas características y aplicaciones de cada elemento de estudio.

1.4.1. Plomo (Pb)

Es un veneno acumulativo que tiende a depositarse en el sistema óseo produciendo diversos síntomas que van desde la pérdida del apetito, anemia, hasta la parálisis gradual de los 10 músculos. El límite recomendado es de 0.1 mg/l según normas europeas y 0.05 mg/l en EEUU. Su efecto sobre la vida acuática se manifiesta e muy bajas concentraciones y depende de un gran número de factores entre ellos, el contenido de oxígeno y fisicoquímico del agua. Una concentración relativamente segura. Para el desarrollo de la vida acuática parece ser de 0.1 mg/l (CLAIR, 2001)

El Pb tiene especial afinidad hacia la médula ósea y tejido conjuntivo: los músculos solo afecta cuando las dosis son muy altas. La cantidad de Pb que contamina el pescado oscila entre 0.5 y 6 mg/kg, los más afectados son los depredadores. Se afecta también las branquias, la piel, el vaso, el riñón y corazón; representa una acción cáustica sobre las branquias, trastornos funcionales y anemias (Jerome & Epstein, 1991)

1.4.1.1. Características generales

Sus compuestos importantes para la industria como lo son: los óxidos de Pb, el tetraetilo de Pb y los silicatos de plomo. El Pb forma aleaciones con muchos metales y, en general, son empleados de esta manera, en la mayor parte de sus aplicaciones. Todas las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cloro, cloroformo, esteroides, Cd y sodio tienen importancia industrial (LUQUE, 2005).

Los compuestos del Pb son tóxicos y han causado envenenamiento de trabajadores por su uso inadecuado, por una exposición excesiva a los mismos, debida a una insuficiencia importante por parte de trabajadores y empleadores.

Sin embargo, en la actualidad el envenenamiento por Pb es raro en virtud a la aplicación industrial de controles modernos, tanto de higiene como relacionados con la ingeniería (Abarca, 2014) .

El mayor peligro proviene de la inhalación de vapor o de polvo. En el caso de los compuestos órgano plúmbicos, la absorción a través de la piel puede llegar a ser desde significativa hasta muy importante. Algunos de los síntomas de envenenamiento por Pb son dolor de cabeza, vértigo, migrañas, cefalea, psicosis, delirios de grandeza e insomnio o pérdida del sueño, registrándose casos donde se perdió la etapa de R.E.M. (movimiento rápido del ojo), (Abarca, 2014).

En los casos agudos, por lo común se presenta estupor o convulsiones, el cual progresa hasta el coma y termina en la muerte. El control médico de los empleados que se encuentren relacionados con el uso de Pb comprende pruebas clínicas de los niveles de este elemento en la sangre, en la orina y, en un pasado relativamente reciente, en la heces. Con un control de este tipo y la aplicación apropiada de control de ingeniería, el envenenamiento industrial causado por el Pb puede evitarse por completo en muchos casos en otros no (LUQUE, 2005)

1.4.1.2.Fuentes de plomo

El Pb rara vez se encuentra en su estado elemental. El mineral más común es el sulfuro y la galena. Los otros minerales de importancia comercial son el carbonato, cerusita, y el sulfato, anglesita, que son muchísimo más raros.

También se encuentra Pb en varios minerales de uranio y de torio, ya que proviene directamente de la desintegración radiactiva (decaimiento radiactivo). Los minerales comerciales pueden contener tan poco Pb como el 3%, pero lo más común es un contenido de poco más o menos el 10%. Los minerales se concentran hasta alcanzar un contenido de Pb de 40% o más antes de fundirse o ceder ante la presencia de fuentes de calor extremo (Chang, 2002)

Se están desarrollando compuestos órgano plúmbicos para aplicaciones como son la de catalizadores en la fabricación de espuma de poliuretano, tóxicos para las pinturas navales con el fin de inhibir la incrustación en los cascos, agentes biocidas contra las bacterias gram-positivas, ácaros y otras bacterias que puedan invadir zonas íntimas, protección de la madera contra el ataque de los barrenillos y hongos marinos, preservadores para el algodón contra la descomposición y el moho, agentes molusquicidas, agentes antihelmínticos, agentes reductores del desgaste en los lubricantes e inhibidores de la corrosión para el acero (CLAIR, 2001).

El uso más amplio del Pb, como tal, se encuentra en la fabricación de acumuladores. Otras aplicaciones importantes son la fabricación de tetraetilplomo, forros para cables, elementos de construcción, pigmentos, soldadura suave, municiones, plomadas para pesca y también en la fabricación de soldaditos y otros juguetes (Chang, 2002)

Merced a su excelente resistencia a la corrosión, el Pb encuentra un amplio uso en la construcción, en particular en la industria química. Es resistente al ataque por parte de muchos ácidos porque forma su propio revestimiento protector de óxido, pero es atacado por las bases nitrogenadas. Como consecuencia de esta característica ventajosa, el Pb se utiliza mucho en la fabricación y el manejo del ácido sulfúrico y ácido nítrico (CLAIR, 2001)

Durante mucho tiempo se ha empleado el Pb como pantalla protectora para las máquinas de rayos X. En virtud de las aplicaciones cada vez más amplias de la energía atómica, se han vuelto cada vez más importantes las aplicaciones del Pb como blindaje contra la radiación y los malos olores producidos por esta (LUQUE, 2005)

1.4.1.3.Usos industriales

En el Imperio Romano las cañerías y las bañeras se recubrían con Pb o con cobre, lo cual causó muchos casos de saturnismo inadvertido y confundido en su momento con contaminaciones etílicas.

Su utilización como cubierta para cables, ya sea la de teléfono, de televisión, de Internet o de electricidad, sigue siendo una forma de empleo adecuada. La ductilidad única del Pb lo hace particularmente apropiado para esta aplicación, porque puede estirarse para formar un forro continuo alrededor de los conductores internos.

El uso del Pb en pigmentos sintéticos o artificiales ha sido muy importante, pero está decreciendo en volumen (Spiro & Stigliani., 2004).

Según (Abarca, 2014), El pigmento que se utilizan con más frecuencia y en los que interviene este elemento son:

- El blanco de plomo $2PbCO_3.Pb(OH)_2$
- Sulfato básico de plomo
- El Tetróxido de plomo también conocido como minino.
- Cromatos de plomo.
- El silicatoeno de plomo más conocido en la industria de los aceros blandos

Se utilizan una gran variedad de compuestos de Pb, como los silicatos, los carbonatos y sales de ácidos orgánicos, como estabilizadores contra el calor y la luz para los plásticos de cloruro de polivinilo. Se usan silicatos de Pb para la fabricación de frituras de vidrio y de cerámica, las que resultan útiles para introducir Pb en los acabados del vidrio y de la cerámica (Spiro & Stigliani., 2004).

El azuro de plomo, $Pb(N_3)_2$, es el detonador estándar para los explosivos. Los arsenatos de Pb se emplean en grandes cantidades como insecticidas para la protección de los cultivos y para ahuyentar insectos molestos como lo son cucarachas mosquitos y otros animales que posean un exoesqueleto. El litargirio (óxido de plomo) se emplea mucho para mejorar las propiedades magnéticas de los imanes de cerámica de ferrita de bario. Asimismo, una mezcla calcinada de zirconato de Pb y de titanato de plomo, conocida como PETE, está ampliando su mercado como un material piezoeléctrico (Spiro & Stigliani., 2004).

1.4.1.4.Efectos ambientales del plomo

Este ha causado una contaminación por Pb haciéndolo en un tema mundial no solo la gasolina con Pb causa concentraciones de Pb en el ambiente, otras actividades humanas, como la combustión del petróleo, procesos industriales, combustión de residuos sólidos, también contribuyen (ATSDR, 2007).

El Pb puede terminar en el agua y suelos a través de la corrosión de las tuberías de Pb en los sistemas de transporte y a través de la corrosión de pinturas que contienen Pb (Spiro & Stigliani., 2004).

El Pb se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo, estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento por Pb. Los efectos sobre la salud de los crustáceos pueden tener lugar incluso cuando solo hay pequeñas concentraciones de Pb presente (Serrano, 2011).

Las funciones en el fitoplancton pueden ser perturbadoras cuando interfiere con el Pb, el fitoplancton es una fuente importante de producción de oxígeno en mares y muchos grandes animales marinos lo comen. Las funciones del suelo son perturbadoras por la intervención del Pb, especialmente cerca de las autopistas y tierra de cultivos, donde concentraciones extremas pueden estar presentes. Los organismos del suelo también sufren envenenamiento por Pb (ATSDR, 2007).

Existe una cantidad importante de trabajos que evalúan los efectos tóxicos agudos del Pb sobre la biota de agua marina, mientras que la cantidad de datos sobre su toxicidad crónica es escasa.

Entre los invertebrados, la especie más sensible al Pb en lo que respecta a la toxicidad aguda es el molusco *Mytilus edulis*, para el que se han registrado efectos tóxicos agudos a partir de 476 µg/l, mientras que la más resistente es el crustáceo *Palaemonetes pugio*, para el que se han reportado efectos tóxicos agudos recién a partir de 66,1 mg/l (Scott, 1986).

Con respecto a los peces, la especie más sensible a la acción del Pb es *Scorpaenichthys marmoratus*, para la cual se observaron efectos tóxicos agudos a una concentración igual a 150 µg/l, mientras que la más resistente es *Liza vaigiensis*, para la que se han reportados efectos tóxicos agudos a una concentración igual a 190 mg/l. La información concerniente a la toxicidad crónica del Pb sobre los animales de agua marina es muy escasa, observaron que una concentración de Pb igual a 37 µg/l afectaba el ciclo de vida del crustáceo *Mysidopsis bahia*. Para el molusco *Mytilus edulis* se evidenciaron efectos tóxicos crónicos a una concentración igual a 20 µg/l. Entre los vertebrados, se ha observado afectación de la epidermis de *Oncorhynchus kisutch* a una concentración igual a 150 µg/l (Scott, 1986)

En cuanto a la biota vegetal, dentro de las algas, la especie más sensible es *Skeletonema costatum*, para la que se observó que una concentración de Pb igual a 19,5 µg/l afectaba su crecimiento, mientras que la más resistente es *Dunaliella salina*, para la cual se registró una disminución del crecimiento a una concentración igual a 900 µg/l.

Estudios de duración comprendida entre 14 y 140 días indican que el Pb es bioconcentrado por los invertebrados, observándose factores de bioconcentración (BCF) que llegan hasta 2570 para el mejillón *Mytilus edulis* y 1400 para la ostra *Crassostrea virginica*. La bioconcentración del Pb por parte de los peces es mucho menor que la observada para los invertebrados (Quayle, 2003)

1.4.2. Cadmio (Cd)

Se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuro de Cd, frecuentemente con impureza, en minerales de zinc y Pb, en estado elemental es insoluble al agua, así como sus carbonatos e hidróxidos, en tanto que sus cloruros, nitratos y sulfuros son bastante solubles.

Es especialmente peligroso ya que pueden cambiarse sinérgicamente con otras sustancias tóxicas.

El Cd actúa sinérgicamente y va acompañado frecuentemente de compuestos de zinc-plomo y zinc-cobre-plomo. El valor letal para los peces oscila entre 0.01 y 2.0 ppm. Es utilizado para la industria para la producción de cobre, plata y aleaciones de aluminio.

También se utiliza en el acabado de metales, cerámica, fotografía y aparece como sus subproductos en el funcionamiento de los reactores nucleares. Se emplean sales de Cd para insecticidas y como agentes parasitarios. Máximo permisible 0,001 mg/l. su influencia sobre la vida acuática es decisiva en los moluscos, en los que no se desarrolla su concha bivalva (Jerome & Epstein, 1991).

No existe evidencia de que sea biológicamente esencial o benéfico. Se le atribuyen efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos. Se lo considera tóxico para toda forma de vida, incluyendo microorganismos, plantas, animales y el hombre, debido a que puede desplazar al zinc de algunos de sus sitios activos y competir con el calcio en ciertos sistemas biológicos (Barán J. 1995).

La solubilidad del Cd en agua aumenta en medios ácidos, mientras que la adsorción a suelos y sedimentos se incrementa al aumentar el pH. Tanto los organismos terrestres como los acuáticos bioacumulan el Cd (Mero, 2010) .

Los síntomas de sobrecarga de Cd en el organismo son: aumento de la velocidad de sedimentación globular, disminución del número de anticuerpos, anemias por problemas de absorción del hierro, alteraciones en las piezas dentales y lesiones en la cavidad bucal, incapacidad amamantar y diversos dolores articulares (Orozco, Gonzales, Rodriguez, & Alfayate, 2003)

1.4.2.1.Efectos toxicológicos del cadmio

Existe una cantidad importante de trabajos que evalúan los efectos tóxicos agudos del Cd sobre la biota de agua marina, mientras que la cantidad de datos sobre su toxicidad crónica es menor. Entre los invertebrados, la especie más sensible al Cd en lo que respecta a toxicidad aguda es el crustáceo

Americamysis bahia, para el que se ha registrado una concentración letal para el 50% de los individuos expuestos (CL50) igual a 11 µg/l, mientras que la más resistente es *Palaemon serratus*, para la que se ha reportado una CL50 igual a 5 mg/l. Los vertebrados son bastante más resistentes a la acción tóxica aguda del Cd que los invertebrados (Scott, 1986)

Con respecto a algas y plantas acuáticas, la especie más sensible es el alga *Phaeodactylum tricornutum*, para la que se ha observado afectación de su crecimiento a concentraciones de Cd iguales a 22 µg/l, mientras que la especie más resistente es el alga *Laminaria saccharina*, para la cual se han reportado efectos tóxicos a concentraciones iguales a 860 µg/l El Cd no es significativamente acumulado por los peces (Quayle, 2003).

Para *Fundulus heteroclitus* se ha reportado un factor de bioconcentración (BCF) en tejido comestible igual a 48, sin embargo, para los moluscos bivalvos los BCFs reportados son mucho más variables y se encuentran comprendidos entre 113 para el mejillón *Mytilus sedulis* y 2150 para la ostra *Crassostrea virginica* (Quayle, 2003)

1.4.3. Mercurio (Hg)

El Hg es un metal que está presente en forma natural en el ambiente y que tiene varias formas químicas. El Hg metálico es un líquido inodoro, de color blanco-plateado brillante.

Al calentarlo se transforma en un gas inodoro e incoloro, se combina con otros elementos por ejemplo cloro, azufre u oxígeno para formar compuestos de Hg inorgánicos o “sales”, las que son generalmente polvos o cristales blancos. El Hg también se combina con carbono para formar compuestos de Hg orgánicos. El más común, metilmercurio, es producido principalmente por organismos microscópicos en el suelo y en el agua. Mientras mayor es la cantidad de Hg en el medio ambiente, mayor es la cantidad de metilmercurio que estos organismos producen (Martínez, 2000).

Las fuentes de intoxicación más habituales de este metal se encuentran en ciertos alimentos, como el marisco o el atún, los cuales acumulan el mercurio de entornos marinos contaminados por dicho metal; otras fuentes posibles de intoxicación son ciertos plásticos, los colores de impresión, insecticidas.

Su toxicidad depende del estado en que se encuentre: los componentes inorgánicos de mercurio estos son menos peligrosos que los compuestos órgano-mercuriosos, los cuales presentan una mínima eliminación urinaria (Orozco, Gonzales, Rodriguez, & Alfayate, 2003).

Su acción nociva para el organismo consiste en la destrucción de glóbulos rojos, cambios cromosómicos, tumores cerebrales (ya que los compuestos orgánicos del mercurio atraviesan fácilmente la barrera hematoencefalica), etc. Los síntomas más frecuentes de intoxicación por el mercurio se manifiestan en una pérdida de apetito y peso, temblores, convulsiones, irritaciones cutáneas y cambios en la sensibilidad al dolor (Orozco, Gonzales, Rodriguez, & Alfayate, 2003).

1.4.3.1. Efectos toxicológicos del mercurio

Existen numerosos factores que pueden incidir sobre la toxicidad del Hg, pudiendo ser mencionados entre ellos el pH, la alcalinidad, la dureza, el oxígeno disuelto, la temperatura, la concentración de cloruros y la presencia de acomplejantes orgánicos. En este sentido, experiencias de campo indican que al disminuir el pH aumenta la incorporación de Hg en peces e invertebrados, proceso que también es favorecido por la presencia de materia orgánica. Existe gran cantidad de referencias sobre toxicidad aguda del Hg inorgánico.

Entre los invertebrados, para ciertas especies de dípteros quironómidos, que son los organismos más resistentes al Hg inorgánico, se registran concentraciones letales para el 50 % de los individuos expuestos (CL50) que llegan hasta 32,3 mg/l, con una media geométrica para el género *Chironomus* igual a 554 µg/l. Como contrapartida, para la especie invertebrada más sensible, *Daphnia magna*, se observan CL50 iguales a 1,48 µg/l, con una media geométrica para el género igual a 2,64 µg/l. En cuanto a los vertebrados, para la especie más sensible de las utilizadas para derivar el nivel guía para Hg (*Gastrophryne carolinensis*), como se detalla luego, es observable una CL50 igual a 1 µg/l, mientras que la especie más resistente, la tilapia (*Tilapia mossambica*), presenta una CL50 igual a 1000 µg/l (Codina, 1983).

1.4.3.2. Transporte y acumulación de mercurio

Los compuestos mercúricos volátiles, como el mercurio metálico y el dimetil Hg se evaporan hacia la atmósfera. El uso de Hg en las industrias, el quemar combustibles que contienen Hg y el lavado de minerales que contienen Hg contribuyen a la contaminación atmosférica.

El dimetil mercurio es inestable en la atmósfera, en contacto con ácidos es delegado a la forma de monometil soluble en agua y por acción de la luz ultravioleta es descompuesto a mercurio (inorgánico) elemental (Sic) (Pezo, 1992).

1.4.3.3. Contenido de mercurio en los organismos acuáticos

El planeta contiene frecuentemente niveles de mercurio de 2-10 ppm, la mayor parte en la forma inorgánica, mientras que en los peces varía desde 0.01 a 2 ppm, con una fracción significativa de metil mercurio unido a proteínas no disuelto en grasa como es el caso de los hidrocarburos dorados.

Consecuentemente el contenido de Hg en los peces no depende de la presencia de grasa sino más bien de su nivel trófico, tamaño y edad. Esto nos indica que el mayor contenido de Hg se encuentra en los grandes predadores. El problema del Hg es comúnmente considerado en relación al consumidor de peces y no como un problema en la producción de peces, salvo una toxicidad aguda, que puede producir una concentración de 20 p.p.m (Pezo, 1992).

1.5. BIOACUMULACIÓN

Es el proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en el medio ambiente o en los alimentos. Las sustancias propensas a la bioacumulación alcanzan concentraciones crecientes a medida que se avanza en el nivel trófico en la cadena alimenticia. En función de cada sustancia, esta acumulación puede producirse a partir de fuentes abióticas como: suelo, aire, agua; o bióticas como otros organismos vivos.

Las principales vías de introducción de una sustancia química en un organismo vivo son la respiratoria, la digestiva. (Zambrano M. , Casanova, Prada, Arencibia, & Capetillo, 2012).

1.6. BIOMONITOREO ACUÁTICO

El biomonitoreo, es un proceso utilizado para evaluar la salud de los sistemas acuáticos por medio del análisis de la calidad del hábitat y los organismos que viven en ellos; Es muy importante para determinar las soluciones a los problemas ambientales, para lo que se debe tener conocimiento de los mismos, así como de los factores bióticos y abióticos cuya calidad se ve alterada. El monitoreo ambiental surge como una valiosa herramienta para generar el conocimiento en los diversos campos, ya sean ecológicos, socioeconómicos y salud pública. (Cordero, 2011) .

Es el monitoreo de cuerpos de agua utilizando bio-indicadores acuáticos donde se recolectan macro-invertebrados y se los analiza en el laboratorio para determinar la calidad del agua de un sitio explícito y sus variaciones de concentración de contaminación en el tiempo, los indicadores biológicos indican las condiciones de la calidad del agua en un sitio, ya sea en el pasado o en el momento determinado del monitoreo (Springer, 2010).

El uso de macro-invertebrados como indicadores de calidad de agua empezó hace más de 100 años en Europa. Hoy en día, constituye una herramienta muy útil y de relativamente bajo costo, por lo que es ampliamente utilizado en todo el mundo. A diferencia de los análisis (Springer, 2010)

Entre la lista de atributos que poseen los macro-invertebrados para la bio-indicación acuática, se pueden mencionar:

- 1.** su amplia distribución, tanto a nivel geográfico, como con respecto a la variedad de ambientes que habitan.
- 2.** su gran diversidad taxonómica. la cual resulta en un amplio rango de respuestas ante las perturbaciones o la contaminación.
- 3.** su carácter relativamente sedentario. el cual facilita un análisis espacial de la contaminación.

4. sus ciclos de vida relativamente largos. que permiten observar los efectos de la contaminación a lo largo del tiempo (p.ej. contaminaciones intermitentes o de concentraciones variables) y
5. los métodos de muestreo son sencillos y de bajo costo. (Springer, 2010)

1.7.MOLUSCOS COMO BIOINDICADORES

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 K. L., 2008), además de microorganismos por lo que han sido ampliamente utilizados como bioindicadores en programas internacionales de contaminación (Gil, Torres, Harvey, & Esteves, 2006).

(Phillips D., 1979), mencionan que un bioindicador ideal es aquel que satisface varios requisitos: Ser sedentario, abundantes, fácil de identificar y muestrear durante todo el año, manejable y fácilmente aclimatable a condiciones experimentales, características que cumplen los moluscos bivalvos.

Tabla 4: Capacidad de respuesta de los bioindicadores.

Factores	Capacidad
Composición genética del organismo	Manifestación de respuesta rápida, y fácilmente visible.
Estado de desarrollo	Juveniles más sensibles y adultos más resistente
Condiciones Ambientales	Los estímulos pueden ser infinitamente variados

Fuente: (Capó, 2002).

Tabla 5: Tipos de Bioindicadores

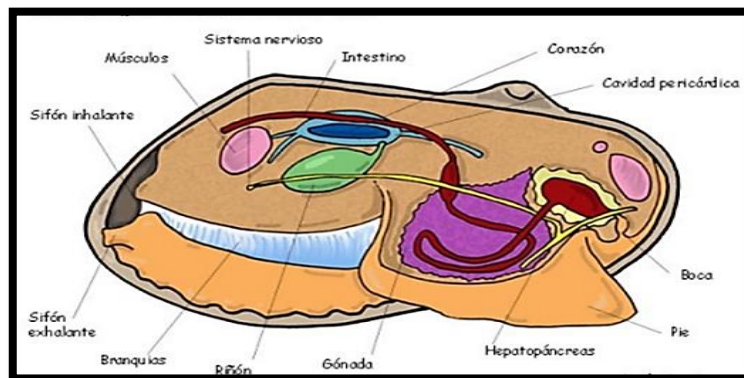
Criterio	Tipos de bioindicadores
Grado de sensibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Muy Sensible • Sensibles • Poco Sensibles • Resistentes
Forma de Respuesta	<ul style="list-style-type: none"> • Detectores • Explotadores • Centinelas • Acumuladores • Organismos Test o Bioensayo
Posibilidad de Medida	<ul style="list-style-type: none"> • Bioindicadores en sentido estricto • Biomonitores: <ul style="list-style-type: none"> - Por reacciones manifiestas - Por Acumulacion • Biomonitores: <ul style="list-style-type: none"> - Pasivos (Naturales) - Activos (Trasplantes)

Fuente: (Capó, 2002)

1.7.1. Bivalvos

Los bivalvos son invertebrados caracterizados por poseer concha con dos piezas o valvas. También son conocidos como pelecípodos por tener un pie en forma de pala o hacha excavadora y lamelibranquios, por tener branquias (órgano respiratorio acuático) en forma laminar. (Renge J, 2006).

Figura 2: Estructura externa de un bivalvo.



Fuente: Web-site.

Dentro de la estructura externa comunes a todos los bivalvos se encuentran el umbo o lugar de crecimiento; estrías, líneas de ornamentación típica de las distintas especies; ligamento, músculos muy resistentes que tiene como función unir fuertemente las dos valvas y la charnela, especie de bisagra provista de dientes que encajan a las dos valvas. Internamente se caracterizan por presentar músculo que abren y cierran las dos valvas y una línea paleal que es una marca redondeada que deja la inserción del manto en la cara interna de la concha (Blacio E, 2002)

La concha está constituida por una matriz orgánica formada por proteína, mucopolisacáridos y cristales de carbonato calcio, generalmente, en forma de calcita (cristales hexagonales), o aragonita (cristales rómbicos). Las conchas de los moluscos se consideran como desechos de la industria alimenticia. Finamente molidas, las conchas pueden utilizarse como fertilizantes, debido al carbonato calcio y a la matriz orgánica que contienen así lo explica (Aguilar, 2005)

Los bivalvos son reconocidos como acarreadores potenciales de microorganismos patógenos (virus y bacterias), como consecuencia de su mecanismo de alimentación por filtración, por medio del cual son capaces de concentrar aquellos microorganismos presentes en su hábitat natural. Por lo tanto, al igual que para otros bivalvos, hay una relación estrecha entre su calidad microbiológica y la calidad de las aguas en que viven (Samaniego., 2013).

1.8.CONCHA PRIETA “*Anadara tuberculosa*”

(Aguilar, 2005), señala la taxonomía de la concha prieta, esta especie permanece al Filo Mollusca, Clase Bivalva, Género Anadara, como nombre científico *Anadara tuberculosa*., (Renge J, 2006), manifiesta que los moluscos representan en la acuicultura marina uno de los grupos más importantes desde el punto de vista productivo y económico. Sus costos de producción son bajos dentro de las tecnologías de producción de cultivos acuícola y su rentabilidad alta.

(Mite G, 2009), señala que la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) es un molusco de concha grande; equivalva; de forma oblicuamente ovalada; con el margen dorsal angulado. Escultura con 34-37 costillas radiales, con nudos dispersos sobre el lado anterior. Umbos anchos, frecuentemente erosionados. La concha externamente es blanca cubierta por un periostraco café negruzco provista de finas cerdas entre las costillas. Cara interna blanca, con un tono rozado debajo de la charnela; borde crenulado. Longitud 58.0 mm, alto 44.5mm.

Figura 3. Vista exterior de la valva *Anadara tuberculosa*.



Fuente: María Ordoñez

Figura 4: Vista interior de la valva *Anadara tuberculosa*.



Fuente: María Ordoñez

1.8.1. Clasificación científica de *Anadara tuberculosa*

Anadara tuberculosa, tiene como nombre común piangua o piangua hembra, estos organismos presentan una concha equivalva, inequilateral, ovalada, gruesa, cuyo número de costillas radiales varía entre 33 y 37 las cuales son redondeadas y están relativamente juntas; el margen dorsal es algo angulado en ambos extremos. Sobre las costillas tiene nódulos o tubérculos, especialmente en el margen anterior.

Su color es blanco, cubierto por un periostraco piloso que va desde castaño oscuro hasta negro. Posee umbos anchos y prominentes. Los nódulos o tubérculos de las costillas son la razón del nombre de la especie. Su área cardinal es angosta (Ardila, 2002).

Tabla 6: Característica científica de la *Anadara tuberculosa*.

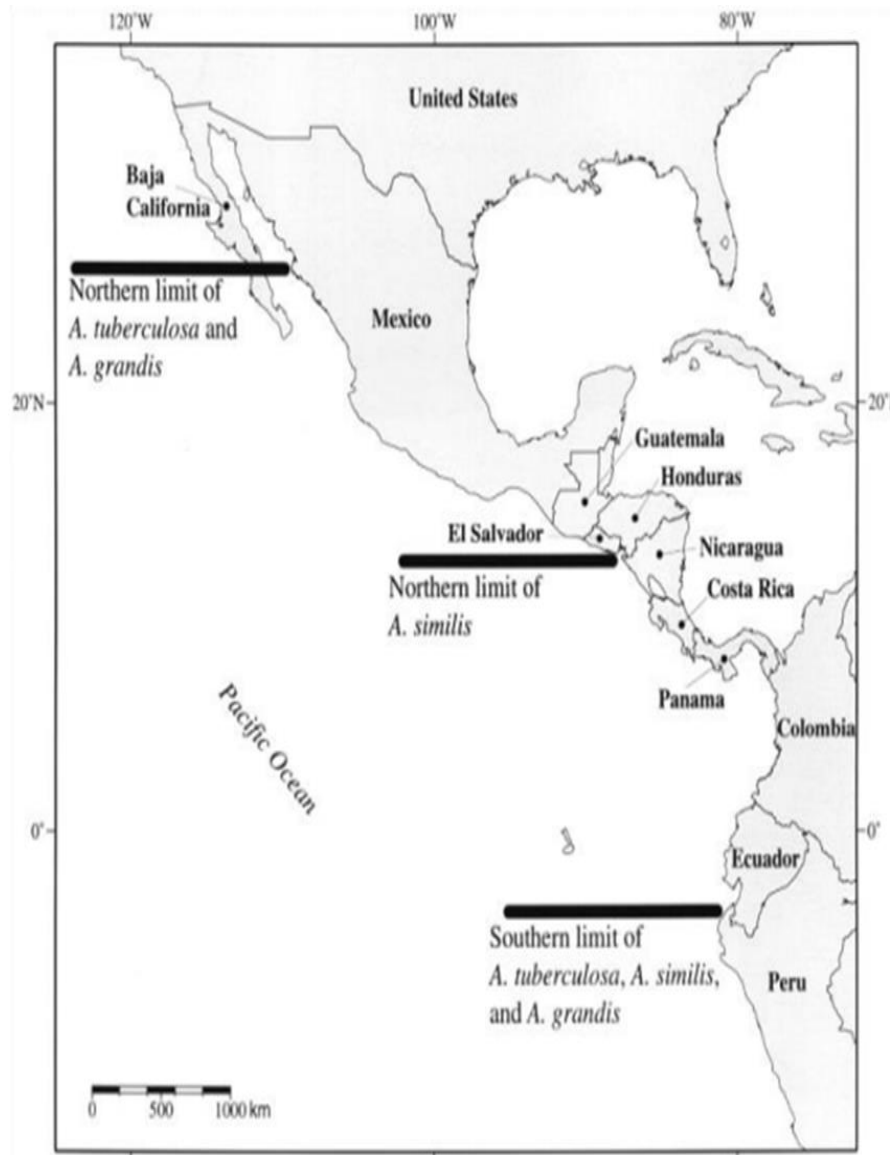
Reino:	Animalia
Filo:	Mollusca
Clase:	Bivalvia
Orden:	Arcoida
Familia:	Arcidae
Género:	Anadara
Especie:	<i>Anadara tuberculosa</i>

Fuente: (Ramirez & Alvaro, 2009).

1.8.2. Distribución geográfica y local

La especie *A. tuberculosa* se encuentra distribuido desde Laguna ballena, baja California hasta Tumbes- Perú (Mora S. E., 2002).

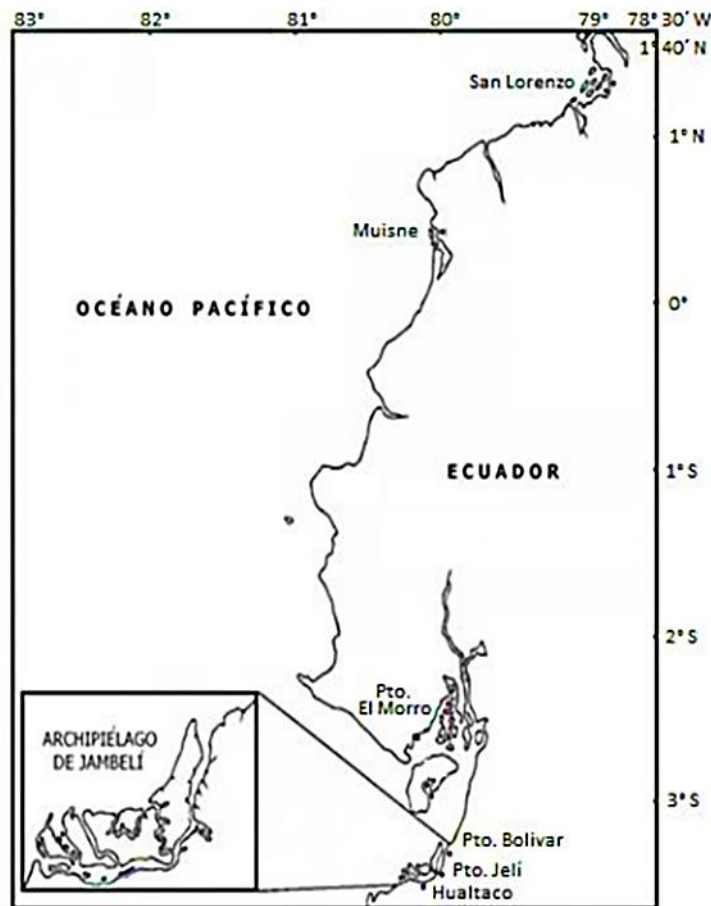
Figura 5: Distribución de la Concha *Anadara tuberculosa* y los países en donde son recolectados a excepción de los Estados Unidos.



Fuente: (Samaniego, 2013).

En el Ecuador esta especie se encuentra distribuida en Palma real, San Lorenzo, Tambillo, limones, Muisne, San José de Charanga, Campo Alegre, Bahía de Caráquez, Puná, Puerto Bolívar, Puerto Pitahaya, Hualtaco (Mora S. E., 2002).

Figura 6: Distribución local de la *A. tuberculosa*.



Fuente: (Samaniego, 2013)

1.9.PESQUERÍA ARTESANAL DE LA CONCHA PRIETA EN EL ECUADOR

La recolección del recurso concha prieta (*A. tuberculosa*) es una actividad artesanal de subsistencia que carece de planificación por ser de libre ingreso y sin el debido control a la veda extractiva y al control de tallas de conchas capturadas por debajo de 45 mm de longitud total, lo que ha generado una mayor presión del recurso en los últimos años. Su actividad está influenciada por el comportamiento de las mareas (Yanez, 2012).

Cuando la marea comienza a bajar (media marea) los recolectores entran al manglar; el tiempo efectivo de pesca es de 4 a 6 horas y está relacionado con los períodos de máximas (aguaje, puja) y mínimas (quiebra) mareas. Los períodos de máximas mareas son óptimos para la recolección, porque las áreas de extracción se mantienen por más tiempo libre de inundación.

Los ejemplares de concha prieta se buscan en las cavidades que se encuentran al lado de las raíces del mangle, introduciendo las manos a una profundidad entre 5 y 30 cm aproximadamente y en todas las direcciones (Mora E. &, 2010).

Las áreas de extracción generalmente están cerca de las localidades y son visitadas por grupos de usuarios a través de botes de madera a remo (potros o bongos), a motor fuera de borda o por tierra. Los ejemplares capturados se trasladan a cada localidad, a veces, son almacenados en las casas aproximadamente de 2 a 3 días hasta alcanzar el volumen de venta o simplemente se vende en forma diaria a los comerciantes. El precio final del ciento de conchas no es estable, está en relación con el tamaño y la oferta o demanda del producto (Yanez, 2012).

1.9.1. Importancia comercial de la *Anadara tuberculosa*

En Ecuador, la extracción del recurso concha es una actividad artesanal muy importante en el aspecto económico y social para las poblaciones que viven a nivel de zonas aledañas a los ecosistemas de manglar. El impacto socio-económico que ésta genera se pone en evidencia durante el período de veda reproductiva, (15 febrero al 30 de marzo de cada año) debido a que son comunidades que viven de la extracción de este recurso y no cuentan con la capacitación o experiencia adecuada para realizar otra actividad que les permita subsistir durante la etapa de veda. (Bermudez, 2008).

1.9.2. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

La espectroscopia de absorción atómica es un método utilizado para la detección y la determinación de elementos químicos, particularmente de elementos metálicos (Harold, 2005). Esta técnica se basa en el fenómeno de absorción atómica de la energía radiante que llega a los átomos de la muestra. Un espectrofotómetro de absorción atómica consta de los siguientes elementos:

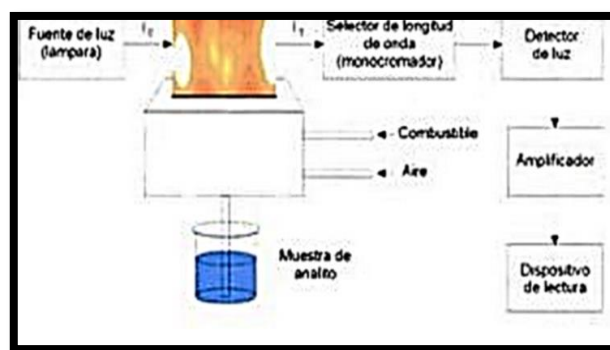
- **Fuente de emisión.** Sistema de absorción. Donde tiene lugar la absorción de la radiación de la fuente de emisión por el vapor atómico generado a partir de una disolución de la muestra a analizar.

Un dispositivo nebulizador se encarga de convertir la muestra en un aerosol del tamaño de partícula suficientemente pequeño, que una vez en el interior del recinto, llamado cámara de premezcla, se mezcla con los gases oxidantes y combustible que se quemarán posteriormente en un mechero. La llama generada en el mechero debe suministrar la energía suficiente para romper las uniones del elemento metálico dando lugar a una nube de átomos libres en estado fundamental.

- **Selector de longitud de onda.** Fuente de emisión. Capaz de emitir las líneas del espectro característico del elemento a analizar, cuya radiación se dirige hacia una nube de vapor atómico.
- **Sistema fotométrico.** Consistente en un tubo fotomultiplicador que genera una corriente proporcional a la radiación que recibe, se mide la absorción que ha tenido lugar en la llama. Esta señal queda recogida sobre el papel mediante un registrador.
- **Selector de longitud de onda.** Permite aislar la línea del espectro correspondiente al elemento a determinar, de forma que sólo esta línea se enfoque sobre el detector (Floría, 2007).

Es un método instrumental que se basa en la absorción, emisión y fluorescencia de radiación electromagnética por partículas atómicas. Se emplean principalmente radiaciones del espectro ultravioleta (UV) y visible y Rayos X. Consiste en la medición de las especies atómicas por su absorción a una longitud de onda particular. La especie atómica se logra por atomización de la muestra. La técnica de atomización más usada es la absorción atómica con flama o llama, que nebuliza la muestra y luego la disemina en forma de aerosol dentro de una llama de aire de acetileno u óxido nitroso-acetileno (Arboleda, 2011).

Figura 7: Esquema de bloques de un espectrofotómetro de absorción atómica.



Fuente: (Aldabe, 2004).

Cuando las muestras se encuentran en disolución acuosa, el análisis no presenta problemas a un buen instrumentalista. Pero cuando existe materia orgánica pueden producirse respuestas erróneas. En casos en que la concentración del elemento sea muy pequeña hay que recurrir a operaciones de enriquecimiento mediante formación de complejos con reactivos orgánicos (Repetto, 2009).

Algunos elementos de gran interés toxicológico como el As, Sb, etc. Presentan dificultades en su determinación por EAA, lo cual ha sido resuelto mediante la formación del hidruro del elemento, y su determinación espectrofotométrica en estado de vapor sin el uso de llama. Aquí el nombre espectrofotometría sin llama o sistema de hidruros metálicos (SIIM). La misma técnica es aplicable al Hg, con el nombre de espectrofotometría de vapor frío (Repetto, 2009).

1.9.2.1. Espectrofotometría de absorción atómica a la flama

La espectrometría de absorción atómica se basa en el principio de que los átomos libres absorben la luz a longitudes de onda características del elemento que se desea estudiar, la cantidad de luz absorbida se puede correlacionar de manera lineal con la concentración del analito en la muestra (Organización Mundial de la Salud., 2013).

1.9.2.1.1. Las ventajas

Fundamentales de la utilización de la llama como fuente de excitación son que los espectros son muy sencillos y que los resultados cuantitativos tienden a ser más reproducibles, los espectros son sencillos debido a la baja energía de excitación de la llama que da lugar a pocas líneas de emisión, este hecho hace disminuir el problema de las interferencias espectrales a partir de líneas y bandas de otros elementos y además no implica la necesidad de un monocromador de elevada resolución, la mayor reproducibilidad cuando se utiliza este método.

1.9.2.1.2. Las desventajas

Más importantes de los métodos de emisión en llama es que la energía de excitación es demasiado baja para la mayoría de los elementos y que la muestra debe estar disuelta.

En absorción atómica la baja energía no es una desventaja tan importante ya que la misión de la llama; en ese caso, es únicamente atomizar la muestra y formar un vapor de átomos sin excitar; por esta razón es aplicable a un mayor número de elementos que la fotometría de llama (Capelo, 2013).

Los límites de detección de la espectrometría de absorción atómica por llama son modestos, pero suficientes en la mayoría de los casos. Como el método requiere la aspiración directa de la muestra, se necesita una solución obtenida por digestión para la aspiración y la medición de una señal estable. Los equipos requieren escaso mantenimiento y tienen capacidad para procesar varias muestras por minuto (Organización Mundial de la Salud., 2013).

1.9.2.2. Espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros (GH-EAA)

La Espectrometría de Absorción Atómica de Llama (FAAS) es una técnica sencilla, conocida desde hace mucho tiempo y claramente "arsenoselectiva", sin embargo, los límites de detección con esta técnica no son lo suficientemente bajos como para llevar a cabo la determinación de arsénico en la mayoría de las muestras reales.

El acoplamiento de un generador de hidruros al espectrómetro de absorción atómica (GH-AAS) aporta la sensibilidad requerida

La técnica de GH-AAS consta de tres etapas fundamentales: la generación y volatilización del hidruro, la transferencia del mismo y su posterior atomización en el espectrómetro de AA. La generación del hidruro, en el presente trabajo se consigue, tratando la muestra que contiene arsénico con una disolución de Borohidruro de sodio NaBH_4 en medio ácido HCl (Morand, Giménez, Benitez, & Garro, 2002) .

1.9.2.3. Producción de la Nube Atómica (Sistema Nebulizador-Quemador)

El sistema nebulizador – quemador. Cuenta con un mecanismo de aspersion que succiona la muestra convirtiéndola en un aerosol haciéndola pasar a través de una cámara donde es impactada varias veces. De ahí pasa a una cámara de mezcla por la cual entran el gas oxidante y el gas combustible.

Una vez realizada la mezcla, pasa al quemador donde está encendida la flama para que se produzca el vapor atómico. Dependiendo de la temperatura de la flama a utilizar se usará un quemador distinto (Marquez, 2009).

Los tipos de flama más utilizados son:

Tabla 7: Temperatura de los gases.

OXIDANTE	COMBUSTIBLE	TEMPERATURA
Aire	Propano	2200 °C
Aire	Acetileno	2450 °C
Óxido nitroso N ₂ O	Acetileno	3200 °C

Fuente: (Marquez, 2009).

1.9.2.4. Aplicaciones de espectrofotometría

Sus campos de aplicación son, por tanto, muy diversos. Este método se puede aplicar para la determinación de ciertos metales tales como: antimonio, Cd, calcio, cesio, cromo, cobalto, oro, Pb, níquel, entre otros. Se emplea en el análisis de aguas, análisis de suelos, bioquímica, toxicología, medicina, industria farmacéutica, industria alimenticia, industria petroquímica, etc. (Harold, 2005).

Figura 8: Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS).



Fuente: Laboratorio de Investigación UACQS.

2. METODOLOGÍA

2.1.LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrolló en los laboratorios de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala con coordenadas:

Latitud 3°17'07.19"

Longitud 79°54'46.17"

Figura 9: Fotografía satelital de la Universidad Técnica de Machala



Fuente: Google Earth, 2015.

2.1.1. Tipo de investigación

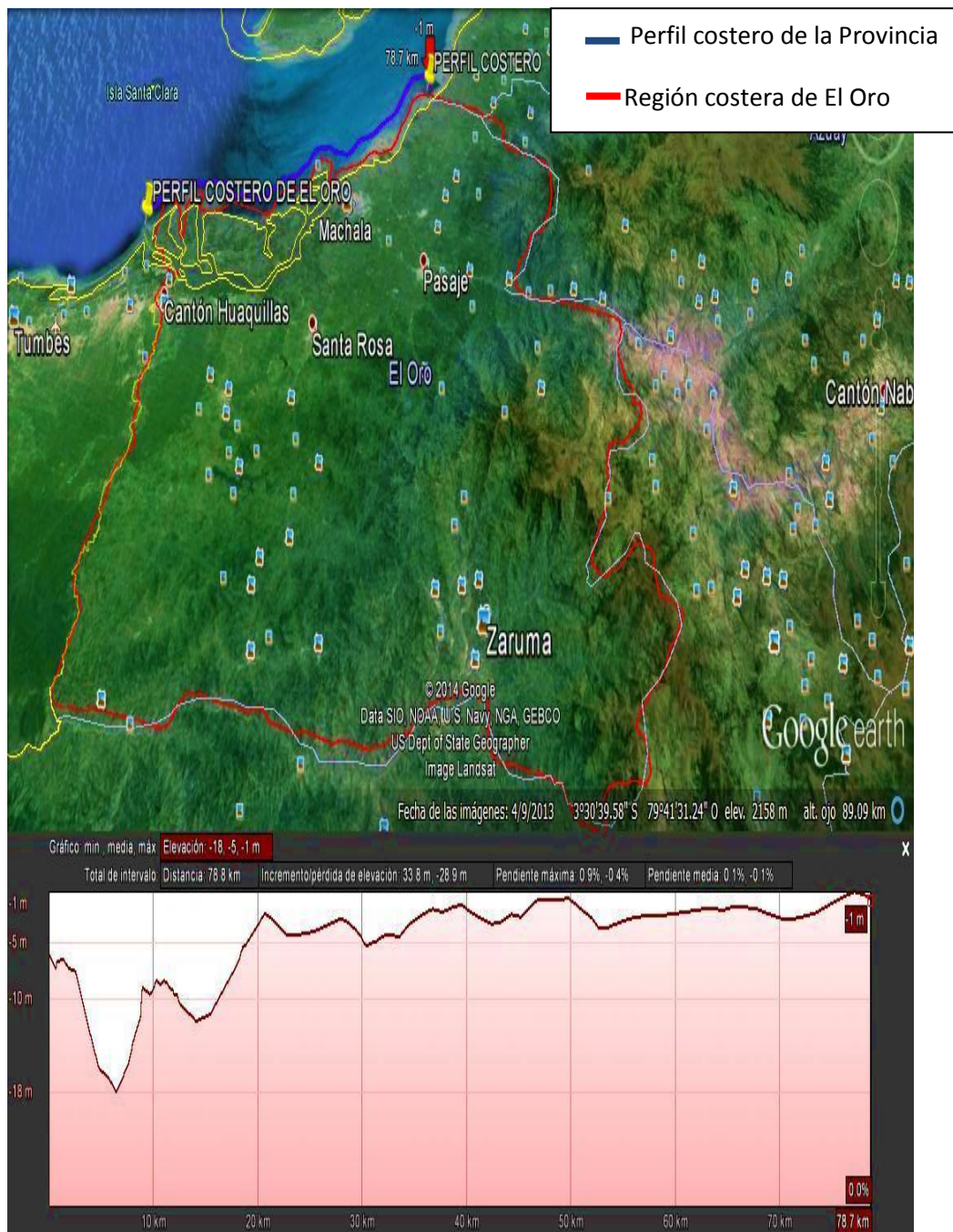
En el presente trabajo investigativo, se realizó un estudio el cual nos permitió medir los niveles de metales pesados, estas concentraciones tendrán relación con la talla y el peso del bivalvo.

El método que se empleó es el método experimental basado en las técnicas de la espectrofotometría de absorción atómica, el cual nos permitió conocer que contenido de metales pesados presentes en los organismos.

2.2.UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis estuvo conformada por todas las muestras recolectadas de bivalvos *Anadara tuberculosa*, en el perfil costanero de la Provincia de El Oro en cuatro localidades específicas como los son: Estero Huayla, Puerto Hualtaco, Bajo Alto y Archipiélago de Jambelí.

Figura 10: Mapa del perfil Costanero de la Provincia de El Oro.



Fuente: Google Earth, 2015.

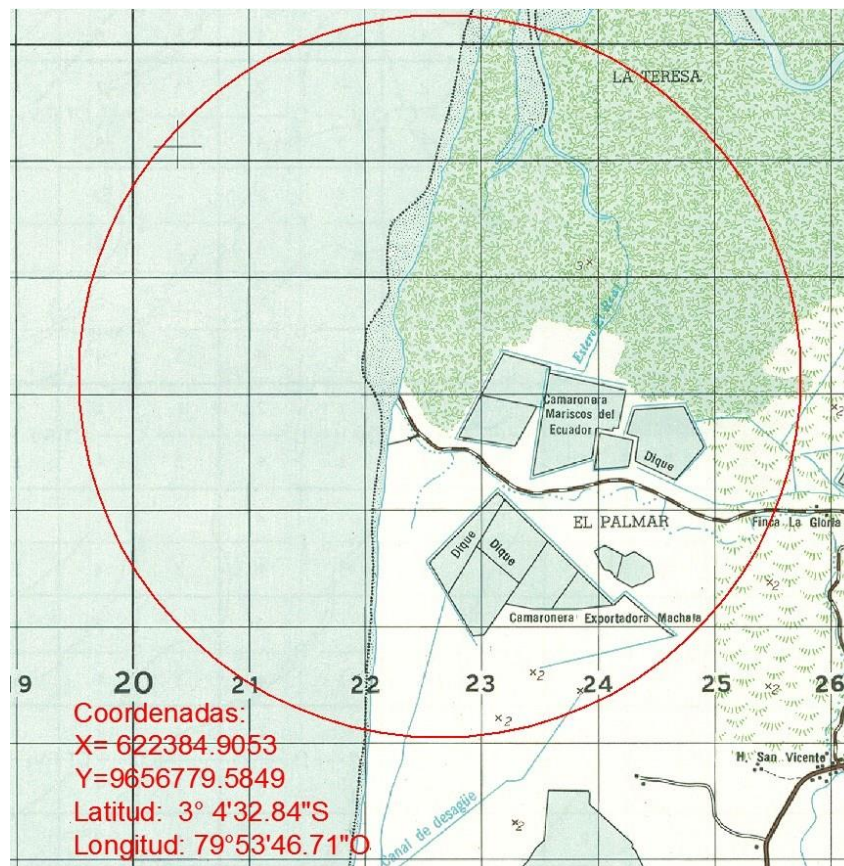
2.3.UNIVERSO DE MUESTRA

Se tomaron las muestras del bivalvo *A. tuberculosa*, dichas muestras fueron recolectadas en una temporada, cada muestra será tomada en las cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro antes mencionadas.

2.4.ÁREA DE ESTUDIO

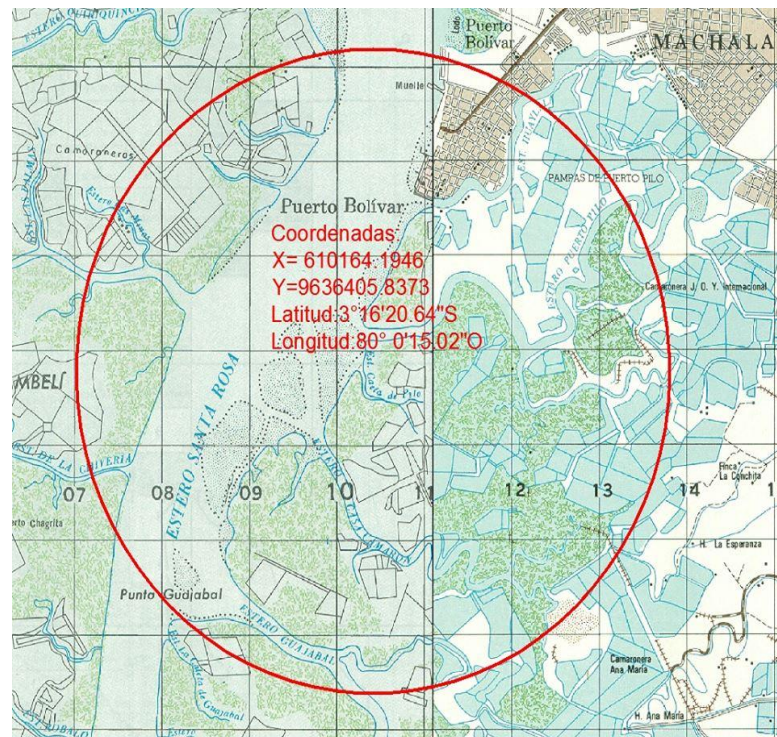
Las áreas de estudio fueron cuatro localidades del perfil costero de la Provincia de El Oro las cuales son: **Bajo Alto** con una latitud de $3^{\circ}4'32.84''S$ y una longitud de $79^{\circ}53'46.71''O$ (ver Figura 10), **Estero Huayla** con una latitud de $3^{\circ}16'20.64''S$ y una longitud de $80^{\circ}0'15.02''O$ (ver Figura 11), **Puerto Hualtaco** latitud el latitud de $3^{\circ}26'53.46''S$ y una longitud de $80^{\circ}13'29.95''O$ (ver Figura 12) y **Archipiélago De Jambelí** con una latitud de $3^{\circ}14'5.73''S$ y una longitud de $80^{\circ}1'30.80''O$ (ver Figura 13).

Figura 11: Vista Geográfica del área de muestreo de Bajo Alto.



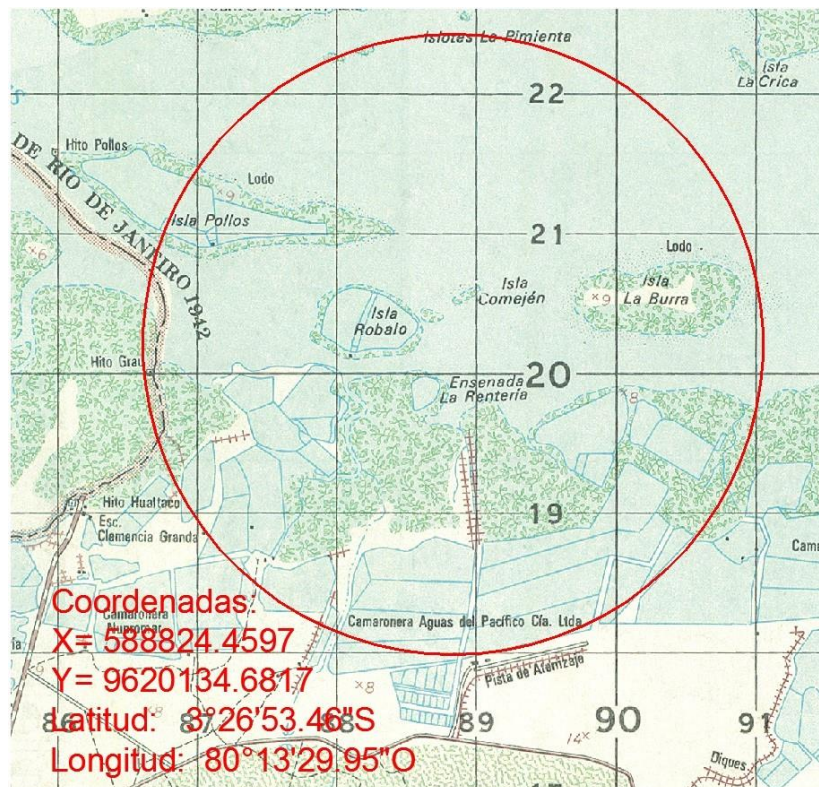
Fuente: Carta cartográfica de el oro del instituto geográfico militar.

Figura 12: Vista geográfica del área de muestreo de Puerto Bolívar (Estero Huayla).



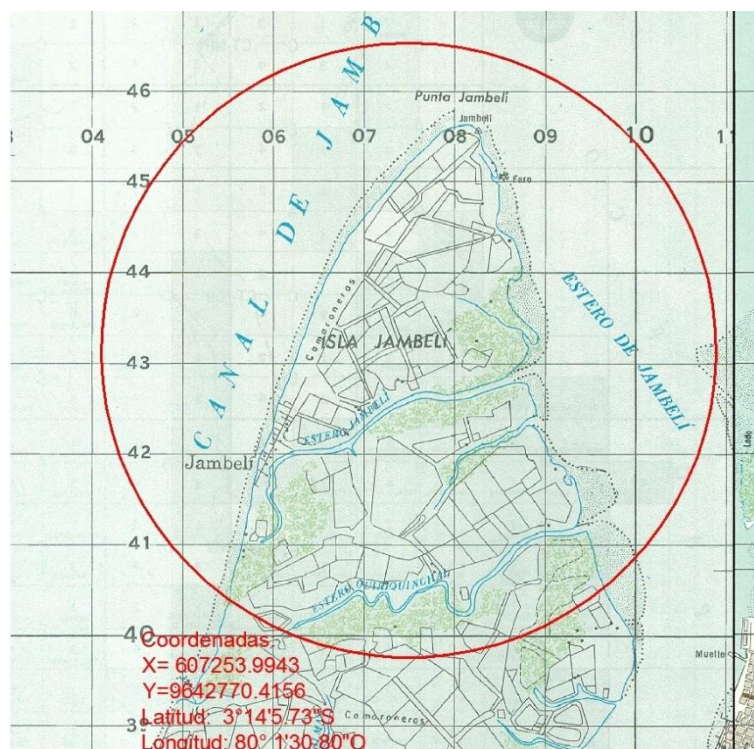
Fuente: Carta cartográfica de el oro del instituto geográfico militar.

Figura 13: Vista Geográfica del área de muestreo de Puerto Hualtaco.



Fuente: Carta cartográfica de el oro del instituto geográfico militar.

Figura 14: Vista Geográfica del área de muestreo de la Isla Jambelí.



Fuente: Carta cartográfica de el oro del instituto geográfico militar.

2.5.MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS A UTILIZADOS

2.5.1. Reactivos

- Estándar de Plomo (Pb) de 1000 mg.L⁻¹
- Estándar de Mercurio (Hg) de 1000 mg.L⁻¹
- Estándar de Cadmio (Cd) de 1000 mg.L⁻¹
- Ácido Nítrico (HNO₃)
- Ácido clorhídrico (HCl)
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- Agua destilada
- Agua des-ionizada
- Borohidruro de potasio
- Permanganato de potasio
- Hidroxilamina
- Material de referencia

2.5.2. Equipos

- Balanza analítica
- Estufa
- GPS
- Congelador.
- Espectrofotómetro de absorción atómica marca Shimadzu (AA-6300) con generador de hidruros.
- Campana de gases

2.5.3. Material de vidrio

- Beacker
- Pipetas graduadas de 10 ml.
- Micropipetas de 100 a 1000 uL
- Vasos de precipitación
- Balones volumétricos de 25, 50, 100 250 ml
- Embudos
- Tubos de ensayo
- Probeta de 10 y 100 ml

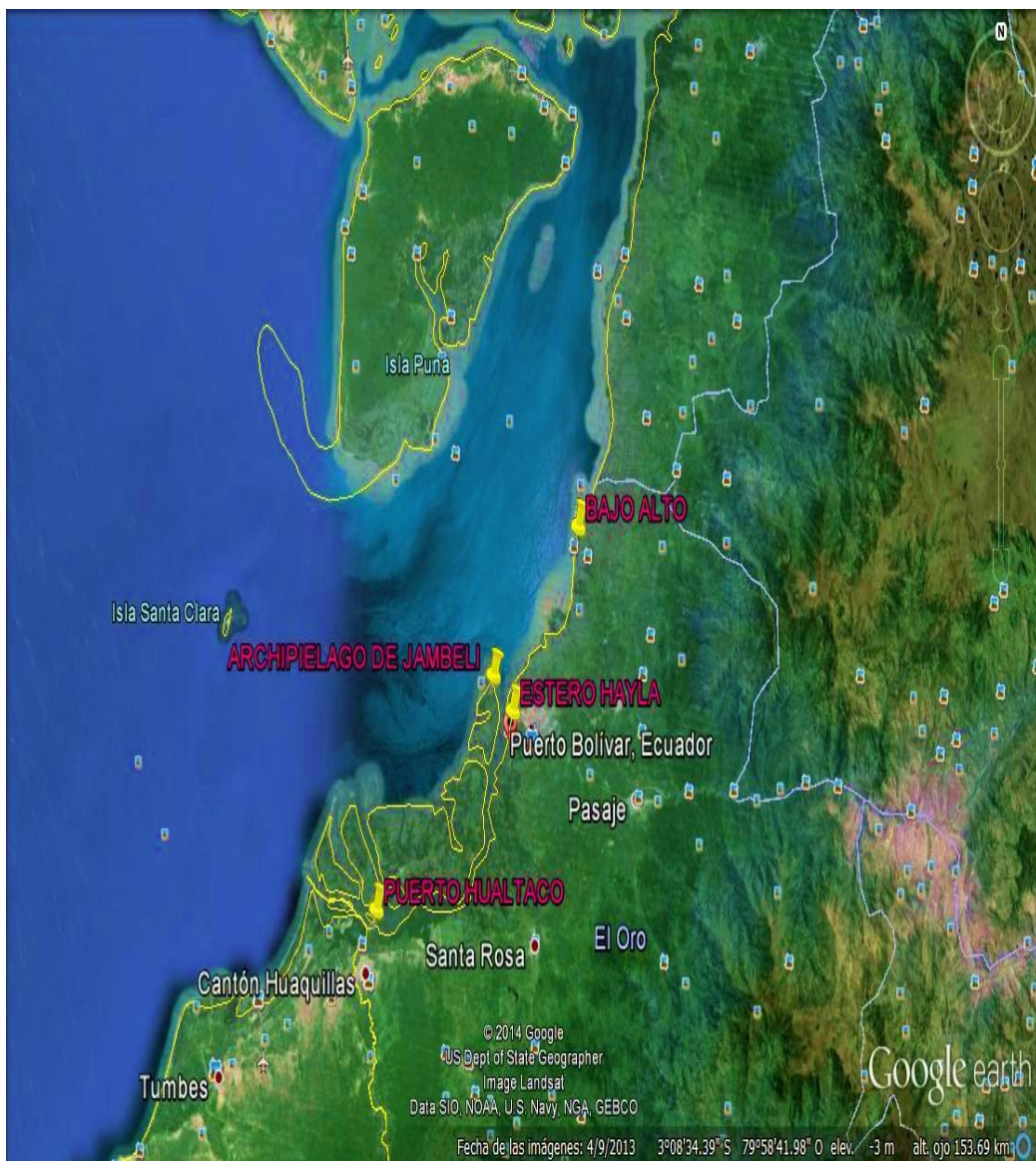
2.5.4. Otros materiales

- Recipientes de polietileno.
- Cuchillo de polietileno.
- Cucharas de polietileno
- Guantes quirúrgicos
- Fundas de polietileno
- Hielera.
- Papel absorbente
- Gradilla para tubos de ensayo
- Pera de goma para pipeta

2.6.RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Se contó con cuatro localidades específicas para la realización del muestreo las cuales están conformadas por el Estero Huayla, Puerto Hualtaco, Archipiélago de Jambelí y Bajo Alto. El total de muestras recolectadas serán representativas a la caracterización del grado de contaminación que existen en las distintas localidades donde se realizara el muestreo. Entre las contaminaciones que existen en dichos puntos de muestreo son el procedente de desechos urbanos, de la minería, bananeras y camaroneras.

Figura 15: Mapa de los puntos de muestreo.



Fuente: Google Earth, 2015.

2.6.1. Toma de muestra

Las muestras de organismos se colectaron de manera manual con ayuda de material plástico para evitar la contaminación cruzada. En cada una de las localidades de muestreo se colectaron aproximadamente 30 organismos de la especie de estudio, los organismos recolectados fueron conservados en fundas polietileno y en refrigeración en una hielera para ser trasladadas hasta el Laboratorio de investigación de la unidad académica de ciencias químicas y de la salud.

Las muestras fueron recolectadas con ayuda de una persona con conocimientos en recolección de bivalvos, para dicha recolección fue necesario ingresar con un bote se al área de manglar y en marea baja, debido a que el bivalvo de estudio se encuentra en áreas fangosas o lodosas apta para su desarrollo.

A cada especie se le determinó el índice de condición ($Pfc/Pv \times 100$), según (Nascimento & Pereira, 1980) y (Cabrera, Zamora, & Pacheco, 1983), donde Pfc es el peso fresco de la carne y Pv es el peso valva.

2.7. ANÁLISIS DE LOS ORGANISMOS

2.7.1. Preparación de las muestras

1. Las muestras de los organismos recolectados se limpiaron externamente. Después se lavó con agua des ionizada para eliminar los restos de sedimento (**ver Anexo 1**).
2. Se procede a tomar las medidas morfométricas, como son el largo ancho y altura de cada organismo (**Ver Anexo 2**).
3. Se tomó el peso total del organismo a disectar (**Ver Anexo 3**),
4. Luego se separó el tejido blando (gónadas) de las valvas y se la coloco en un recipiente para proceder a la disección (**Ver Anexo 3**),
5. Se procedió a tomar el peso del tejido (**Ver Anexo 4**),
6. Finalmente se colocó en un recipiente de 25 ml, aproximadamente de 3 a 4 gr de muestra disectadas (**Ver Anexo 4**).
7. Una vez colocada la muestra en el recipiente se colocó en la estufa a 50 °C para secar (**Ver Anexo 5**) durante 48 horas, se secaron los ejemplares aplicando

temperatura, para que estas no sufran ningún cambio o deterioro hasta realizar los análisis correspondientes.

2.7.2. Digestión de las muestras para determinación de Cd, Pb y Hg.

Luego de haber realizado la preparación y el secado de la muestra, se digiere con 3 ml de ácido nítrico al organismo seco, se dejó que el ácido reaccione con la muestra durante 24 horas (**Ver Anexo 5**), luego de haber transcurrido el tiempo indicado de la digestión se realizó baño maría a las muestras digeridas (**Ver Anexo 6**) durante una hora a una temperatura que no sobrepase los 60 grados centígrados. Las muestras se filtraron con papel filtro NM 615. Ø 125mm y se diluyeron a 25 ml de la solución obtenida con agua des ionizada (**Ver Anexo 7**).

3. Para el análisis de mercurio se realizaron las siguientes disoluciones a las muestras:

1. En las muestras de puerto Hualtaco se procedió a realizar dos diluciones la primera disolución (1:1) se la realizo con 10ml de muestra y 10ml de agua des ionizada luego para la disolución 2 se tomó 4 ml de la disolución 1 y se adicono 1ml de H₂SO₄ y 0,5 de HCl y se procede a enazar a 12 ml con agua des ionizada a esta última dilución le colocamos KMnO₄ al 5% hasta tener un color persistente aproximadamente 10 gotas y se procede a la lectura.
2. Las muestras de bajo alto se realizó una disolución 1:1 y se le adicono 1ml de H₂SO₄ y 0,5 de HCl, luego se le agrega KMnO₄ al 10% hasta obtener una coloración persistente y se la titula con hidroxilamina al 5%.
3. En las muestras de estero Huayla y las de Jambelí se toma volumen de 8 ml de la solución concentrada y se la lleva a tubos ensayos, se le adiciona 1ml de H₂SO₄ y 0,5 de HCl, luego se le agrega KMnO₄ al 10% hasta obtener una coloración persistente y se la titula con hidroxilamina al 5%.

En las muestras 1,2, 30 y 4 del estero Huayla se realizó una disolución 1:1 es decir 10ml de muestra concentrada y 10ml de agua des-ionizada.

4. Disolución para el análisis de cadmio y plomo.

Para el análisis Cd y Pb de las muestras, no se realizó ninguna disolución, es decir que se tomó 5 ml de muestra concentrada para el análisis de cada metal, respectivamente de cada punto de análisis y se procedió a las lecturas en el espectrofotómetro.

4.1. PREPARACIÓN DE ESTÁNDARES PARA CALIBRACIÓN DEL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

4.1.1. Preparación de estándar de mercurio (Hg)

Para la realización de los estándares de Hg, se procedió a realizar cinco estándares partiendo de la muestra patrón. Mediante fórmula de relación de concentraciones y volúmenes que es la siguiente:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Con la cual se realizó 50 ml de solución de 2000 ppb, para el cual se tomó 100 μ l del estándar de Hg que posee 1000 μ g/ml y se agregó unas gotas de HNO₃ al 10%, y esta solución obtenida se realizó los estándares de 10, 30, 40, 50 y 60 ppb. A continuación se detalla en la **Tabla 8** las concentraciones de cada estándar y los μ l necesarios de la solución preparada de 2000 ppb para la obtención de 50ml de cada uno de los estándares indicados anteriormente.

Tabla 8: Disolución de muestra patrón y concentraciones estándar de Hg.

Volumen de solución de 2000 ppb	Concentración de estándares (ppb o μ l)
250 μ l	10
750 μ l	30
1000 μ l	40
1250 μ l	50
1500 μ l	60

Fuente: Ordoñez, 2015.

4.1.2. Preparación de estándar de plomo (Pb)

Procedió a realizar cuatro estándares partiendo de la muestra patrón. Mediante fórmula de relación de concentraciones y volúmenes que es la siguiente:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

De la solución patrón de concentración de 1000 ppm, se procedió a realizar los estándares de 1, 2, 3 y 4 ppm. A continuación se detalla en la **Tabla 9** las concentraciones de cada estándar y los μl necesarios de la solución patrón de 1000 ppm para la obtención de 50ml de cada uno de los estándares indicados anteriormente.

Tabla 9: Disolución de muestra patrón y concentraciones estándar de Pb.

Volumen de solución de 1000 ppm	Concentración de estándares (ppm o μl)
50 μl	1
100 μl	2
150 μl	3
200 μl	4

Fuente: Ordoñez, 2015.

4.1.3. Preparación de estándar de cadmio (Cd)

Procedió a realizar cinco estándares partiendo de la muestra patrón. Mediante fórmula de relación de concentraciones y volúmenes que es la siguiente:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

De la solución patrón de concentración de 1000 ppm, se procedió a realizar los estándares de 0.1, 0.4, 0.5, 0.8 y 1.5 ppm. A continuación se detalla en la **Tabla 10** las concentraciones de cada estándar y los μl necesarios de la solución patrón de 1000 ppm para la obtención de 50ml de cada uno de los estándares indicados anteriormente.

Tabla 10: Disolución de muestra patrón y concentraciones estándar de Pb.

Volumen de solución de 1000 ppm	Concentración de estándares (ppm o µl)
5 µl	0,1
20 µl	0,4
25 µl	0,5
40 µl	0,8
75 µl	1,5

Fuente: Ordoñez, 2015.

4.2.PROCESO PARA EL ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE METALES PESADOS EN EL BIVALVO *Anadara tuberculosa* EN EL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

Para la realización de las lecturas en el espectrofotómetro se procedió a realizar los siguientes pasos:

1. Se prende el Espectrofotómetro de absorción atómica se deja que calienten las lámparas, se revisa que la presión de los gases estén dentro de los parámetros requeridos por el equipo.
2. Se prepara el sistema de generación de hidruros para su operación de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Deberán, así mismo, ser optimizados: la concentración de los reactivos a utilizar, los caudales de líquido y del gas de purga (argón o nitrógeno), para obtener el máximo rendimiento de la configuración de cada sistema.
3. Se instala la célula de cuarzo en el campo óptico del espectrofotómetro utilizando en cada caso el sistema de ensamblaje proporcionado. El calentamiento de la célula puede ser electro térmico o por llama. En este último caso el carácter de la llama deberá ser oxidante.
4. Se dispone el AAS en condiciones de medir y se elige la longitud de onda de medida. En el caso del Pb es recomendable utilizar la línea de absorbancia 217 nm (Kirk, 1999).

Para el análisis de mercurio en el espectrofotómetro se procedió a preparar los siguientes reactivos para el generador de hidruros:

1. Ácido clorhídrico al 5 molar.
2. Boro hidruro: para preparar esta solución se pesó 2gr de borihidruro de sodio y 0,2 gr de hidróxido de sodio y se enraza con agua des ionizada, de estas cantidades se obtiene 100ml de borihidruro.
3. Se prepara también el blanco de las muestras que se analizaron.

Límite detección del espectrofotómetro de absorción atómica para los metales Pb, Cd y Hg

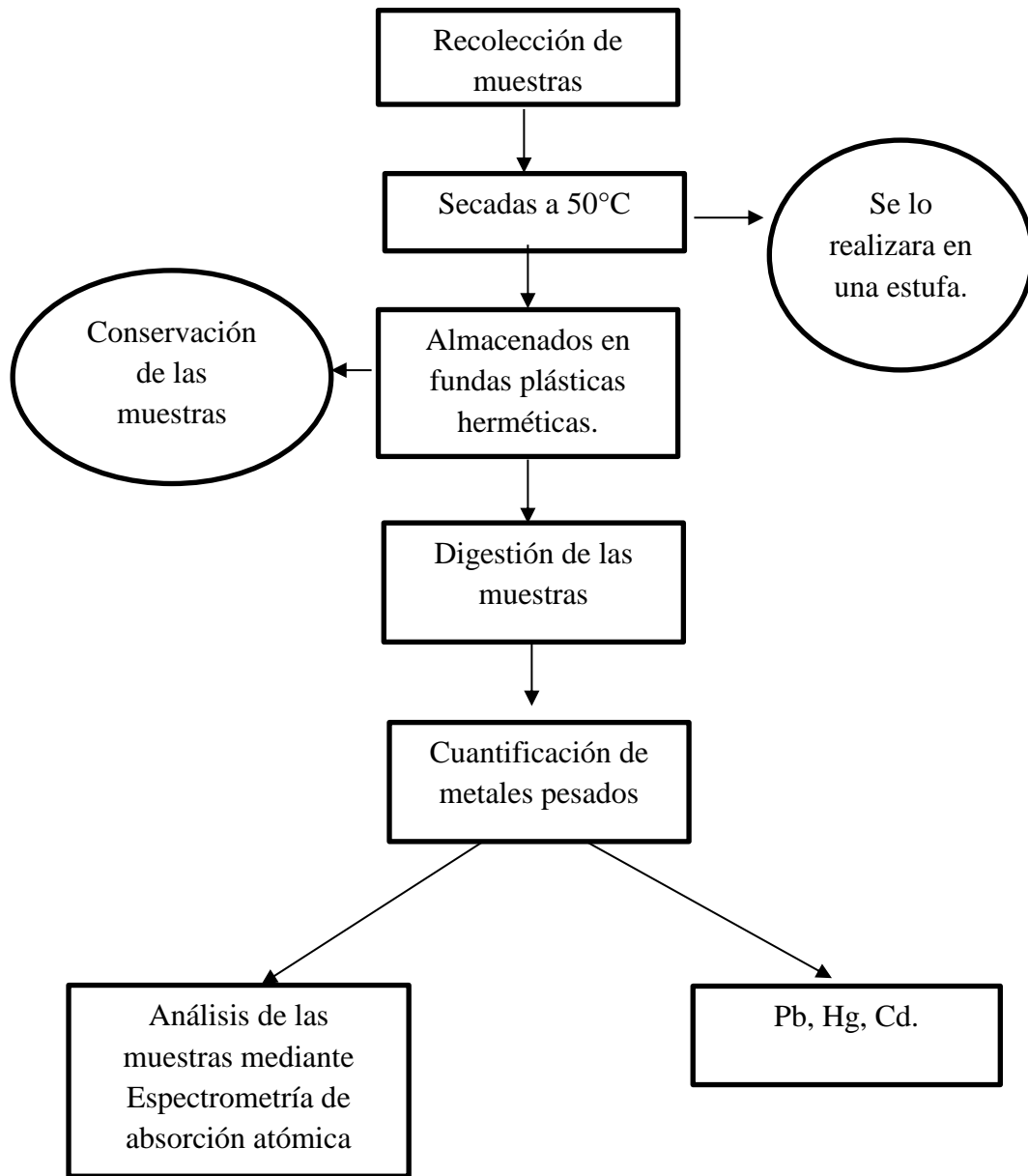
En la siguiente tabla se detalla los límites detección para cada metal en el EAA.

Tabla 11: Límite detección en el espectrómetro de absorción atómica.

Pb	0.16 ppm
CD	0.025 ppm
Hg	1.8 ppb

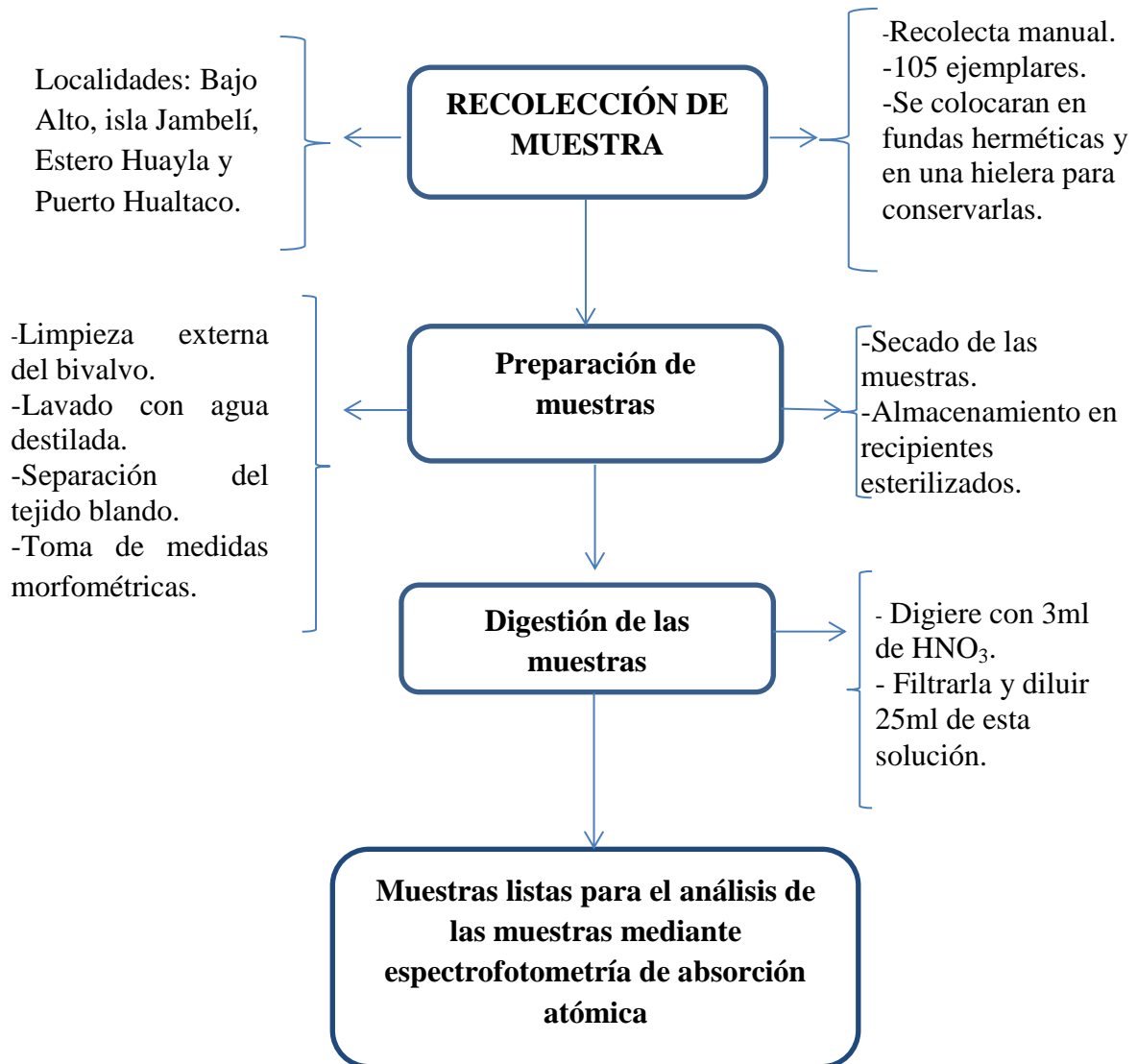
Fuente: Ordoñez, 2015

Figura 16: Diagrama de flujo general del proceso



Fuente: Ordoñez, 2015

Figura 17: Diagrama de flujo específico del proceso de obtención y preparación de las muestras.



Fuente: Ordoñez, 2015

5. RESULTADOS

PARÁMETROS MORFOMÉTRICAS

Se analizaron un total de 105 ejemplares de *Anadara tuberculosa* con un rango en el peso total de 14- 62 g y una longitud comprendida entre 3 y 5,9 cm. Los organismos que presentaron mayor rango en el peso en gramos fueron obtenidos en Puerto Hualtaco como indica la **Tabla 12**.

Las muestras colectadas en cada uno de los puntos de muestreos no fueron homogéneas, tanto para su peso como para las longitudes de cada organismo como lo muestra la siguiente tabla que detalla el rango y la desviación estándar para cada localidad.

Tabla 12: Resumen Estadístico para los parámetros morfométricos de *A. tuberculosa* de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.

Localidades	Peso total		Alto		Largo		Ancho	
	Rango	SD	Rango	SD	Rango	SD	Rango	SD
EH	14,0-42,0	6,77	3,0-4,5	0,33	4,0-5,7	0,39	1,8-2,9	0,29
BA	19,0-47,0	7,94	3,0-4,4	0,34	3,0-5,9	0,54	2,0-3,0	0,27
AJ	14,0-47,0	9,06	2,3-3,9	0,36	3,6-5,9	0,53	1,5-3,0	0,36
PH	17,0-62,0	10,91	2,5-3,8	0,33	3,8-5,6	0,49	2,0-3,5	0,38

SD= desviación estándar. EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco.

Fuente: Ordoñez, 2015.

ÍNDICE DE CONDICIÓN

En la **Tabla 13** se detalla un recuento de las muestras que se analizaron en cada localidad, así como también el promedio, la desviación estándar, el coeficiente de variación y los máximos y mínimos.

Tabla 13: Resumen Estadístico para IC (índice de condición) de *A. tuberculosis* de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.

Localidades	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación.	Mínimo	Máximo
EH	27	31,92	5,65	17,71%	23,08	45,45
AJ	30	28,56	6,01	21,05%	20,0	48,15
BA	27	25,38	5,11	20,13%	16,67	37,5
PH	21	24,16	8,38	34,69%	12,73	53,33
Total	105	27,73	6,84	24,69%	12,73	53,33

EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco.

Fuente: Ordoñez, 2015.

En la **Tabla 14** se realizó la prueba de Kruskal-Wallis la cual consiste en evaluar la hipótesis nula de las medianas del IC dentro de cada una de las 4 columnas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Al final se calcula el rango promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, lo cual indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 14: Kruskal-Wallis para IC (índice de condición) de *A. tuberculosis* de cuatro localidades de la región costera de la Provincia de El Oro.

Localidades	Tamaño Muestra	Rango Promedio
EH	27	74,6481
AJ	30	56,3
BA	27	43,037
PH	21	33,2619

Estadístico = 25,74 Valor-P = 0,0000107894. EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco.

Fuente: Ordoñez, 2015.

En la **Tabla 15** en la parte superior se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Esta **Tabla 16** se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuál de las medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 4 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

Estos resultados demuestran que el IC *A. tuberculosa* es mayor en los ejemplares capturados en el EH, en relación al resto de las localidades analizadas (**Figura 16**).

Tabla 15: Homogeneidad de múltiples rangos para el índice de condición en las cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.

Localidades	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PH	21	24,1667	X
BA	27	25,3885	XX
AJ	30	28,5603	X
EH	27	31,9263	X

EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco.

Fuente: Ordoñez, 2015.

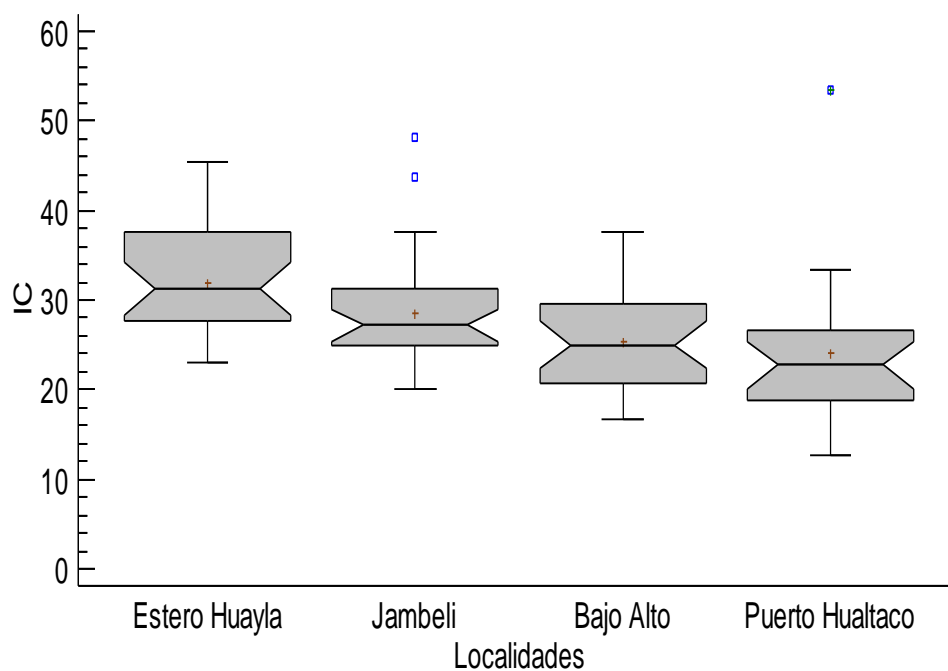
Tabla 16: Contraste y diferencia significativa entre las cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
EH – AJ	*	3,36596	3,29677
EH – BA	*	6,53778	3,38241
EH – PH	*	7,75963	3,61595
AJ – BA		3,17181	3,29677
AJ – PH	*	4,39367	3,53597
BA – PH		1,22185	3,61595

* indica una diferencia significativa. EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco.

Fuente: Ordoñez, 2015.

Figura 18: Índice de condición de los parámetros morfométricos de *A. tuberculosa* con respecto a cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.



Fuente: Ordoñez, 2015.

5.1.MERCURIO Hg

En la **Tabla 17** se detalla la cantidad de Hg existente en las muestras de bivalvos recolectada en cada punto de muestreo, teniendo así una mayor concentración de mercurio en las muestras de la localidad de Puerto Hualtaco con un promedio y desviación estándar de $1743,92 \pm 1698,45$ respectivamente.

En la tabla también se detalla el recuento de las especies recolectadas en cada localidad así como el coeficiente de variación y los mínimos y máximos de cada punto de muestreo.

Tabla 17: Resumen Estadístico del mercurio efectuado al organismo *A. tuberculosa* de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.

Localidades	Recuento	Promedio	SD	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
EH	27	242,87	220,05	90,60%	22,34	755,54
AJ	30	684,3	274,01	40,04%	62,04	1298,16
BA	27	303,67	251,3	82,75%	66,51	1153,85
PH	21	1743,92	1698,45	97,39%	186,78	6294,13
Total	105	684,83	958,388	139,94%	22,34	6294,13

EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco. SD= desviación estándar

Fuente: Ordoñez , 2015.

En la **Tabla 18** observaremos la prueba de Kruskal-Wallis la cual indica que la concentración de mercurio en los organismos presenta una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 18: Contraste de Kruskal-Wallis para la concentración de Hg en *A tuberculosa* de cuatro localidades de la región costera de la Provincia de El Oro.

Localidades	Tamaño Muestra	Rango Promedio
EH	27	29,9259
AJ	30	69,5667
BA	27	38,0741
PH	21	78,1905

Estadístico = 45,2288 Valor-P = **8,27266E-10**. EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco.

Fuente: Ordoñez, 2015.

En la parte superior de la **Tabla 19**, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Mientras que en la **Tabla 20** se aplica un procedimiento de comparación múltiple que determina que Puerto Hualtaco difiere significativamente con las otras zonas con un valor muy superior con un valor promedio de 1743,92 $\mu\text{g}/\text{Kg}$, y la menor concentración la presenta la zona costera de Bajo Alto (303,67 $\mu\text{g}/\text{kg}$). (**Figura 17**)

Tabla 19: Homogeneidad de múltiples rangos para la concentración de Hg en *A. tuberculosa* de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.

Localidades	Casos	Media	Grupos Homogéneos
EH	27	242,865	X
BA	27	303,677	XX
AJ	30	684,3	X
PH	21	1743,92	X

EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco.

Fuente: Ordoñez, 2015.

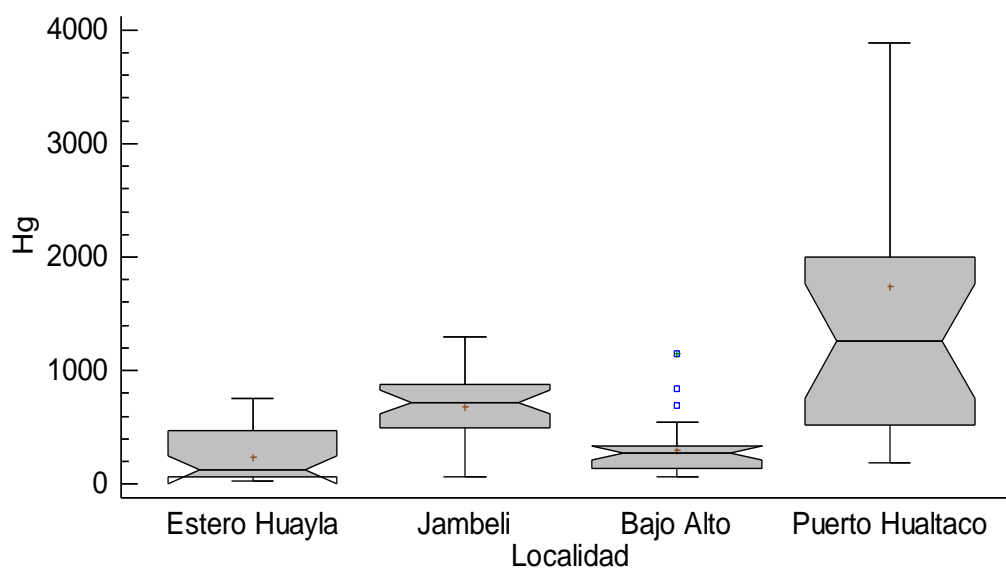
Tabla 20: Contraste y diferencia significativa entre la concentración de Hg en *A. tuberculosa* y las cuatro localidades de la región costera de la Provincia de El Oro.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
EH – AJ	*	-441,435	414,863
EH – BA		-60,8122	425,64
EH – PH	*	-1501,06	455,028
AJ – BA		380,623	414,863
AJ – PH	*	-1059,62	444,963
BA - PH	*	-1440,25	455,028

* indica una diferencia significativa. EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco.

Fuente: Ordoñez, 2015.

Figura 19: Concentración de Mercurio que existen en las muestra de *A. tuberculosa* de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.



Fuente: Ordoñez, 2015.

5.2.CADMIO Cd

En la **Tabla 21** se detalla la cantidad de Cd existente en las muestras de *A. tuberculosa* recolectadas en cada punto de muestreo, teniendo así una mayor concentración de Cd en las muestras de la localidades de Bajo Alto y Puerto Hualtaco con un promedio y una desviación estándar de $3,97 \pm 2,49$ y $3,52 \pm 2,90$ respectivamente.

Tabla 21: Resumen Estadístico del Cadmio efectuado al organismo *A. tuberculosa* de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.

Localidades	Recuento	Promedio	SD	CV	Mínimo	Máximo
EH	27	1,40	0,75	53,53%	0,41	3,28
AJ	30	1,96	1,45	74,05%	0,81	7,09
BA	27	3,97	2,49	62,72%	0,93	10,91
PH	21	3,52	2,90	82,41%	1,06	15,35
Total	105	2,65	2,24	84,87%	0,41	15,35

EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco.

Fuente: Ordoñez, 2015.

En la **Tabla 22**, el rango promedio de los datos fue mayor en Bajo Alto y Puerto Hualtaco, determinándose diferencia estadísticamente significativa en las localidades estudiadas.

Tabla 22: Contraste de Kruskal-Wallis para la concentración de Cd en *A. tuberculosa* de cuatro localidades de la región costera de la Provincia de El Oro.

Localidades	Tamaño Muestra	Rango Promedio
EH	27	31,01
AJ	30	41,85
BA	27	74,35
PH	21	69,73

Estadístico = 37,7024 Valor-P = 3,26766E-8. EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco.

Fuente: Ordoñez, 2015.

En la parte superior de la **Tabla 23**, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. El cual no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

En la **Tabla 24**, se aplica un procedimiento de comparación múltiple la que determina que la Zona Costera de Bajo Alto difiere significativamente con las otras zonas con una concentración de 3,97 µg/g y la menor concentración presenta un valor de 1,40 µg/g. (**Figura 18**)

Tabla 23: Homogeneidad de múltiples rangos para la concentración de Cd en *A. tuberculosa* de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.

Localidades	Casos	Media	Grupos Homogéneos
EH	27	1,40	X
AJ	30	1,96	X
PH	21	3,52	X
BA	27	3,97	X

EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco.

Fuente: Ordoñez, 2015.

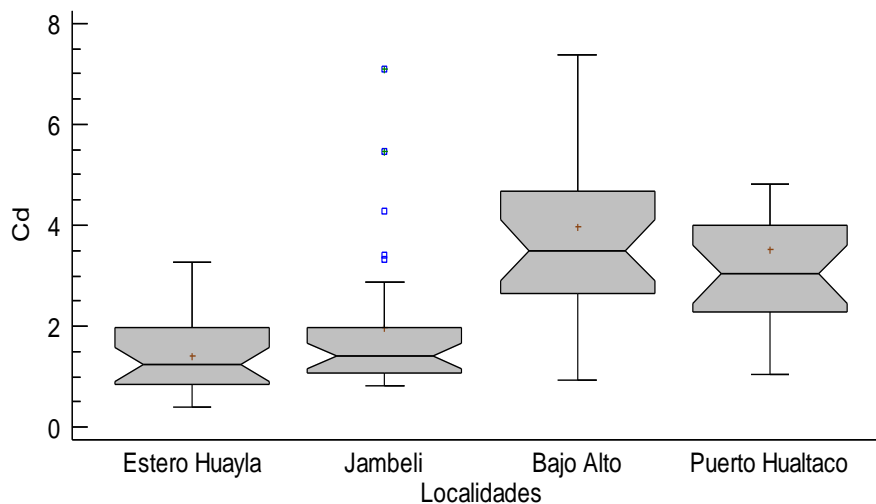
Tabla 24: Contraste y diferencia significativa entre la concentración de Cd en *A tuberculosa* y las cuatro localidades de la región costera de la Provincia de El Oro.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
EH - AJ		-0,55	1,05
EH - BA	*	-2,56	1,08
EH - PH	*	-2,12	1,15
AJ - BA	*	-2,01	1,05
AJ - PH	*	-1,56	1,13
BA - PH		0,44	1,15

* indica una diferencia significativa. EH: Estero Huayla; AJ: Archipiélago de Jambelí; BA: Bajo Alto; PH: Puerto Hualtaco.

Fuente: Ordoñez, 2015.

Figura 20: Concentración de Cadmio que existen en las muestra de *A tuberculosa* de cuatro localidades de la Región Costera de la Provincia de El Oro.



Fuente: Ordoñez, 2015.

5.3. PLOMO Pb

En los análisis realizados a los organismos para determinar los niveles de Pb, estos no fueron detectados por el equipo, esto quiere decir que los niveles de Pb en los organismos está por debajo del límite de detección del equipo de espectrofotometría de absorción atómica el cual es de 0,16 ppm por lo que se sugiere realizar los análisis de este metal en un equipo que tenga un límite de detección inferior al de espectrofotometría de absorción atómica o un equipo con horno de grafito o un ICP.

5.4.CORRELACIONES MÚLTIPLES.

La **Tabla 25** de correlaciones múltiple, muestra las correlaciones entre los metales analizados y los parámetros morfométricos. La **Tabla 25** muestra la relación positiva y significativa de los parámetros morfométricos como peso total del organismo, longitud, altura, ancho y peso del tejido. El Hg se relacionado negativamente con el índice de mientras que el Cd positivamente.

Tabla 25. Correlaciones y análisis de regresión múltiple de *A. tuberculosa* de cuatro localidades de la región costera de la Provincia de El Oro.

	P.T.O	LT	AL	AN	PT	Hg	IC	Cd
P.T.O								
LT	0,71 0,0000							
AL	0,7005 0,0000	0,7258 0,0000						
AN	0,7940 0,0000	0,5854 0,0000	0,5656 0,0000					
PT	0,8011 0,0000	0,7550 0,0000	0,8239 0,0000	0,6437 0,0000				
Hg	0,1732 0,0773	-0,0771 0,4345	-0,1692 0,0844	0,2892 0,0028	-0,1279 0,1937			
IC	-0,1345 0,1714	0,1905 0,0516	0,3080 0,0014	-0,0687 0,4861	0,4342 0,0000	-0,3244 0,0007		
Cd	0,2112 0,0306	-0,1142 0,2462	-0,1312 0,1822	0,1113 0,2584	-0,0861 0,3827	0,3415 0,0004	-0,3772 0,0001	

Fuente: Ordoñez, 2015.

6. DISCUSION

Los resultados obtenidos luego de haber realizado el análisis de metales a las 105 muestras recolectadas de bivalvos de la especie *Anadara tuberculosa*, la investigación demuestra la presencia de Hg y Cd en los tejidos de los bivalvos procedentes de cuatro localidades de la región costera de la provincia de el oro los cuales son bajo alto, Jambelí, estero Huayla y puerto Hualtaco.

En los parámetros morfométricos de los bivalvos *A. tuberculosa* no existen diferencias significativas en la longitud total, alto, largo y ancho, es decir que estos no difieren unos de otros entre las localidades analizadas. No obstante el IC fue significativamente menor en PH y BA con valores promedio de $24,16 \pm 8,38\%$ y $25,38 \pm 5,11\%$ respectivamente. El Estero Huaylá presento el mayor valor con un promedio de $31,92 \pm 5,65\%$ al igual que Jambelí con valores de $28,56 \pm 6,01\%$. Esto sugiere que los organismos aunque presenten el mismo tamaño y peso, los capturados en el EH tienen mayor masa de tejido húmedo, asociado posiblemente a una mayor carga de materia orgánica en el estero que les proporciona mayor cantidad de alimento, lo mismo está ocurriendo con los ejemplares capturados en el Archipiélago de Jambelí.

Los niveles de Hg en los tejidos blandos de *Anadara tuberculosa* tienen una concentración promedio total de mercurio de $684,83 \pm 958,38$, muestran variaciones dependiendo a cada localidad, el cual nos indica que existen diferencias significativas entre las zonas de análisis, teniendo una mayor concentración en la localidad de PH y AJ con valores promedios de $1743,92 \pm 1698,45$ y $684,3 \pm 274,01$ respectivamente. Sin embargo las zonas de BA y EH presentaron menor concentración de mercurio en los organismos analizados con valores de $303,67 \pm 251,3$ y $242,87 \pm 220,05$. Esta variación del metal indica que existe una mayor biodisponibilidad de metal en la localidad de Puerto Hualtaco.

Los niveles de Cd en los organismos de estudio también muestran una variación en los especímenes teniendo diferencia significativa entre las localidades, mostrando que la zona de Bajo Alto y Puerto Hualtaco tiene mayor concentración de Cd con valores promedios de $3,97 \pm 2,49$ y $3,52 \pm 2,90$, y con menor concentración en Archipiélago de Jambelí con un promedio de $1,96 \pm 1,45$ y Estero Huayla con valores de $1,40 \pm 0,75$, demostrando que las

localidades que se encuentra con mayor concentración de Hg y Cd son puerto Hualtaco seguido de Bajo Alto y Archipiélago de Jambelí.

Las concentraciones de plomo no fueron detectadas por el equipo, debido a que los niveles de Pb en los ejemplares analizados están por debajo del límite de detección del espectrofotómetro de absorción atómica que es de 0,16ppm

En la relación de IC nos indica que los organismos a medida que desarrollan, los niveles de Cd y Hg son menores, aunque la literatura lo corrobora y hacen pensar que el crecimiento es mucho más rápido que la incorporación de estos metales en el organismo o también que la reproducción del organismo intervenga en los niveles de los metales en el bivalvo.

Los principales factores que determinan la deposición de Hg en las áreas costeras están influenciados por la descarga de los sistemas fluviales, las surgencias desde el océano y las depositaciones atmosféricas (Rojas N. L., 2009). Esto podría explicar la presencia de Hg en *A. tuberculosa* de la Región Costera de la Provincia de El Oro. Con un mayor eso en las descargas fluviales dada a la gran actividad minera que ha caracterizado la provincia de El Oro

En la **Tabla 26** podemos observar que las concentraciones de metales obtenidos en otras investigaciones son menores a los obtenidos en nuestra investigación. (Rojas N. L., 2009) determino en el bivalvo *Perna viridis* la concentración de mercurio en dos localidades tanto para hembras como para machos teniendo una mayor concentración de Hg en Rio caribe con un promedio de $1,129 \pm 0,763 \mu\text{g g}^{-1}$ en masa seca, (Salazar-Lugo, 2009) determino la concentración de mercurio en bivalvo y mejillón en el que tuvo una concentración de $0,433 \mu\text{g g}^{-1}$ en peso húmedo, mientras que en nuestros análisis la concentración de mercurio son mayores con un valor de $0,7 \mu\text{g Kg}^{-1}$.

En el caso de cadmio la investigación realizada por (Salazar-Lugo, 2009) determino que en el bivalvo y mejillón se encontró una concentración de $0.13 \mu\text{g/g}$ que es menor a los resultados obtenidos en nuestra investigación que es de $2,65 \mu\text{g g}^{-1}$ m.s.

Tabla 26: Niveles de mercurio y cadmio en diferentes bivalvos.

Especie	Hg	Cd	Pb	Autor
Almeja <i>Tivela mactroides</i> (Juveniles)		0,06 ± 2,45 Medianos 53,48±15,66. Adultos 6,52±1,65. -rio chico Juveniles 2,60±0,240, medianos 4,50±1,29 adultos 5,64±0,910.	Rio chico Juveniles 0,02 ± 0,006 Medianos 0,53±0,0200; adultos 1,80±0,447.	(Acosta & Lodiros, 2004)
		Chacopata 0.432±0.472 µg g ⁻¹ m.s Río Caribe -febrero 1.129±0.763 µg g ⁻¹ p.s- Abril según el sexo 0.471±0.679 y 0.688 ±0.894 µg g ⁻¹ m.s. para machos y hembras		
Zamburiña (<i>Chlamys</i> varia) y almeja (<i>Mulinia</i> spp.).		-zamburiña 3,04 ppm - almeja 1,28 ppm Hepatopáncreas		(García, García, Alonso, & Melgar, 2005)
Bivalvo (<i>L. plei</i>) Mejillón (<i>P. viridis</i>)	Hg: 0.433 µg g ⁻¹	0.13 µg/g	6.87µg/g.	(Salazar- Lugo, 2009)
Este trabajo <i>A. Tuberculosa</i>	0,7 mg Theocharis et al., 2003 Kg ⁻¹ m.s	2,65 µg g ⁻¹ m.s		Ordoñez, 2015

Fuente: Ordoñez, 2015.

En la **Tabla 27** se encuentran los límites permisibles de los metales pesados en bivalvos en distintas normas, las cuales nos indican que la concentración de metales en el análisis realizado en nuestra investigación al bivalvo *Anadara tuberculosa* están sobre los límites permisibles de las siguientes normas: Norma De La Unión Europea, Norma Oficial Mexicana.

Tabla 27: Límites permisibles de metales pesados en los moluscos.

Metales	Norma Unión Europea	Norma Oficial Mexicana NOM-031-SSA1-1993	FAO Norma de calidad para los moluscos bivalvos depurados.	En el presente trabajo. mg/kg y mg/ kg
Cd	2 mg/kg	1 mg/kg	1 mg/kg	EH 1,40 mg/kg AJ 1,96 mg/kg BA 3,97 mg/kg PH 3,52 mg/kg
Pb	2 mg/kg	1 mg/kg	3 mg/kg	Por debajo del límite de detección EH 0,242 mg/kg
Hg	0,5 mg/kg	0,5 mg/kg	1 mg/kg	AJ 0,684 mg/kg BA 0,303 mg/kg PH 1,743 mg/kg

Fuente: Ordoñez, 2015.

La concentración de metales en los bivalvos se determinaron concentraciones altas tanto para cadmio como para mercurio, la presencia de mercurio en esta zona de estudio se debe a las descargas provenientes a la minería, ya que anteriormente la mayor parte de la explotación minera se la realizaba de manera artesanal, utilizando al mercurio para amalgamación del oro.

Mientras que la presencia de cadmio también se debe a la minería como en el caso del Hg ya que este es un subproducto obtenido luego de la obtención de oro en distintas áreas mineras, el cadmio según (Kuffo, 2013) también se encuentra presente en derivados de pigmentos, revestimientos, pinturas y baterías recargables de níquel – cadmio, provenientes principalmente de efluentes industriales y municipales.

La presencia de estos metales se debe también a que existen lanchas o botes que circular por las zonas ya sea por turismo en las distintas localidades de estudio.

7. CONCLUSIONES

- Se determinó que los niveles de los metales Cd y Hg presentan sus mayores concentraciones en Puerto Hualtaco con un valor de 1,74 mg kg⁻¹ y 3,52 mg kg⁻¹, asociada a la actividad minera y el posible uso de agroquímicos con la presencia de estos metales.
- En el análisis de Pb no se pudo detectar el nivel o la concentración de dicho metal debido a que la concentración se encontraba por debajo del límite de detección del equipo de espectrofotometría AA-6300.
- Se determinó una relación negativa y significativa en relación a los metales con el índice de condición de los organismos, por lo que los organismos más pequeños presentaron mayor concentración.
- El Hg y el Cd estuvieron relacionados positivamente indicando una bioacumulación similar para ambos metales y un posible origen común en sus descargas.
- Los resultados obtenidos sobrepasaron los límites permisibles que indican las normas internacionales de los metales pesados en los bivalvos.
- La especie utilizada en nuestra investigación nos indica que son organismos bioacumuladores de Cd y Hg, los cuales los hacen bioindicadores para determinar el grado de contaminación existente en la biota marina.

8. RECOMENDACIONES

- Utilizar hidroxilamina al 5% en las disoluciones para las lecturas de Hg, ya que este reactivo ayudara a que la disolución no haga espuma debido a la materia orgánica presente en la misma y suceda una mejor facilidad en los análisis.
- Para el análisis de Hg es necesario agregar 1ml de ácido clorhídrico y 0,5 de ácido sulfúrico para que exista una mayor digestión en las muestras.
- Se debe tener en cuenta que para los análisis de Hg se debe preparar permanganato de potasio al 10% hasta obtener una coloración morada persistente y titular la muestra que se analizara con hidroxilamina al 5 %.
- Se deben realizar estudios sobre la contaminación marina en la provincia en especial a los organismos de interés comercial en el Oro.
- Tener consideración con los análisis y resultados de esta investigación para que sirva como documento de comparación con investigaciones futura en la Provincia de El Oro y de todo el país.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, E. (2014). DETERMINACIÓN DE LA TOXICIDAD AGUDA CL50, CON PLOMO EN JUVENILES DE CAMARÓN *Litopenaeus vannamei* Y ALEVINES DE TILAPIA ROJA *Oreochromis* sp. Trabajo de titulación, 62 Pp.
- Acosta, V., & Lodiros, C. (2004). METALES PESADOS EN LA ALMEJA TIVELA *MACTROIDES BORN, 1778 (BIVALVIA: VENERIDAE)* EN LOCALIDADES COSTERAS CON DIFERENTES GRADOS DE CONTAMINACION EN VENEZUELA. *Ciencias Marinas*, 30(002), 323-33 pp.
- Adriano, D. C. (2013). Trace elements in the terrestrial environment. (Segunda ed.). New York: Springer Science y Business Media.
- Aguilar, M. M. (2005). Determinación de la densidad adecuada para el cultivo de la Concha prieta (*Anadara tuberculosa*). Tesis de Ingeniero Acuicultor. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Machala., 65 Pp.
- Aldabe, S. B. (2004). Química 2. Química en acción (Primera ed.). Buenos Aires: COLIHUE S.R.L.
- Alvarado, C. (2006). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA AUMENTAR EL VALOR AGREGADO DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE LA CONCHA PRIETA EN LAS LOCALIDADES BUNCHE Y COSTA RICA . Programa de Manejo de Recursos Costeros , 4-15 Pp.
- Arboleda, G. B. (2011). Analisis instrumental. Popayan: Universidad Del Cauca.
- Ardila, N. G. (2002). Libro rojo de invertebrados marinos de. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia, 136 Pp.
- Atilo, E. (2007). Contaminacion. Area Ecologica. Universidad Nacional de Ctamarca, 2-4 Pp.
- ATSDR, A. p. (2007). La toxicidad del Plomo.
- Baird, C. (2001). Química Ambiental. Barcelona: REVERTE.

- Bautista., F. (1999). Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados. Mexico: Universidad Autonoma de Yucatan.
- Begoña, M., Oleagoitia, Z., Aurrekoetxea, J., & Ibarluzea, J. (2008). METALES PESADOS (Pb, Cd, Cr Y Hg) EN POBLACIÓN GENERAL ADULTA PRÓXIMA A UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS URBANOS DE BIZKAIA. *Revista Española Salud Publica*, 82(5), 12 Pp.
- Bermudez, A. (2008). Evaluacion de la Pesqueria de la Concha Prieta (*Anadara tuberculosa*) en el Sitio San Felipe del Estuario del Rio Chone. Proyecto Previo a la Obtencion del Titulo de Licenciado en Acuicultura.
- Blacio E, A. R. (2002). Propuesta de selección de especies de peces y moluscos para diversificación de la acuicultura marina. FUNDACIÓN CENAIM-ESPOL CENTRO NACIONAL DE ACUICULTURA E INVESTIGACIONES MARINAS ". 16 Pp.
- Cabrera, J., Zamora, & Pacheco, O. (1983). Determinación del tamaño comercial de la ostra de manglar, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1 828) en sistema de cultivo suspendido en Estero Viscaya, limón, Costa Rica. *Biologia Tropical*, 31(2), 2 Pp.
- Camean, A. (1995). Toxicología avanzada. Madrid: Dias de Santos S.A. .
- Capelo, E. G. (Quito de 2013). VALIDACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA PARA LA DETERMINACIÓN DE Ba, Co, y V EN SUELOS. Quito.
- Capó, M. A. (2002). Principios de ecotoxicología: diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente . España: S.A. MCGRAW-HILL.
- Cardenas, G. C. (2009). Agricultura, urbanizacion y agua. (R. T. López, Ed.) Uruguay, Montevideo: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA.
- Chang, R. (2002). Química (Septima ed.). Mexico: MCGRAW-HILL.
- CLAIR, N. S. (2001). Química para Ingeniería (Cuarta Edición ed.). Bogotá.: McCraw-Hill Interamericana.
- Clynn, H. y. (1999). Ingeniería Ambiental (Segunda ed.). Mexico: Pearson Educación.

- Codina, J. C. (1983). Toxicología Ambiental. Omega.
- Constantino, C. A., & Ivarez, M. A. (2004). A multivariate analysis of the accumulation and fractionation of major and trace elements in agricultural soils in Hidalgo State, Mexico irrigated with raw wastewater.
- Cordero, V. (2011). Especial peces de Costa Rica (Vol. 18). Costa Rica: Acuarofilia total.
- Da Ros, G. (1995). La contaminación de aguas en el Ecuador: una aproximación económica. Quito: P.U.CE., Instituto de Investigaciones Económicas.
- ESCOBAR, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. (Vol. 20). Santiago de Chile, CHILE: CEPAL.
- Espinoza, C. (2014). INCIDENCIA DE LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA Y DE METALES PESADOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD MARINO COSTERA DEL SITIO COSTA RICA. TRABAJO DE TITULACIÓN. UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA, 53 Pp.
- Floría, P. (2007). Gestión de la Higiene Industrial en la Empresa (7ma ed.). Madrid: Fundacion Confemetal.
- García, M., García, M., Alonso, J., & Melgar, M. (2005). Estudio del contenido de mercurio en zamburiña y almeja. Revista Toxicologica.
- Gil, M., Torres, A., Harvey, M., & Esteves, J. (Diciembre de 2006). Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia Argentina Continental. Biología Marina y Oceanografía, 41(2), 167-176 Pp.
- Granda, N. y. (2012). ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS (Pb, Cd, Ni y Hg) EN AGUA, SEDIMENTOS Y BIOACUMULACIÓN EN LA ESPECIE RHANDIA WAGNE (BARBUDO) DEL RÍO CAUCA EN EL MUNICIPIO DE LA VIRGINIA. Trabajo de grado para optar al título de químico industrial., 80 Pp.
- Harold, W. y. (2005). Analisis Químico e Instrumental Moderno. España: Reverte.
- Humana, Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad. (2014). Medio Ambiente Marino Costero. Quito: PMRC.

- Jerome, R., & Epstein, L. (1991). *Química General (7ma ed.)*. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A.
- Jiménez, B. E. (2001). *La Contaminación Ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada*. Mexico : Limusa, S.A de C.V. Grupo Noriega Editores .
- Keen, A. M. (1971). *SEA Shells of Tropical West América : Marina Moluscos desde Baja California hasta Perú*. CALIFORNIA: Standford University Press.
- Kimbrough K. L., W. J. (2008). *An Assessment of two decades of contaminants monitoring in the nation´s coastal zone*. Silver Spring, 74-105 Pp.
- Kirk, R. S. (1999). *Composición y análisis de alimentos de Pearson*. México: Editorial Continental.
- Kuffo, A. (2013). *NIVELES DE CADMIO, CROMO, PLOMO, Y SU BIOACUMULACIÓN POR Mytella strigata DELIMITANDO LA ZONA URBANO-MARGINAL EN EL ESTERO SALADO DE GUAYAQUIL*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Tesis de Grado para la obtención del título de Magíster en Ciencias en Manejo Sustentable de Biorrecursos y Medio Ambiente.
- LUQUE, E. M. (2005). *DISTRIBUCIÓN DE METALES PESADOS*. Departamento de Biología Vegetal y Ecología.
- Majluf, P. (2002). *LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS*. “PROYECTO ESTRATEGIA REGIONAL DE BIODIVERSIDAD PARA LOS PAISES DEL TROPICO ANDINO”, 111 Pp.
- Marquez, M. D. (2009). *MANUAL DE PRÁCTICAS DEL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA GBC 932 AA*. Vera Cruz: UNIVERSIDAD VERACRUZANA.
- Martínez, M. H. (2000). *La solubilidad de plomo, zinc y cobre añadido a suelos minerales*. *Environ Pollut*, 107 (1)(153-8).
- Mero, M. (2010). “*DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS (Cd y Pb) EN MOLUSCOS BIVALVOS DE INTERÉS COMERCIAL DE CUATRO ESTEROS DEL GOLFO DE GUAYAQUIL*”. Guayaquil.: MAESTRÍA EN CIENCIAS

“MANEJO SUSTENTABLE DE RECURSOS BIOACUÁTICOS Y MEDIO AMBIENTE”. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.

MERO, M. (2010). “DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS (Cd y Pb) EN MOLUSCOS BIVALVOS DE INTERÉS COMERCIAL DE CUATRO ESTEROS DEL GOLFO DE GUAYAQUIL”. Tesis de Grado, 1-6 Pp.

Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana . (2014). Medio Ambiente Marino y Costero. Quito.

Mite G, G. P. (2009). “ELABORACIÓN DEL CATÁLOGO DE INVERTEBRADOS MARINOS BENTÓNICOS MACROSCÓPICOS (EQUINODERMOS, MOLUSCOS Y CRUSTÁCEOS). Tesis de Grado Para la Obtencion de el Titulo de Biologo Marino., 182 Pp.

Monosalvas, V. (2007). “ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES PARA PEQUEÑOS Y MEDIANOS PRODUCTORES DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS Y DERIVADOS”. Tesis para la Obtencion del Titulo de Ingeniero en Industrializacion de Alimentos.

Mora, E. &. (2010). Estado de la pesquería del recurso concha (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en la costa ecuatoriana. Investigación de los Recursos Bioacuáticos y su Ambiente. Instituto Nacional de Pesca.

Mora, S. E. (2002). Catalogo de Bivalvos Marinos del Ecuador. Boletin Cientifico y Tecnico - Instituto Nacional de Pesca (Ecuador), 16 Pp.

Morand, E., Giménez, M., Benitez, M., & Garro, O. (2002). Determinación de arsénico en agua por espectrometría de absorción atómica con generación de hidruro (HG-AAS). Microbiologia de los Alimentos, 4 Pp.

Morlans, M. (2004). Introducción a la Ecología De Poblaciones. Área Ecología, 35 Pp.

Nascimento, I., & Pereira, S. (1980). Changes in the condition index for mangrove oysters (*Crassostrea rhizophorae*) from Todos os Santos Bay, Salvador, Brazil. 20(1), 9-15 Pp.

- Navarro, A. I., Alonso, A., & J.R. (25 de Mayo de 2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de latolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. ECOSISTEMAS Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente.
- Navarro, A. L. (25 de Mayo de 2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de latolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. ECOSISTEMAS Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente.
- Organizacion Mundial de la Salud. (2013). Guía breve de métodos analíticos para determinar el contenido de plomo de la pintura. IOMC, 16 Pp.
- Orozco, C., Gonzales, N., Rodriguez, F., & Alfayate, J. (2003). CONTAMINACION AMBIENTAL UNA VISION DESDE LA QUIMICA. (C. R. ORTEGA, Ed.) MADRID, ESPAÑA: S.A. EDICIONES PARANINFO.
- Pérez, L., Méndez, G., Alonso, D., & Melgar, R. (2004). EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA CONTAMINACIÓN POR PLOMO Y CADMIO EN LA ZONA INTERMAREAL DE LA RÍA DE VIGO. Salud Ambiental, 21-24 Pp.
- Pezo, D. P. (1992). DETERMINACION DE METALES PESADOS BIOACUMULABLES EN ESPECIES ICTICAS DE CONSUMO HUMANO EN LA AMAZONIA PERUANA. FOLIA AMAZONICA, 4(2), 171 Pp.
- Phillips D. (1979). The common mussel, *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. Effects of environmental variables on uptake of metals. Marine Biology, 38(1), 59-69 Pp.
- PNUMA, P. d. (1980). "El Estado del Medio Ambiente".
- Prieto Méndez, G. R., Román G, A. D., & García, P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 10(1), 29-44 Pp.
- Prieto, J., González, C., Román, A., & Prieto, F. (2009). CONTAMINACIÓN Y FITOTOXICIDAD EN PLANTAS POR METALES PESADOS PROVENIENTES DE SUELOS Y AGUA. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 10(1), 29-44 Pp.
- Quayle, P. (2003). Ostras Tropicales: Cultivo y métodos (Primera Edicion ed.). Canada.

- Ramirez, D., & Alvaro, C. (2009). Evaluación de las causas del Proceso de extincion de la Concha Prieta-Anadara similis y Anadara tuberculosa (Sowerby, 1833) en el Estuario del rio Muisne, Provincia de Esmeraldas. Tesis de Grado para la Obtencion del titulo de Biologo Pesquero., 112 Pp.
- Ramírez, P., & Mendoza, C. (2008). Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo (primera ed.). Mexico: Instituto Nacional de Ecología.
- Renge J, G. L. (2006). Induccion al Desove y Desarrollo Larval del Molusco Bivalvo Chione cancellata. Universidad Nacional Experimental Francisco De Complejo Docente El Sabino, 6 Pp.
- Renge, G. (2009). Inducción Al Desove Y Desarrollo Larval Del Molusco Bivalvo Chione Cancellata. Universidad Nacional Experimental Francisco De Complejo Docente El Sabino, 6 Pp.
- Repetto, M. y. (2009). Toxicología Fundamental (Cuarta ed.). Diaz Santos.
- Rodríguez, R. (2001). Estudio de la Contaminación por metales Pesados en la cuenca del Llobregat. Tesis Doctoral.
- Rojas, N. L. (2009). Contenido de mercurio en Perna viridis en la costa norte del Estado Sucre, Venezuela. Ciencias Marinas, 35(1).
- Rojas, N., Lemus, M., Rojas, L., Martínez, G., Ramos, & Chung, K. (2009). Contenido de mercurio en Perna viridis en la costa norte del Estado Sucre, Venezuela. Ciencias Marinas, 35(1), 91-99 pp.
- Salamanca, M., Jara, B., & Rodríguez, T. †. (2004). NIVELES DE Cu, Pb Y Zn EN AGUA Y PERUMYTILUS PURPURATUS EN BAHIA SAN JORGE, NORTE DE CHILE. Gayana (Concepción), 68(1).
- Salazar-Lugo, R. (2009). Estado de conocimiento de las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo en organismos acuáticos de Venezuela. REDVET, 10(11), 9-11 pp.

- Samaniego, E. (2013). "CULTIVO DE CONCHA PRIETA (*Anadara tuberculosa*) A DIFERENTES DENSIDADES EN PISCINAS CAMARONERAS UTILIZANDO ARTES DE CULTIVO". Tesis para Ingeniero Acuocultor, 71 Pp.
- Samaniego. (2013). "CULTIVO DE CONCHA PRIETA (*Anadara tuberculosa*) A DIFERENTES DENSIDADES EN PISCINAS CAMARONERAS UTILIZANDO ARTES DE CULTIVO". Tesis para optar el grado de Ciencias Agropecuarias. Universidad Tecnica de Machala., 157 Pp.
- Sanchez, M. I. (2003). Determinación de metales pesados en suelos de Mediana del Campo Valladolid contenidos extraíbles, niveles fondo y de referencia. Tesis de doctorado.
- Scott, M. y. (1986). Composición química del mejillón *Mytilus* sp. De la costa occidental de baja California En: Contribuciones biológicas y tecnológicas pesqueras.
- Serrano, B. (2011). El impacto por contaminación de las Baterías de Plomo-Acido . Chile: Universidad Mayor.
- Spiro, T., & Stigliani. (2004). Química Medioambiental (Segunda ed.). (Y. M. Albarrán, Trad.) Pearson Educación.
- Springer, M. (2010). Biomonitorio Acuático. Revista de Biología Tropical,(4), 53-59.
- Union Europea. (2014). Contenidos máximos en metales pesados en productos Alimenticios. Valencia: Secretaria de estado de comercio .
- USAID. (2009). Evaluación de contaminación de concha prieta y cangrejo rojo,. USAID COSTAS Y BOSQUES SOSTENIBLES, 43 Pp.
- Wittmann, G. (1981). Toxic Metals. In: Metal Pollution in the Aquatic Environment. New York: Springer Science y Business Media.
- Yanez, M. (2012). Cultivo de *Anadara tuberculosa* o Concha Prieta. Escuela de Acuicultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Zambrano, M., Casanova, R., Arencibia, G., & Vidal, A. C. (July/Dec de 2012). CINÉTICA DE BIOACUMULACIÓN DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS EN *Anadara similis* Y *Anadara tuberculosa*. U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, vol.15(nº2), 12pp.

ANEXOS

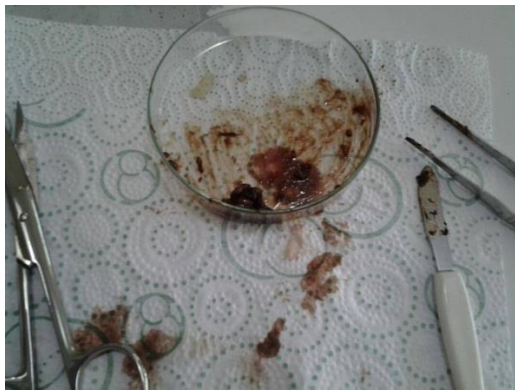
Anexo 1: Bivalvos *Anadara tuberculosa* recolectados en los diferentes puntos de muestreo.



Anexo 2: Toma de medidas morfométricas del bivalvo

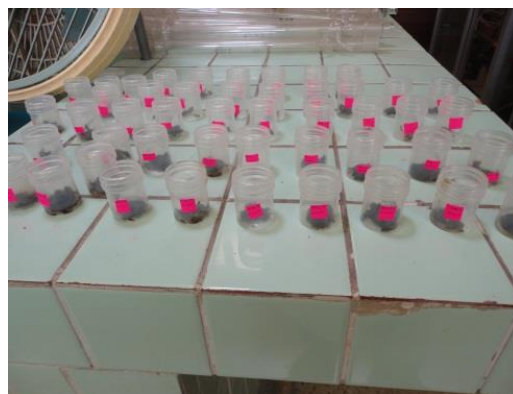


Anexo 3: Disección y peso del tejido de los bivalvos.



Anexo 4: Secado de las muestras en la estufa a 50°C durante 48 horas.





Anexo 5: Digestión de las muestras con ácido nítrico concentrado.



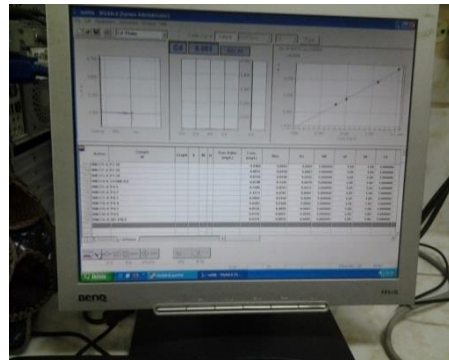
Anexo 6: Baño maría de las muestras digeridas.



Anexo 7: Filtrado de las muestras digeridas.



Anexo 8: Lectura de los metales en el equipo de espectrofotometría de absorción atómica.



FIRMA DE RESPONSABILIDAD

María del Cisne Ordoñez Lucin.

AUTORA.

Dra. Mairin Josefina Lemus Barrios, PhD.

TUTORA