



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

“Calidad, Pertinencia y Calidez”

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD
CARRERA DE INGENIERA QUÍMICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:**

INGENIERA QUÍMICA

TEMA:

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES
PESADOS (Hg, Pb, Cd) EN LA OSTRA (*Crassostrea columbiensis*)
UTILIZADA COMO BIOSENSOR EN CUATRO LOCALIDADES DE
LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE EL ORO, 2014.**

AUTORA:

KATHERINE ELIZABETH CASTRO INFANTE

TUTOR:

DRA. MAIRIN JOSEFINA LEMUS BARRIOS, PhD.

MACHALA- EL ORO- ECUADOR

2015

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

Las ideas, conceptos desarrollados, criterios, análisis y las conclusiones en el presente trabajo de investigación son de responsabilidad de su autora.

KATHERINE ELIZABETH CASTRO INFANTE
CC: 0706432887

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORIA

Yo **KATHERINE ELIZABETH CASTRO INFANTE**, con cédula de ciudadanía 070643288-7, 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 **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Hg, Pb, Cd) EN LA OSTRA (*Crassostrea columbiensis*) UTILIZADA COMO BIOSENSOR EN CUATRO LOCALIDADES DE LA ZONA 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.

KATHERINE ELIZABETH CASTRO INFANTE
CC: 0706432887

APROBACIÓN DEL DIRECTOR

CERTIFICA

Que el presente trabajo de titulación denominado “DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Hg, Pb, Cd) EN LA OSTRA (*Crassostrea columbiensis*) UTILIZADA COMO BIOSENSOR EN CUATRO LOCALIDADES DE LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE EL ORO, 2014”, elaborada por la egresada Katherine Elizabeth Castro Infante fue desarrollada bajo mi supervisión y cumpliendo lo establecido en los reglamentos pertinentes, por lo que autorizo su presentación al honorable Consejo Directivo para los tramites respectivos.

DRA. MAIRIN JOSEFINA LEMUS BARRIOS, PhD.
Tutora de Trabajo de Titulación

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por darme la salud y fuerzas necesarias para llegar a culminar mis años de estudio

A mi querida madre Sra. Luz América Infante Gallo por su apoyo incondicional, siempre ha estado presente en todo momento, bueno o malo, hemos salido a delante y con amor me ayudado a culminar esta meta.

Mi hermano Ing. Carlos Castro Infante y mi padre Sr. Franklin Castro Gálvez por ayudarme en todo lo que le fue posible durante todos estos años, con paciencia y dedicación.

Katherine Castro Infante

AGRADECIMIENTO

Estaré enteramente agradecida a todos aquellos que estuvieron presentes en todo este largo camino de formación profesional, y en especial a quienes con su ayuda hicieron posible la realización de este proyecto de investigación, en la culminación de la carrera.

A la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud por haber facilitado las áreas de laboratorio e instrumental necesario para la ejecución de los análisis, además de poner a disposición de este proyecto, el equipo de espectrofotometría AA del laboratorio de Investigaciones de la Universidad Técnica de Machala.

A la Dr. Mairin Lemus Barrios Investigador del Sistema Prometeo y Tutora de esta investigación, que con sus conocimientos, y asesoría, hizo posible la realización de este proyecto de titulación.

Al Ing. Byron Lapo Calderón, por dar su tiempo, y conocimiento en la correcta utilización del equipo de Espectrofotometría de Absorción Atómica, necesario para la lectura de las muestras, además de estar siempre presto a dar su asesoría técnica en el momento que se necesitara.

A María Ordoñez Lucin, Tesista de la Dra. Mairin Lemus, y amiga con la que nos hemos apoyado mutuamente a lo largo de la realización del Proyecto de Titulación.

Katherine Castro Infante

INDICE

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR	i
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORIA	ii
APROBACIÓN DEL DIRECTOR	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. TEMA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	1
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3.1. Contextualización	2
1.4. ANÁLISIS.....	3
1.4.1. Problema Central	3
1.4.2. Preguntas de investigación.....	4
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivos específicos.....	5
1.6. HIPÓTESIS CENTRAL	5
1.7. HIPÓTESIS PARTICULAR	6
1.8. OPERACIÓN DE VARIABLES	6
1.8.1. Dependiente.....	6
1.8.2. Independiente.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	7
2.1.1. Contaminación Ambiental.....	7
2.1.2. Contaminación del Agua.....	7
2.1.4. Fuentes antropogénicas de contaminación del agua	8
2.1.4.1. Contaminación Industrial	8

2.1.4.2.	Contaminación por descargas urbanas.....	9
2.1.4.3.	Contaminación por productos Agrícolas.....	10
2.1.5.	Fuentes de contaminación del Agua en Ecuador.....	11
2.1.5.1.	Fuentes Agrícolas.....	11
2.1.5.2.	Fuentes Domesticas.....	11
2.1.5.3.	Fuentes Industriales.....	12
2.1.6.	Contaminación Marina en Ecuador.....	12
2.1.7.	Contaminación Acuática en la Provincia de El Oro.....	13
2.1.8.	Contribución de los ríos a la contaminación marina.....	13
2.1.9.	Contaminación del agua por Metales pesados.....	14
2.1.10.	La toxicidad de los Metales pesados.....	15
2.1.11.	Contaminación por Plomo, Cadmio y Mercurio.....	17
2.1.11.1.	Contaminación por Plomo (Pb).....	17
2.1.11.2.	Contaminación por Cadmio (Cd).....	18
2.1.11.3.	Contaminación por Mercurio.....	20
2.1.12.	Bioacumulación de Metales Pesados en Organismos marinos.....	21
2.1.13.	Biomonitoreo Acuático.....	22
2.1.14.	Bioindicadores.....	23
2.1.15.	Bivalvos.....	25
2.1.16.	Importancia económico- comercial de Bivalvos.....	26
2.1.17.	Ostión de Mangle (<i>Crassostrea columbiensis</i>).....	26
2.1.17.1.	Morfología.....	26
2.1.17.2.	Taxonomía.....	27
2.1.17.3.	Características y localización de <i>Crassostrea columbiensis</i> en Ecuador	
	28	
2.2.	MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL.....	29
2.2.1.	Provincia de El Oro.....	29
2.2.1.1.	Geomorfología.....	29
2.2.1.2.	Hidrografía.....	29
2.2.2.	Puertos de la Provincia de el Oro.....	30
2.2.2.1.	Puerto Hualtaco.....	30
2.2.2.2.	Puerto Pitahaya.....	31
2.2.2.3.	Puerto Jeli.....	31
2.2.2.4.	Puerto Bolívar.....	32

2.2.3. Manglar Orense	33
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	34
3.2. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.3. MATERIALES , EQUIPOS Y REACTIVOS	35
3.3.1. Materiales:.....	35
3.3.2. Equipos	35
3.3.3. Reactivos.....	36
3.4. METODOLOGÍA	36
3.4.1. Recolección de la Muestra	36
3.4.2. Operaciones preliminares al análisis	39
3.4.3. Digestión de las muestras	39
3.4.4. Filtrado	39
3.4.5. Espectrofotometría de Absorción Atómica	40
3.4.5.1. Proceso para el análisis de los niveles de metales pesados en el bivalvo <i>Crassostrea columbiensis</i> en el espectrofotómetro de absorción atómica.....	41
3.4.5.2. Lectura de Mercurio.....	42
3.4.5.3. Lectura de Plomo	43
3.4.5.4. Lectura de Cadmio	44
4. RESULTADOS.....	45
4.1. ANÁLISIS DEL INDICE DE CONDICION DE <i>Crassostrea columbiensis</i> ..	45
4.2. ANÁLISIS DE MERCURIO	50
4.3. ANÁLISIS DE CADMIO	53
4.4. ANÁLISIS DE PLOMO	55
4.5. CORRELACIONES	55
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
6. CONCLUSIONES.....	62
7. RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Metales de interés en el agua.....	15
Tabla 2: Capacidad de respuesta de los bioindicadores	24
Tabla 3: Tipos de Bioindicadores	25
Tabla 4: Clasificación taxonómica	27
Tabla 5: Características generales del Ostión de mangle (<i>Crassostrea columbiensis</i>).....	28
Tabla 6: Método y Límites de detección para Hg, Pb, Cd, en Espectrofotometría AA (SHIMADZU AA-6300)	42
Tabla 7: Volumen de preparación de estándares de Hg	43
Tabla 8: Volumen de preparación de estándares de Cd.....	43
Tabla 9: Volumen de preparación de estándares de Pb	44
Tabla 10: Resumen Estadístico para Peso Total de <i>Crassostrea columbiensis</i> de las cuatro localidades de la zona costera de la provincia de El Oro.	45
Tabla 11: Contraste de Kruskal-Wallis para peso total según Localidad.....	46
Tabla 12: Comparación múltiple (LSD) para Peso total de <i>C. columbiensis</i>	46
Tabla 13. Contraste Múltiple de Rango para Peso Total según Localidad.....	47
Tabla 14: Resumen Estadístico para Índice de Condición de <i>Crassostrea columbiensis</i> de las cuatro localidades de la zona costera de la provincia de El Oro	48
Tabla 15: Contraste de Kruskal-Wallis IC según Localidad	48
Tabla 16: Comparación múltiple (LSD) para el IC de <i>C. columbiensis</i>	49
Tabla 17: Contraste Múltiple de Rango para IC según Localidad	49
Tabla 18: Resumen Estadístico para Hg en <i>Crassostrea columbiensis</i> de las cuatro localidades de la zona costera de la provincia de El Oro.	50
Tabla 19: Contraste de Kruskal-Wallis para Hg según Localidad	51
Tabla 20: Comparación múltiple (LSD) para Hg en <i>C. columbiensis</i>	51
Tabla 21: Contraste Múltiple de Rango para Hg según Localidad.....	52
Tabla 22: Resumen estadístico para Cd en <i>Crassostrea columbiensis</i> de las cuatro localidades de la zona costera de la provincia de El Oro.	53
Tabla 23: Contraste de Kruskal-Wallis para Cd según Localidad.....	53
Tabla 24: Comparación múltiple (LSD) para Cd en <i>C. columbiensis</i>	54
Tabla 25: Contraste Múltiple de Rango para Cd según Localidad.....	54
Tabla 26: Análisis de Correlaciones entre Variables.....	56
Tabla 27: Datos de determinación de Hg en Organismos de Clase Bivalva	58
Tabla 28. Datos de determinación de Cd en Organismos del genero <i>Crassostrea</i>	60

Tabla 29: Contenidos máximos permisibles en metales pesados en Moluscos Bivalvos comparados con Resultados de Investigación en <i>Crassostrea columbinesis</i> en la Provincia de El Oro.....	61
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Crassostrea columbiensis</i>	27
Figura 2: Imagen Satelital Puerto Hualtaco.....	30
Figura 3: Imagen Satelital Puerto Pitahaya	31
Figura 4: Imagen Satelital Puerto Jeli.....	32
Figura 5: Imagen Satelital Puerto Bolívar	33
Figura 6: Localización geográfica del área de estudio	34
Figura 7: Visión del Punto de muestreo uno Puerto Hualtaco	37
Figura 8: Visión del Punto de muestreo dos Puerto Pitahaya.....	37
Figura 9: Visión del Punto de muestreo Tres Puerto Jeli	38
Figura 10: Visión del Punto de muestreo Tres Puerto Bolivar.....	38
Figura 11: Grafico de Cajas y Bigotes para Peso Total según la localidad.....	47
Figura 12: Gráfico de Cajas y Bigotes para Índice de condición según localidades.....	50
Figura 13: Grafico de Cajas y Bigotes para Niveles de Mercurio según localidades ...	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Muestras de los cuatro puntos de estudio	69
Anexo 3: Disección y pesado de Muestra	69
Anexo 4: Secado de Tejido Blando (<i>C. columbiensis</i>).....	70
Anexo 5: Digestión de Muestras (<i>C. columbiensis</i>)	71
Anexo 6: Filtrado y aumento de volumen de muestra.....	72
Anexo 7: Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	72
Anexo 8: Preparación de Muestras para lectura en el Equipo.....	73
Anexo 9: Estándares en disolución.....	73

RESUMEN

El problema de la contaminación de los cuerpos de agua en la Provincia de El Oro, es provocada por las actividades bananeras, mineras, camaroneras y aguas residuales domesticas e industriales, además de los hidrocarburos, y demás desechos descargados a los cauces de los ríos sin ser tratados, y corrientes los trasladan a las zonas costeras, causando así una perturbación en los ecosistemas. Se analizó las concentraciones de Mercurio, Plomo, y Cadmio en el bivalvo *Crassostrea columbiensis*, en el sector costero de la Provincia de El Oro durante los meses de Noviembre del 2014 hasta Abril del 2015, tomado como referencia cuatro puntos de muestreo los cuales son Puerto Hualtaco, Puerto Pitahaya, Puerto Jeli y Puerto Bolívar, ubicados a lo largo del perfil costanero Orence, siendo los sitios de trabajo de muchos moradores aledaños. Según los resultados de los análisis aplicados los niveles más altos de mercurio se observaron en ejemplares de Puerto Hualtaco (0.652 ± 0.753 mg/kg masa seca), seguido de Pitahaya (0.284 ± 0.149 mg/kg masa seca), razón que se le podría atribuir en primer lugar a la minería que se desarrolla desde hace muchos años, en las cuencas fluviales, que desembocan próximos a los puntos de muestreo. Los resultados obtenidos en determinación de concentración de Cadmio en el bivalvo de estudio, nos demuestran niveles altos en las mismas localidades, que se nombraron anteriormente en mercurio y las concentraciones promedios fueron: en Hualtaco ($10,204 \pm 11,0233$ mg/kg masa seca), Pitahaya ($5.67 \pm 2,26423$ mg/kg masa seca), Jeli ($5.52 \pm 3,59253$ mg/kg masa seca), Bolívar ($1.87 \pm 1,08468$ mg/kg masa seca). Para los metales Mercurio y Cadmio se obtuvieron niveles relativamente altos, muy por el contrario en el caso de Plomo los niveles no pudieron ser detectados por el equipo de espectrofotometría de absorción atómica, lo que se puede producir por dos razones, se necesita aplicar otra técnica o los niveles son demasiado pequeños.

ABSTRACT

The problem of pollution of water bodies in the Province of El Oro, is caused by banana, mining, shrimp and domestic and industrial wastewater, besides hydrocarbons, and other wastes discharged into the riverbeds without They are treated, and the current move to coastal areas and causing a disturbance in ecosystems. Concentrations of mercury, lead cadmium was analyzed, and the bivalve *Crassostrea columbiensis* in the coastal area of the Province of El Oro during the months of November 2014 through April 2015, taken as reference four sampling points which are Puerto Hualtaco, Puerto Pitahaya, Puerto Jeli and Puerto Bolivar, located along the coastal profile Orence, being the workplace of many nearby residents. According to the results of the analysis applied the highest levels of mercury were found in specimens of Puerto Hualtaco (0.652 ± 0.753 mg / kg dry mass), followed by Pitahaya (0.284 ± 0.149 mg / kg dry mass), reason he could First attributed to mining taking place for many years, in river basins, which flow next to the sampling points. The results obtained in determining the concentration of cadmium in the bivalve study, we demonstrate high levels in the same localities, which are named above and the average mercury concentrations were: Hualtaco ($11.0233 \pm 10,204$ mg / kg dry mass) , Pitahaya ($5.67 \pm 2,26423$ mg / kg dry mass), Jeli (5.52 ± 3.59253 mg / kg dry mass), Bolivar (1.87 ± 1.08468 mg / kg dry mass). For metals mercury and cadmium levels were obtained relatively high, quite the opposite in the case of lead levels could not be detected by the team of atomic absorption spectrophotometry, which may occur for two reasons, apply another technique necita or the levels are too small.

INTRODUCCIÓN

La característica principal de este tipo de moluscos bivalvos, se basa en que al ser filtradores bioacumulan sustancias en muchas ocasiones toxicas (García & Reguero, 2007), como es el caso de los metales pesados que poseen la característica de permanecer en los organismos tanto animales como en el ser humano sin ser eliminados mediante procesos metabólicos (Requena Hidalgo & Campins Eritja, 2000).

Es necesario mencionar las causas de la problemática de la contaminación en las zonas marino costeras. Una de ellas es la contaminación del agua de los ríos en el transcurso fluvial, por las descargas de las actividades agrícolas, mineras, camaroneras y domésticas, que son los principales causantes del incremento de materia contaminante en los estuarios marinos en especial en el área de crecimiento de los manglares (Jairo Escobar, 2002) . Estos ecosistemas se han considerado a nivel mundial uno de los más productivos, albergando una gran biodiversidad y sirve como reservorio o criadero de gran número de organismos en las primeras etapas de su desarrollo, los bivalvos son uno de ellos, es decir que es el hábitat natural de la *C. columbiensis* especie estudiada en la presente investigación (Mera Orcés, 1999).

Estos organismos filtradores retienen gran cantidad de metales, incluso en niveles mucho más altos al agua en la que se encuentran, a este fenómeno se denomina bioacumulación . Estos bivalvos *C. columbiensis* son recolectados en menor proporción, comparados con otras especies del mismo nivel trófico. Aun así siendo productos del mar consumibles, son comercializados, en los mercados de las ciudades aledañas, afectando al consumidor, que a largo plazo ingiriendo estas especies está provocando un fenómeno de biomagnificación, que se da cuando concentración de sustancias toxica es mayor en el organismo consumidor en comparación con el consumido.

Esta investigación de carácter científico se realizó con el interés de conocer los niveles de metales pesados en la zona intermareal Orense, puntualmente hablando de Hg, Pb y Cd los cuales producen graves afecciones en la salud humana, en el peor de los casos los tres son

potencialmente carcinogénicos, otros casos más leves pero no menos importantes, es que afectan el sistema nervioso, digestivo, y otros problemas en el normal funcionamiento del cuerpo.

Para la determinación de los metales ya mencionados anteriormente se empleó Espectrofotometría de Absorción Atómica, que es una técnica capaz de detectar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos de la tabla periódica.

En esta investigación se ha realizado la medición por dos técnicas, la primera Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama (FAAS) es una técnica sencilla, y se aplicó en la determinación de Cd y Pb. La segunda técnica necesita el acoplamiento de un generador de hidruros (GH-AAS) al equipo, lo que aporta la sensibilidad requerida, se aplicó para determinación de mercurio.

En cada uno de los capítulos se va a demostrar los aspectos más importantes y relevantes por los que esta investigación se ha llevado a cabo, en sí cada una de las técnicas empleadas han sido guiadas en textos con fundamento científico, pero cabe destacar que La técnica para la determinación de mercurio se realizó de acuerdo a lo señalado por Lemus et al., 2013, con algunas modificaciones que se señalan en el capítulo de metodología.

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.TEMA DE LA INVESTIGACIÓN

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Hg, Pb, Cd) EN LA OSTRA (*Crassostrea columbiensis*) UTILIZADA COMO BIOSENSOR EN CUATRO LOCALIDADES DE LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE EL ORO, 2014

1.2.JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se realiza con la finalidad de cuantificar la concentración de metales pesados (Hg, Pb, Cd) presentes en el biosensor *Crassostrea columbiensis*, recolectadas de las cuatro localidades de la zona costera de la provincia de El Oro.

Es importante conocer y evaluar los niveles de elementos tóxicos como el Cd, Hg y Pb que se descargan a través de aguas residuales e industriales, provocando así un incremento en la contaminación de la zona costera Orense y de esta manera afectando directamente a los pobladores aledaños a este sector y los productos de pesca que son distribuidos a los principales mercados de la provincia afectando así a los consumidores. Con esta situación se está incumpliendo al capítulo segundo de la constitución del Ecuador, en el Capítulo segundo de los Derechos del buen vivir en su artículo 13. *“Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales”*. (Asamblea del Ecuador, 2012)

Para mejorar la calidad de vida de los habitantes aledaños a estos sectores, es importante que se ejecute un proyecto de tratamiento de las aguas residuales e industriales, pero previo a esto es fundamental realizar un estudio de los niveles de contaminación en especial de

metales pesados como se lo plantea en el presente proyecto Hg, Pb y Cd y cuyos resultados obtenidos serán tabulados estadísticamente y de manera clara, para que se dé una pauta en la ejecución de un futuro proyecto, de qué tipo de tratamiento es el más adecuado en cada sector de acuerdo a estos resultados.

1.3.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Contextualización

El sector costero de la provincia de El Oro ha sufrido a lo largo de los años un incremento en su tasa de contaminación debido al desarrollo urbano, agrícola, pesquero, e industrial, los cuales se tornarían como los principales causantes de los cambios naturales que son notables en la actualidad y que han provocado una disminución de la biota marina en los esteros que conforman la costa Orense. Entre las actividades humanas que mayor relevancia tienen en la zona se pueden mencionar los canales o emisión directa al mar de desechos domésticos, pesticidas y fertilizantes utilizados en el cultivo del banano, aceites y combustibles de embarcaciones, desagües de camaroneras, y residuos de la minería de la parte alta de la provincia. Todas estas descargas forman un coctel químico dañino para la vida marina.

Este problema de la contaminación ha traído como consecuencia un deterioro de los ecosistemas de manglares y efectos negativos en organismos que allí habitan y en consecuencia están afectando la estabilidad de las poblaciones de peces e invertebrados que la constituyen, el estrés causado en estos organismos puede afectar su sobrevivencia, crecimiento y reproducción y en muchos casos ocasionan la desaparición de algunos organismos que requieren de estos ecosistemas durante las primeras etapas de su vida.

Los organismos acuáticos filtradores como los bivalvos están más expuestos a los metales pesados disueltos en el agua ya que captan partículas al ingerir sedimentos, y considerando que la actividad pesquera de este sector es el principal proveedor de los mercados de la provincia provocan también afectación en la salud de los consumidores, pues para la mayoría de los organismos la exposición prolongada puede ser perjudicial.

1.4.ANÁLISIS

1.4.1. Problema Central

Metales pesados perjudiciales tanto para la salud humana como animal presente en un alto grado en bivalvos de consumo masivo, que se desarrollan del sector costero de la Provincia de El Oro.

Causas

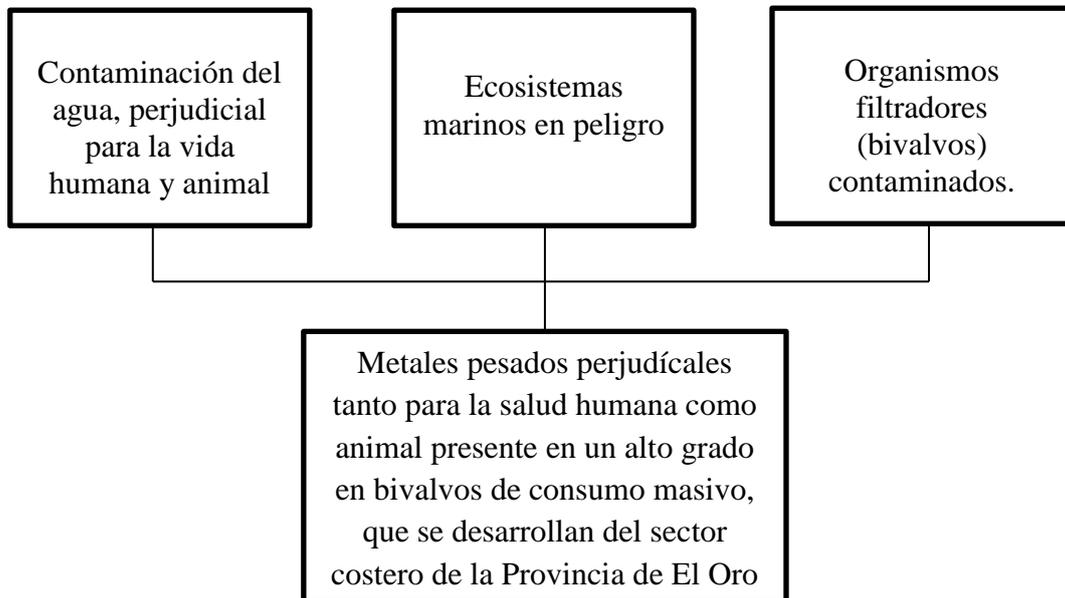
- Efluentes de drenaje de las minas descargados en los ríos
- Minería artesanal en los ríos
- Aguas residuales descargadas sin tratamiento previo

Efectos

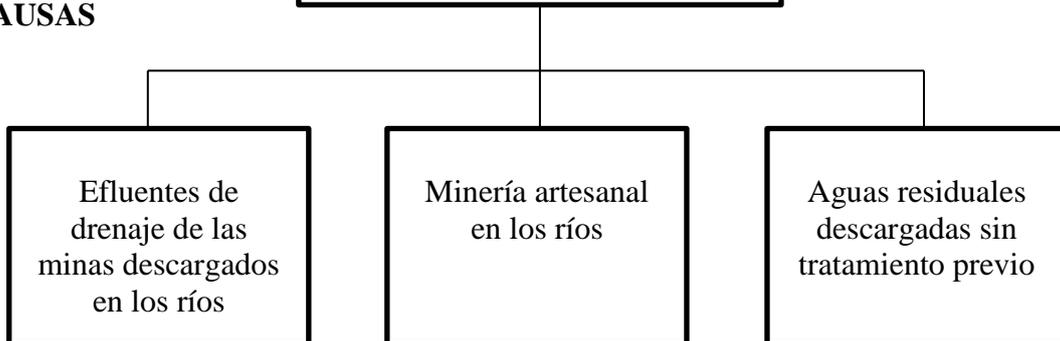
- Contaminación del agua, perjudicial para la vida humana y animal.
- Ecosistemas marinos en peligro.
- Organismos filtradores (bivalvos) contaminados.

ARBOL DE PROBLEMAS

EFFECTOS



CAUSAS



1.4.2. Preguntas de investigación

¿Qué metales es posible analizar en los Ostiones (*Crassostrea columbiensis*)?

¿Cuáles son los procedimientos para cuantificar los metales pesados (Hg, Pb, Cd) en el ostión (*Crassostrea columbiensis*)?

¿Cuáles son los equipos empleados en el análisis de metales pesados (Hg, Pb, Cd) en el ostión (*Crassostrea columbiensis*)?

¿Existirá diferencia en la bioacumulación de metales en *C. columbiensis* en las cuatro localidades de muestreo?

¿Los niveles de metales en *C. columbiensis* estarán dentro de los niveles aceptables para consumo humano?

1.5.OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Determinar la concentración de metales pesados (Hg, Pb, Cd) en la ostra (*Crassostrea columbiensis*) utilizada como biosensor en cuatro localidades de la zona costera de la provincia de el oro, 2014

1.5.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la concentración de metales pesados (Hg, Pb, Cd) en Ostiones (*Crassostrea columbiensis*) recolectadas en cuatro localidades de la zona costera de la provincia de El Oro.
- Realizar un análisis estadístico de los resultados obtenidos en los estudios realizados al biosensor *Crassostrea columbiensis*.
- Determinar cuál de las localidades de muestreo presenta organismos con mayor concentración de metales.
- Establecer si los valores promedios de metales pesados en los organismos está dentro de los niveles para consumo humano de acuerdo a la normativa de la Unión Europea, FAO y Norma Oficial Mexicana, de concentración de Metales en alimentos.

1.6.HIPÓTESIS CENTRAL

Permitirá el análisis practicado a los ostiones (*Crassostrea columbiensis*) estimar la concentración de metales pesados ((Hg, Pb, Cd) y determinar la variabilidad del grado de contaminación en las cuatro localidades de la Provincia de El Oro.

1.7. HIPÓTESIS PARTICULAR

H.P.1 Los fertilizantes agrícolas son una fuente de ingreso de contaminantes como Cadmio y Plomo, al Agua.

H.P.2 La Minería es uno de los principales causantes de la contaminación con Hg en los ríos a los que descargan sus aguas de desecho sin previo tratamiento.

H.P.3 La escasez de Ostión de mangle (*Crassostrea columbiensis*) en la costa Orense estará asociada con la contaminación y la tala de los Mangles que es su hábitat natural.

1.8. OPERACIÓN DE VARIABLES

1.8.1. Dependiente

Bivalvo *Crassostrea columbiensis*

1.8.2. Independiente

Concentración de metales pesados (Hg, Pb, Cd)

2. MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1.1. Contaminación Ambiental

“El término contaminación se refiere a la introducción o incremento anormal de sustancias que pueden ejercer un efecto dañino sobre los organismos en los ecosistemas. A veces, la contaminación es de origen natural, pero en general, está relacionada con la actividad del hombre, que en su búsqueda de supervivencia y bienestar dispersa sustancias agresivas, algunas de las cuales pueden ser transformadas por los organismos vivos (biodegradables) y otras que son persistentes (no biodegradables)” (Zúñiga, 1999).

La principal fuente de contaminación ambiental es producida por la actividad humana la cual va a generar cambios en ocasiones muy agresivos en la naturaleza y en la calidad de vida de ciertos organismos (Zúñiga, 1999).

La historia del hombre ha hecho evidente que medio ambiente y desarrollo son entidades intrínsecamente relacionadas. El modelo de civilización prevaleciente hoy en el mundo ha estado mostrando manifestaciones inequívocas de crisis: junto a los grandes progresos científico-tecnológicos, hay indicios preocupantes de degradación ambiental y situaciones que desmejoran, de manera alarmante, la calidad de vida de los hombres (Universidad Autónoma del estado de México , 2003).

2.1.2. Contaminación del Agua

Los principales factores responsables de la contaminación del agua son la creciente urbanización e industrialización, la técnica de depurar las aguas depende del tipo de contaminante; si demanda oxígeno, favorecen al crecimiento de algas, son infecciosas, o de aspecto desagradable (Henry & Heinke, 1999).

“El 80 % de las sustancias que contaminan el mar tienen su origen en la Tierra. De las fuentes terrestres, la contaminación difusa es la más importante. Aproximadamente un tercio de la contaminación que llega a los mares inicia como contaminación atmosférica, pero después acaba en los océanos” (Cardenas & Cardenas, 2009).

2.1.3. Fuentes Naturales de Contaminación del agua

Una de estas fuentes de contaminación es el clima, siendo las lluvias unas de las principales responsables de afectar la naturaleza del agua, debido a que pueden causar una suspensión de los sedimentos cuando llueve mucho. Contrariamente a lo anterior, si no llueve o es escasa puede generar estancamiento que puede causar una actividad microbiológica y un crecimiento de algas perjudicial para los ecosistemas (Planet, 2012).

Otra fuente natural de contaminación se produce cuando el agua al circular por las rocas e interactúa con sus componentes lo que provoca la movilización de parte de sus constituyentes. Procesos de oxidación, incorporan sales minerales al agua. En los acuíferos costeros, la extracción del agua facilita el avance del agua de mar (intrusión marina), en la parte inferior de los acuíferos. La diferencia de densidades hace que por cada metro del nivel piezométrico abatido, la interface salina se desplace cerca de 40 metros (Avila García, 2003).

2.1.4. Fuentes antropogénicas de contaminación del agua

2.1.4.1. Contaminación Industrial

Generalmente la mayor parte de las industrias para llevar a cabo un proceso necesitan de grandes cantidades de agua las cuales después de su utilización deben ser depuradas, ya sea

para reingresarlas al proceso o desecharlas, siendo la realidad que muchas empresas no dan dicho tratamiento (Peña Salamanca, Palacios Peñaranda, & Ospina Alvarez, 2005).

Las aguas residuales industriales sin un tratamiento previo generan en el agua: incremento del pH, temperatura, radioactividad, materia orgánica, metales pesados, grasas y aceite (Peña Salamanca, Palacios Peñaranda, & Ospina Alvarez, 2005). Una de las Industrias que aportan mayormente con metales pesados a la contaminación de los cuerpos de agua es la Minería, en la mayoría de este tipo de empresas el agua utilizada es desechada a los ríos aledaños, afectando todo el recorrido del cauce del río hasta su llegada a los estuario marino (Herrera, 2001).

2.1.4.2. Contaminación por descargas urbanas

“Las actividades domésticas producen principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales), sales, ácidos, etc.” (Peña Salamanca, Palacios Peñaranda, & Ospina Alvarez, 2005).

La migración de la población rural a las zonas urbanas, ha incrementado la producción de residuos sólidos, utilización de recursos hídricos y del suelo. Este incremento de la comunidad urbana, provoca que los gobiernos de turno se preocupen principalmente en brindar los servicios básicos como son agua potable y alcantarillado a sus mandantes, y no dan la merecida importancia al cuidado ambiental, creando proyectos de tratamiento de las aguas residuales y de los desechos sólidos (Peña Salamanca, Palacios Peñaranda, & Ospina Alvarez, 2005).

Debido a la composición del agua residual producto de las actividades domésticas, como son la presencia de materia orgánica junto con nutrientes, y sustancias tóxicas, que son

capases de provocar daños graves con la utilización de esa agua, además de provocar alteraciones en la microbiota de un sistema y eutrofización del medio, la reutilización de esta agua dependerá del tratamiento que se realice, en función de la degradabilidad o no del agua residual (Osorio Robles, Torres Rojo, & Sánchez Bas, 2010).

2.1.4.3. Contaminación por productos Agrícolas

“Los fertilizantes fosfóricos son los más contaminantes, la presencia de metales pesados en estos, depende del origen de las fosforitas utilizadas para su fabricación, pudiendo tener un contenido en Cd muy variable. Este hecho hace que los fertilizantes de fósforo sean la fuente más extensa de contaminación de Cd en suelos agrícolas estimó que los fertilizantes fosfóricos, con un contenido medio de Cd de 7 mg kg⁻¹ aportan al medio ambiente, la escala global 660 t. de Cd/año, En la UE, las entradas de Cd por fertilizantes se estimaban alrededor de 346 t Cd/año” (Miras Ramos, 2009).

Los fertilizantes son uno de principales insumos necesitados por la actividad agrícola, y por su utilización de grandes volúmenes de agua para su riego, se ha considerado como una de las principales fuentes difusas de contaminación de los cuerpos de agua (Yepis, Fundora, Pereira, & Crespo, 1999).

Los fertilizantes provocan dos importantes impactos buenos y malos, respectivamente: el primero para el productor, para brindar una mayor calidad y cantidad de cultivos, lo que trae consigo mayores ingresos económicos, y el segundo para el ambiente, una mayor contaminación, debido a que se utilizan fertilizantes como el superfosfato que contiene un nivel alto de impurezas como Cd, Co, Cu y Zn, el Sulfato de cobre y el sulfato de hierro, que presentan gran cantidad de Pb (Miras Ramos, 2009).

2.1.5. Fuentes de contaminación del Agua en Ecuador

“En las tres regiones hidrográficas el río Guayas es el más grande de la región Costa, como el río Napo en la región Oriente. Los ríos en la región de la Sierra contribuyen a las aguas de la costa o del oriente” (Escobar & Barg, 1991).

2.1.5.1. Fuentes Agrícolas

Este tipo de contaminación se debe al aporte de nutrientes a las aguas superficiales vía escorrentía agrícola la que ha sido estimado en 63 T/año, en las áreas dedicadas al cultivo de arroz ingreso el 31%, seguido de los cultivos de caña de azúcar. En la región Sierra 8 T/año provienen del cultivo de papa y cebada. Sin embargo este tipo de aporte de nutrientes cifrado en 120 T/año son atribuidas al riego agrícola. Los ríos principalmente afectados son el Pastaza, Guayas y Esmeraldas (Escobar & Barg, 1991).

En lo referente a los plaguicidas los mayormente utilizados en la región Costa son, Oxido de Cobre y Arseniato de plomo, poniendo como ejemplo en el caso de cultivos de café se aplicaría 1 Kg/Ha (Escobar & Barg, 1991).

2.1.5.2. Fuentes Domésticas

Las cuencas hidrográficas mayormente contaminadas son las del Río Guayas y Esmeraldas, conteniendo un alto índice de carga orgánica como DBO, y Nutrientes en las aguas superficiales (Nitratos y fosfatos), la principal razón de la presencia de estos contaminantes se debe a la falta de alcantarillado en años anteriores y que en la actualidad aún persiste este problema (Escobar & Barg, 1991).

2.1.5.3. Fuentes Industriales

Casi el 65% del total de la industria está caracterizada por practicar actividades de incluyen desechos de alto contenido de materia orgánica. Estas descargas producen aproximadamente 136000 T DBO/año. Muchos años atrás en Guayaquil la mayoría de las industrias sin un tratamiento previo a sus efluentes los evacuaban al alcantarillado pluvial (Escobar & Barg, 1991).

2.1.6. 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, migratoria y artesanal; industrias turística, acuícola y agrícola). El perfil Costanero consta de 1480 Km² de Manglar (Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana , 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 ultimo termino, la salud humana” (Da Ros, 1995).

2.1.7. Contaminación Acuática en la Provincia de El Oro

A lo largo de la hidrografía de la Provincia de El Oro la principal fuente de contaminación es la minería aurífera, consecuencia de esto los ríos se encuentran contaminados por Hg (Da Ros, 1995).

“La contaminación se produce durante la etapa de amalgamación del oro, en derrames accidentales y en el lavado por lluvia de superficies contaminadas” (Da Ros, 1995), además de la minería ilegal que afecta a los moradores aledaños a los ríos donde se realizan labores de dragado, lo que consiguiente incluye la ocupación de maquinaria pesada como retroexcavadoras, motores y zarandas para el lavado de minerales (Regional Sur, 2013).

“En el medio acuático el Hg está sujeto a diferentes tipos de transformación pudiendo por acción bacteriana ser absorbido por las especies acuáticas, ingresando así a la cadena alimenticia y aumentando su radio de dispersión y toxicidad” (Da Ros, 1995).

2.1.8. Contribución de los ríos a la contaminación marina

“En los ríos que desembocan en el mar se origina cerca del 80% de los contaminantes que afectan las franjas costeras. Los ríos tienen la particularidad de concentrar los contaminantes que captan en las cuencas algunos puntos clave en la costa marina, donde precisamente existen ecosistemas altamente sensibles para la reproducción de especies tanto de agua dulce como salada, como son los estuarios. Básicamente se produce alteración de las funciones ecológicas, reducción de la diversidad biológica, daño a los hábitats acuáticos y contaminación de los cauces bajos y en los ecosistemas marinos y

efectos en la salud humana. La pérdida de especies (por estos efectos) es muy marcada” (Jairo Escobar, 2002).

Los ríos como una fuente de ingreso de contaminantes al mar, se ha convertido en un tema de polémica tanto para los ambientalistas como para los departamentos gubernamentales promoviendo políticas de remediación (Jairo Escobar, 2002). La situación es muy preocupante debido a que si el cauce de los ríos arrastra consigo aguas de desecho urbano o industrial, estas afectan a la vida de los organismos que habitan en las zonas costeras, perjudicando de esta manera los ecosistemas marinos, provocando un daño ambiental y social, afectando la actividad pesquera propia de estos sectores y la salud los consumidores de los productos del mar (Agencia de Protección Ambiental, 2006).

2.1.9. Contaminación del agua por Metales pesados

“Los metales pesados provienen generalmente de aguas residuales comerciales e industriales. Aunque algunos de estos metales son necesarios para el desarrollo de la vida biológica, las concentraciones elevadas de éstos pueden interferir en los procesos de depuración y, por supuesto, que su vertido al medio acuático podría poner en peligro el aprovechamiento de las aguas naturales dada su alta toxicidad” (Sans Fonfría & Ribas, 1989).

El incremento de los metales pesados en las aguas de los ríos y en estuarios marinos va afectando a organismos propios de estos ambientes, estos metales son producto del desarrollo industrial, el cual va en aumento siempre que los ciudadanos continúen en su afán de conseguir su bienestar y comodidad dejando de lado la conciencia ambiental, otro causante de este tipo de contaminación es, el mal o ningún tratamiento de las aguas residuales, si bien es cierto no conllevan una gran cantidad de metales pero en su traslado de un punto a otro van arrastrando consigo estos contaminantes, muy peligrosos para la salud y vida de todo organismo viviente (Sans Fonfría & Ribas, 1989).

Los metales pesados son capaces de bioacumularse y bioconcentrarse en los organismos. Algunos de estos elementos pueden formar parte de estructuras celulares, que en condiciones elevadas afectan al organismo. El efecto sobre los organismos puede ser letal (el organismo muere directamente por un exceso de uno o varios metales) o bien puede ser subletal. En este caso el organismo no muere pero queda afectada su fisiología (Requena Hidalgo & Campins Eritja, 2000).

2.1.10. 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

Continua Tabla

Fierro	7.86	Cadmio	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 en 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 “sulfhidrilo”, —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.

2.1.11. Contaminación por Plomo, Cadmio y Mercurio

2.1.11.1. Contaminación por Plomo (Pb)

“Así como varios otros metales, el plomo en su forma natural tiene poca importancia como fuente de contaminación del ambiente. Al contrario, con el crecimiento de las actividades industriales las fuentes contaminantes del medio con éste y otros metales han aumentado importantemente. Lo más frecuente es que la contaminación del medio con plomo sea producida por actividades humanas en la minería y en la industria y por la combustión en los vehículos automotores” (Fabiola Lango, 2010).

Una forma antropogénica de contaminación con plomo se da principalmente en la industria de fabricación de baterías para automóviles, industria metalúrgica y de productos químicos (Fabiola Lango, 2010).

“El Pb contaminante del ambiente general corresponde casi en su totalidad a formas inorgánicas del metal, pero pueden existir cantidades de Pb orgánico derivado de la combustión de la gasolina así como de procesos naturales de alquilación que producen compuestos de metilo de Pb” (Fabiola Lango, 2010).

A. Plomo efectos en la Salud

Desde la época de la antigua Grecia se conoce a este metal y al que es atribuible muertes, en su gran mayoría de trabajadores que estaban en contacto con él. Algunos historiadores han propuesto que una de las principales causas de la caída del Imperio Romano fue el saturnismo, un envenenamiento crónico por Pb (Sapiña Navarro, 2006).

El Pb interacciona fuertemente con un gran número de moléculas biológicas (aminoácidos, hemoglobina, muchos enzimas, y ácidos nucleicos); en consecuencia, interfiere en muchos

procesos metabólicos. Los efectos a escala molecular, como la interferencia en los pasos que llevan a la síntesis del grupo hemo (que pueden provocar una anemia), se producen a niveles equivalentes a 20 µg de Pb por decilitro de sangre. A concentraciones inferiores se ha detectado un aumento de la tensión arterial en adultos. La hipertensión es uno de los factores de riesgo para los ataques al corazón. Las exposiciones a grandes cantidades de este metal provocan niveles de Pb en sangre muy elevados y, en esas condiciones, aparecen problemas en el funcionamiento de los riñones, daños cerebrales y, eventualmente, el intoxicado puede morir (Sapiña Navarro, 2006).

Los niños son uno de los principales afectados por intoxicación por Pb. A un nivel en la sangre de tan sólo 50 ppb (partes por mil millones) provoca aumento de la presión arterial, a concentración cercana a 100 ppb afecta la inteligencia; y a 800 ppb en la sangre pueden ocasionar coma y posible muerte. Los expertos en salud piensan que más de 200 000 niños se enferman a causa de intoxicación con Pb al año. Esto se debe principalmente a que consumen pintura que contiene pigmentos de Pb, las casas antiguas a menudo contienen pintura a base de Pb, porque el Pb blanco $[2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2]$ era el pigmento que se empleaba en las pinturas blancas hasta hace aproximadamente 50 años, cuando fue reemplazado por el TiO_2 (Kotz, Treichel, & Tejedor, 2006).

2.1.11.2. Contaminación por Cadmio (Cd)

“El Cd se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre en una concentración promedio de 0,1 mg/kg, en las rocas sedimentarias las concentraciones son más elevadas. Las condiciones ambientales, como la erosión, causan el transporte de grandes cantidades de Cd a los océanos, cuyo contenido de este metal es alrededor de 0.1 .mg/kg. Los sedimentos oceánicos cercanos a las áreas de alta actividad humana pueden contener Cd en concentraciones muy elevadas, asociadas con la descarga de desechos biológicos” (ECO, 1997).

El Cd es un elemento relativamente raro en la litosfera aunque se encuentre de manera natural asociado a muchos minerales, en contraposición a esto de manera antropogénica se ha liberado grandes cantidades de Cd al ambiente. Desde que el hombre empezó con la refinación de metales como Zinc, cobre y plomo, se inició una de las principales fuentes de contaminación por Cd uno de los metales considerados altamente tóxicos, además está presente en la composición de muchos fertilizantes agrícolas (Ramirez, 2002).

A. Cadmio efectos en la Salud

“La toxicidad del Cd es el resultado del enlace del metal con especies reactivas o agentes complejantes que originan procesos de inhibición enzimática, posiblemente trastocando las funciones de crecimiento y metabolismo” (Camean, 1995).

La ingestión o inhalación son formas de absorción de Cd, el aporte oral diario habitual es hasta de 200 µg con una media estimada entre 20 y 40 µg, por días. Únicamente se absorbe de 5 a 10% de esta cantidad, contrariamente de que, si existe deficiencia de hierro o de calcio la absorción puede aumentar, según el tamaño de las partículas se absorbe aproximadamente 5% de Cd inhalado (López, Jaimés, & Rico, 2001).

La sintomatología de intoxicación por ingesta de alimentos contaminados con Cd son: náuseas, vómitos y dolor abdominal, diarrea y shock. Por vía respiratoria, provoca neumonitis química, disnea, debilidad, fiebre e insuficiencia respiratoria que puede concluir con un edema agudo de pulmón (Hernández & Sastre, 1999).

A niveles muy altos de ingestión afecta principalmente al riñón. Primeramente se presenta, una lesión en el túbulo proximal, que se pone de manifiesto por un incremento del Cd en la orina, proteinuria, glucosuria y disminución de la reabsorción tubular de fosfato y, posteriormente, afectación glomerular (Hernández & Sastre, 1999).

“Estudios epidemiológicos sugieren que el Cd es un agente etiológico de la hipertensión, afectando la función y el metabolismo del miocardio, y se discute todavía su posible papel carcinogénico” (Hernández & Sastre, 1999).

2.1.11.3. Contaminación por Mercurio

“Las principales fuentes de mercuriales son la producción de aparatos eléctricos, las industrias de cloro-álcali que emplean celdas de Hg y el uso como fungicida en pinturas y agricultura. Actualmente, está cobrando cada vez más importancia el Hg lanzado a la atmosfera en la combustión de carbón en las celdas térmicas y que acaba depositándose en la superficie terrestre” (Orozco, Pérez, Gonzalez, Rodríguez, & Alfayate, 2003)

Puede ser absorbido por otras sustancias sin formar parte de su estructura cristalina como es el caso de las ARCILLAS, los HIDRÓXIDOS de Hierro y Aluminio, los FOSFATOS coloidales y la MATERIA ORGÁNICA. La presencia de Hg en combustibles fósiles en cantidades considerables se debe a esta propiedad característica, otras materias primas utilizadas en la industrias en las que se puede encontrar este metal es en, FOSFORITAS, BAUXITAS y Minerales de HIERRO y MANGANESO. Estos materiales al aplicarles algún tipo de tratamiento en su utilización, provocan la liberación de cantidades considerables de Hg en el Medioambiente. (Español Cano, Evolucion Historica del Mercurio , 2006).

“Las liberaciones de Hg ascienden aproximadamente a 6.500 toneladas anuales, según los expertos”. (Worldwatch Institute , 2006) . De manera natural se libera a la atmosfera por la erosión de las rocas o por actividad volcánica y la principal fuente de contaminación antropogénica por Hg es la extracción de oro en la minería, además también puede ser liberado al ambiente por incineración de residuos peligrosos, tratamiento y disposición

inadecuado de productos de contienen residuos de Hg (Español Cano, Toxicología del Mercurio, 2006).

A. Mercurio efectos en la Salud

El Hg tiene repercusiones graves sobre el organismo que incluyen: alteración del desarrollo mental y motor, coma e inclusive la muerte. Las mujeres con 10 a 19.9 $\mu\text{g/g}$ de Hg en el cabello tenían el doble de probabilidades de tener hijos con anomalías neurológicas que mujeres con menos de 10 $\mu\text{g/g}$. En estudios experimentales, el metilmercurio afecto a la espermatogénesis y fue feto tóxico para los ratones. El metilmercurio es el único contaminante que provoca mortalidad en humanos como consecuencia de una dramática bioamplificación en la cadena alimentaria acuática tras descargas industriales. Los fetos y los niños conforman las poblaciones más sensibles (Shils, 2002).

los obreros son unos de los principales afectados con este tipo de intoxicación mercurial en especial los que realizan ciertas actividades industriales relacionadas con la fabricación de aparatos de precisión, como termómetros, barómetros, etc. la intoxicación se produce en este caso por inhalación de vapores de Hg (Esteban & Martín, 2000).

“También la administración durante largo Tiempo de diuréticos mercuriales a los enfermos, bien por vía oral o parenteral, puede ser causa de intoxicación mercurial” (Esteban & Martín, 2000).

2.1.12. Bioacumulación de Metales Pesados en Organismos marinos

“Por bioacumulación se entiende la acumulación, valga la redundancia, de un contaminante en un organismo o una comunidad biológica debida a la captación directa

desde el agua y/o por ingestión. El término se emplea para describir tanto los procesos dinámicos de la acumulación como el resultado final de la misma en el organismo”. (Figueruelo & Dávila, 2004)

Existen muchos organismos que bioacumulan metales pesados incluso pueden contener niveles mucho más elevados que el medio acuático donde se encuentran, este es el caso de los moluscos bivalvos, poniendo como ejemplo en este nivel trófico a las ostras, que son uno de los organismos marinos más impactados por la contaminación, por su condición de organismos filtradores que bioacumulan a través del bombeo del agua gran cantidad de bacterias patógenas, toxinas marinas y trazas de metales (Manjarrez Paba, Castro Angulo, & Utria Padilla, 2008).

Según estudios realizados en diversas especies de organismos marinos, ultimamente se ha observado que los niveles de Hg son directamente proporcionales a la edad del mismo y varía según el sexo. Se han encontrado especies en las cuales existen diferencias de acumulación dependiendo de su sexo, siendo los machos los que presentan una mayor capacidad de retención. Existen diferencias significativas en las concentraciones de Hg total y orgánico en ambos sexos, hecho que fue atribuido a diferencias en la edad. Por otra parte, estudios realizados han demostrado que los moluscos bivalvos son entre los organismos marinos, el grupo más recomendado para su uso como organismos monitores de contaminación acuática. Estos organismos juegan un rol esencial en los estudios relacionados con la evaluación de la calidad del ambiente marino (Díaz, y otros, 2001).

2.1.13. Biomonitorio Acuático

“Uso de organismos, como diatomeas, dafnias, peces y crustáceos, de manera controlada, para determinar la calidad del agua” (Mata & Quevedo, 2005). La utilización de organismos acuáticos como indicadores tiene como resultado diferentes niveles de intensidad, cubriendo diferentes rangos respecto a la perspectiva temporal y espacial de las diferentes medidas a emplear. Estos niveles pueden ser desde la identificación de una sola

especie, hasta poblaciones, comunidades o ecosistemas fluviales, para estudiar sus sistemas independientemente, ante la presencia de sustancias agresivas (Sánchez Vélez & García Núñez, 1999).

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 la 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)

2.1.14. Bioindicadores

“Bioindicadores son aquellos organismos o comunidades en los que su existencia, sus características estructurales, su funcionamiento y sus reacciones, dependen del medio en que se desarrollan y cambian al modificarse las condiciones ambientales”. (Capó, 2002)

Los indicadores biológicos resultan ser, sensibles a los cambios ambientales y los toman estímulos específicos reaccionantes. Los bioindicadores responden ante los estímulos absorbidos, acción que permite obtener la información tanto acerca de los cambios ocurridos como, en ocasiones, de nivel de Intensidad del cambio ambiental (Capó, 2002) .

La utilización de organismos como bioindicadores de contaminación del agua empezó hace más de 100 años en Europa, esta técnica es considerada muy útil, y de bajo costo, por lo que es muy utilizada. Presentan una ventaja significativa en comparación con otros métodos, debido a que muestran tendencias a través del tiempo, lo que nos quiere decir, comprar condiciones pasadas y presentes (Springer, 2010).

Otro punto a favor de la utilización de este tipo de indicadores biológicos de contaminación es que nos permite detectar eventos puntuales de toxicidad, los cuales son poco detectables con la aplicación de mediciones físico-químicas estándares. En contraposición a estas ventajas planteadas referente a los bioindicadores, esta técnica tiene sus limitaciones, especialmente para determinar la calidad de agua para consumo humano, porque no necesariamente detecta la presencia de patógenos o condiciones químicas potencialmente peligrosas para la salud humana (Springer, 2010).

Es importante utilizar tanto el método físico-químico y el biológico, debido a que los organismos indicadores pueden verse afectados por otros factores ambientales, como la calidad del hábitat o las condiciones climáticas, la utilización de estos métodos de forma integral ya se contempla en la legislación de muchos países (Springer, 2010).

Tabla 2: 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)

elaborada por Casto, 2015

Tabla 3: 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)

2.1.15. Bivalvos

Por Bivalvos se entiende a los moluscos que presentan simetría doble sin una bolsa visceral dorsal. La membrana forma, a ambos lados, un pliegue o manto que envuelve al cuerpo y sobre el que se desarrolla una concha con dos valvas (Bivalvos). Pertenecen a los acéfalos, debido a que no presenta una cabeza formada. El pie está ceñido lateralmente en forma de hacha, razón por la cual también se los nombra Pelecípodos. Las branquias, que tienen

forma característica de lámina muy ampliada, también dan a este grupo el nombre de Lamelibranquios. En general, son organismos excavadores y todos ellos acuáticos. Se conocen más de 8.000 especies de moluscos bivalvos, de las cuales alrededor de 7.500 son marinas. Esta clase bivalva es muy apetecida por la población humana por lo que son de mucho interés. Desde hace al menos 2.000 años a.C. es utilizado como recurso alimenticio por civilizaciones orientales y alrededor de 400 años a.C. en el Imperio Romano. Los bivalvos eran además utilizados como herramienta en la industria cerámica del oeste mediterráneo, en la llamada Fase Cardinal del Neolítico Inicial (Cargnin-Ferreira & Sarasquete, 2008).

2.1.16. Importancia económico- comercial de Bivalvos

La importancia económico-comercial y social del cultivo y explotación de moluscos bivalvos como fuente de recursos naturales es todavía destacada en los pobladores de las zonas costeras, en los Parques Naturales, también se ejecutan estas labores, debido a sus favorables condiciones naturales. A pesar de que el hábitat naturales donde se explotan estas especies, pueden ser depósitos de residuos de todo tipo, el impacto ambiental de origen antropogénico es uno de los más importantes responsables de esta contaminación, paralelamente, se incrementan con el desarrollo urbano, agrícola e industrial (Cargnin-Ferreira & Sarasquete, 2008).

2.1.17. Ostión de Mangle (*Crassostrea columbiensis*)

2.1.17.1. Morfología

“Concha blanca (longitud 75 mm), con un margen ondulado, interior liso y color púrpura. Cicatriz del músculo aductor con forma de riñón y color púrpura. Valva superior puede presentar rayos púrpura o amarillos en el exterior” (Espino, Hernández Pulido, & Carbajal Pérez, 2000).

Los lugares donde habitan como son las rocas y raíces de mangle que estén en contacto con el agua, y por su continuo contacto con el medio al ser unos organismos filtradores, son considerados como bioindicadores ambientales (Mora Sánchez, 1990).

Figura 1 *Crassostrea columbiensis*



Fuente: Castro, 2015

2.1.17.2. Taxonomía

El ostión de mangle (*C. comunbiensis*) según sus características morfológicas, en el reino animal se encuentra taxonómicamente clasificado así:

Tabla 4: Clasificación taxonómica

Clasificación taxonómica	
Reino	Animal
Phylum	Molusca
Clase	Bivalva
Orden	Ostreoida
Familia	Ostreidae
Genero	Crassostrea
Especie	Columbiensis

Fuente: Sistema Integrado de Información Taxonómica

2.1.17.3. Características y localización de *Crassostrera columbiensis* en Ecuador

Típica de ambiente estuario se encuentran adheridas a las raíces aéreas de los árboles de mangle, ubicándose de preferencia en los troncos o ángulos de las raíces, aunque también se las suele encontrar aglutinadas a sustratos duros o rocas

El hábitat del ostión de mangle se encuentra en la zona intermareal y geográficamente distribuido desde baja California hasta el norte de Perú, en nuestro País se encuentra localizado principalmente en el estuario del Golfo de Guayaquil, el Morro, Puná y Archipiélago de Jambelí, según un estudio realizado por el Instituto Nacional de Pesca plasmado en su Catálogo de bivalvos marinos en Ecuador (Mora Sánchez, 1990).

Tabla 5: Características generales del Ostión de mangle (*Crassostrera columbiensis*)

Características generales <i>Crassostrera columbiensis</i>	
Características	Concha de talla mediana de forma variable desde triangular a trapezoidal o redondeada.
Distribución Geográfica	Baja California hasta el Norte de Perú.
Distribución Local (Ecuador)	Estuario del Golfo de Guayaquil, El Morro, Puná, Archipiélago de Jambelí
Hábitat	En ecosistema de manglar, adherida a las raíces aéreas de los árboles de mangle.
Tipo de pesca	Artesanal.
Arte de pesca	Extracción manual (Se emplea cuchillo).

Fuente: Catálogo de bivalvos marinos en Ecuador (Mora Sánchez, 1990)

2.2.MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL

2.2.1. Provincia de El Oro

Ubicada al suroeste del Ecuador, lindera al norte con la provincia del Guayas y Azuay, al noroeste con el golfo de Guayaquil, al sur y al este con la provincia de Loja, y al oeste con Tumbes (Perú), por su ubicación forma parte de la Región Litoral y tiene una extensión de 5.791,85 km² (UCV-MOP, Gobierno Provincial de el Oro, 2003).

Se encuentra entre las siguientes coordenadas geográficas: 3°02' y 3°53' de Latitud Norte y 80°20' y 79°21' de Latitud Oeste; Latitud 9°570.500N, 9°661.000 S y Longitud 576.000E, 682.000W (UCV-MOP, Gobierno Provincial de el Oro, 2003).

2.2.1.1.Geomorfología

Por su ubicación geográfica esta región está formada por, una zona oriental ligeramente montañosa subtropical, y una región árida costera la cual en épocas de oleaje o lluvias torrenciales puede inundarse, debido a que sus orillas se encuentran bañadas con las aguas del océano pacífico y posee a lo largo de su perfil manglares, el estero de Santa Rosa y las Islas Jambelí (UCV-MOP, Gobierno Provincial de el Oro, 2003).

2.2.1.2.Hidrografía

En la cordillera de Tahuín nace el río Zarumilla, el que al inicio de su curso toma el nombre de Las Lajas, su desembocadura es en la Boca de Capones en el océano Pacífico. En el estero Jambelí desemboca el río Jubones el mismo que nace al Norte de la Provincia. De las zonas montañosas de Santa Rosa y Tahuín nace el Río Arenillas el que posteriormente en su curso recibe al Zaracay, su cauce riega las poblaciones de Piedras y

Arenillas. Por último el Rio Santa Rosa, su trayecto pasa por Bellavista y Santa Rosa, asentada al margen izquierda (UCV-MOP, Gobierno Provincial de el Oro, 2003).

2.2.2. Puertos de la Provincia de el Oro

2.2.2.1. Puerto Hualtaco

Puerto ubicado a 7 km del cantón Huaquillas, tradicional de pescadores artesanales y extractores marisqueros, donde diariamente se realiza compra de pescado, conchas, cangrejos y langostinos. Es un brazo de mar en el que se encuentran esteros y hermosos manglares (Matamoros Echeverria, 2013).

Punto de embarque de pescadores en las islas del Archipiélago de Jambelí, las comunidades de Bellavista y Costa Rica, al tiempo que es zona de embarque de insumos para camaroneras (Matamoros Echeverria, 2013).

Figura 2: Imagen Satelital Puerto Hualtaco



Fuente: Google Maps

2.2.2.2. Puerto Pitahaya

Antiguo puerto que facilita a Arenillas una salida importante hacia el Archipiélago de Jambelí, a Puerto Bolívar y al Océano Pacífico. El sitio también constituye un lugar apropiada para la pesca, habitantes residen en este sector, y obtienen su sustento de la actividad pesquera y camaronera. Antes de llegar a este, se puede pasar por la cuca, un caserío que concentra a los campesinos dedicados al cultivo de arroz y al cuidado de diversas clases de mangos y otros frutales exóticos, desconocidos en el resto del país (Ministerio del Ambiente - COPADE, 2011).

Figura 3: Imagen Satelital Puerto Pitahaya



Fuente: Google Maps

2.2.2.3. Puerto Jeli

Brazo de mar en el cual desemboca el Rio Santa Rosa, y se ubica a 6 km del centro urbano de Santa Rosa, allí funcionaba el antiguo puerto fluvial entre Guayas y El Oro, lo que generaba gran movimiento comercial, en la actualidad la mayoría de los habitantes del sector se dedican a labores de pesca artesanal, al menos 300 recolectores de concha y cangrejo están pasando una situación preocupante debido a que los moluscos empiezan a disminuir (Regional Sur, 2014), según un reportaje realizado por el diario el Telégrafo el 18 de mayo del 2014 titulado “*Puerto Jelí y las delicias del mar*”.

Figura 4: Imagen Satelital Puerto Jeli



Fuente: Google Maps

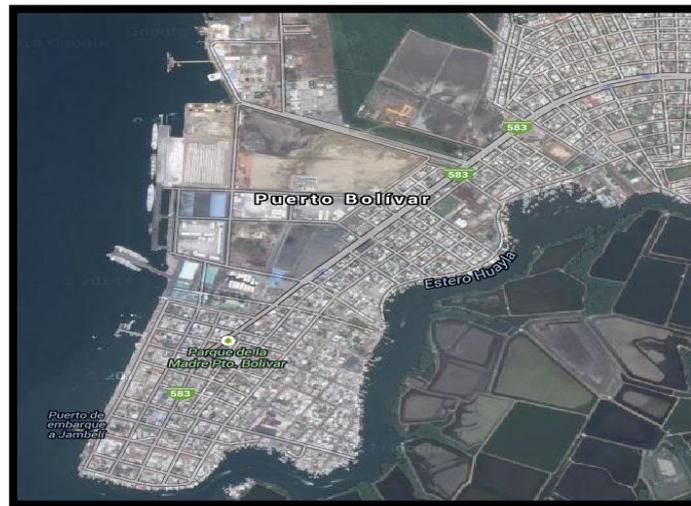
2.2.2.4. Puerto Bolívar

Es el segundo puerto de la República por el movimiento de carga en el Sistema Nacional Portuario. Cerca del 80% de la producción bananera de Ecuador se embarca a través de este puerto, su principal destino es Europa (Diario Opinion, 2014).

Además de la actividad Portuaria, allí se encuentran localizados varios muelles pequeños donde los pescadores y recolectores de moluscos, en su mayoría habitantes del sector, embarcan y desembarcan, los productos del mar, que abastecen a los principales mercados de la ciudad y la provincia (Regional Sur, 2014).

La recolección de concha pasó a ser otra fuente de ingreso, pues antiguamente existía una gran cantidad de este producto, pero la recolección tuvo una caída en 2008, pues las conchas se estaban acabando (Regional Sur, 2014) . Según la publicación del diario el Telégrafo del 16 de Noviembre de 2014 titulada ***“La pesca es el motor de desarrollo de Puerto Bolívar”***.

Figura 5: Imagen Satelital Puerto Bolívar



Fuente: Google Maps

2.2.3. Manglar Orense

Los manglares ocupan la zona intermareal cerca de las desembocaduras de los ríos, y pueden estar localizados tanto en estuarios como en las costas marinas. Un estudio realizado por el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales porción Sensores Remotos (Clirsen) en el 2006 determinó que en el país existen aproximadamente 148.230,23 hectáreas de manglar, de las cuales, 16.158 están en El Oro (PP, 2014).

Según estudios del Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (Clinser) en 1969, en El Oro, había 63. 653 hectareas de manglar, y 37 años después, la cifra fue de 18.905 hectáreas. Por lo tanto se talaron 44.748 ha de manglar que equivalen al 70,3% (Diario Opinion, 2009).

La pérdida de manglar se produce principalmente por la tala del mismo, para la construcción de camarónicas, con su disminución no solo causa un problema ambiental, siendo además de afección social, porque los recolectores de moluscos han notado una disminución de las especies de interés económico que se desarrollan en ese hábitat, en varios sectores del perfil costanero Orense (Diario Opinion, 2009).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Provincia: El Oro

Puntos de Muestreo: Puerto Hualtaco (Huaquillas), Puerto Pitahaya (Arenillas), Puerto Jeli (Santa Rosa), Puerto Bolivar (Machala).

Figura 6: Localización geográfica del área de estudio



Fuente: Google Maps elaborado por Castro, 2015

3.2.LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo de investigación la determinación de concentraciones de Mercurio, Plomo y Cadmio en Ostiones (*Crassostrea columbiensis*) se el realizo en el laboratorio de investigaciones de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala en los meses de Noviembre del 2014 hasta Abril del 2015.

3.3.MATERIALES , EQUIPOS Y REACTIVOS

3.3.1. Materiales:

- Envases de polietileno
- Fundas de polietileno
- Guantes quirúrgicos
- Termómetro
- Mascarillas
- Matraces volumétricos
- Pipetas volumétricas
- Micro Pipetas
- Vasos de precipitación
- Cuchillo de polietileno
- Cucharilla de polietileno
- Hielera

3.3.2. Equipos

- Estufa
- Congelador
- Balanza analítica
- Gps

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica (SHIMADZU AA-6300)

3.3.3. Reactivos

- Ácido Nítrico
- Ácido Clorhídrico
- Ácido Sulfúrico
- Agua destilada
- Agua Desionizada
- Permanganato de Potasio 5%
- Hidroxilamina 10%
- Estándar de Mercurio
- Estándar de Plomo
- Estándar de Cadmio

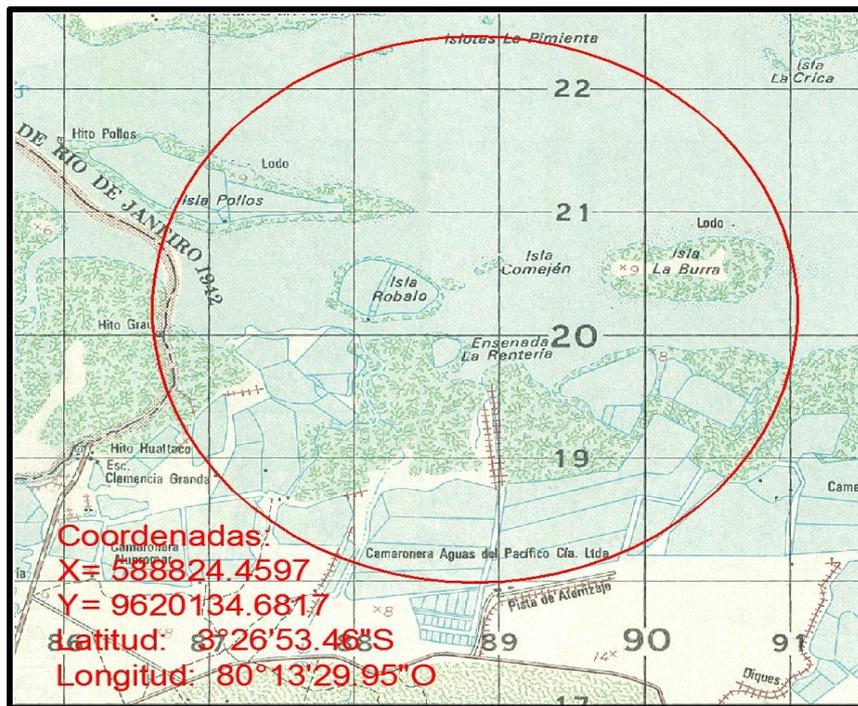
3.4.METODOLOGÍA

3.4.1. Recolección de la Muestra

Se establecieron cuatro sitios de muestreo a lo largo de la zona costera de la Provincia de el Oro, los cuales se ubicaron en: Puerto Hualtaco (figura 7), Puerto Pitahaya (figura 8), Puerto Jeli (figura 9), Puerto Bolívar (figura 10);

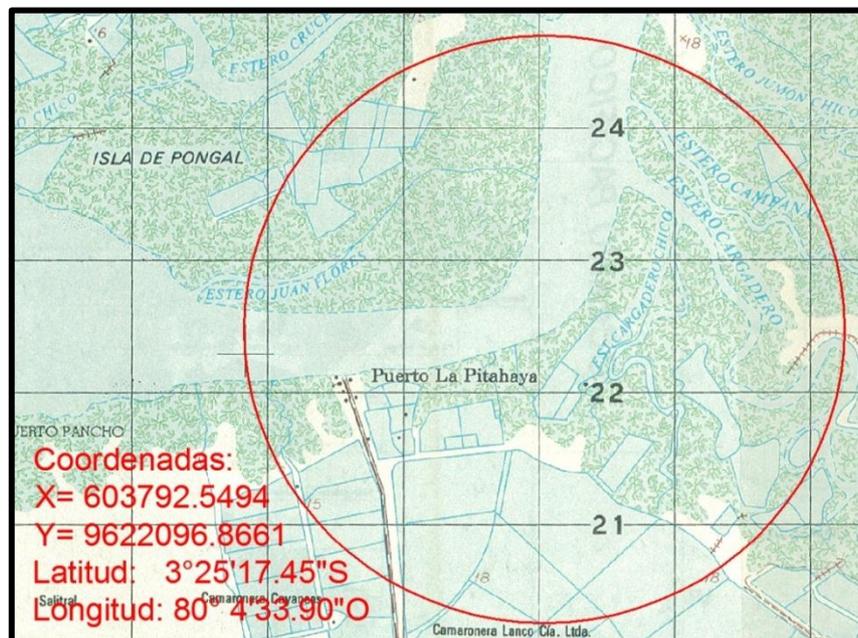
Las muestras se obtuvieron con la ayuda de una persona con conocimientos en recolección de bivalvos, con un bote se ingresa en el área de mangles debido a que su raíz es el hábitad propia para el desarrollo de este ostión (*Crassostrea columbiensis*), se recolectaron 20 muestras por zonas, dando un total de 80 muestras.

Figura 7: Visión del Punto de muestreo uno Puerto Hualtaco



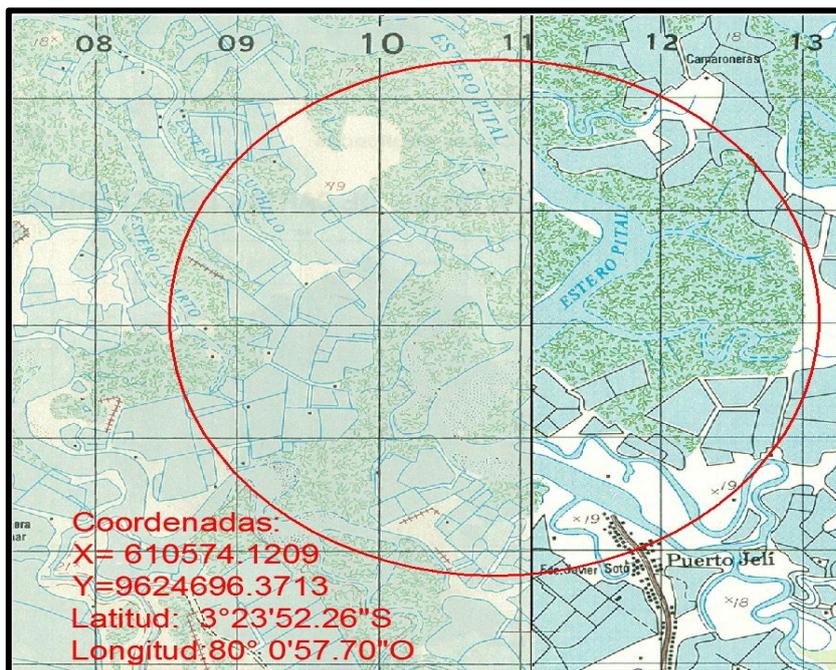
Fuente: Instituto Geográfico Militar

Figura 8: Visión del Punto de muestreo dos Puerto Pitahaya



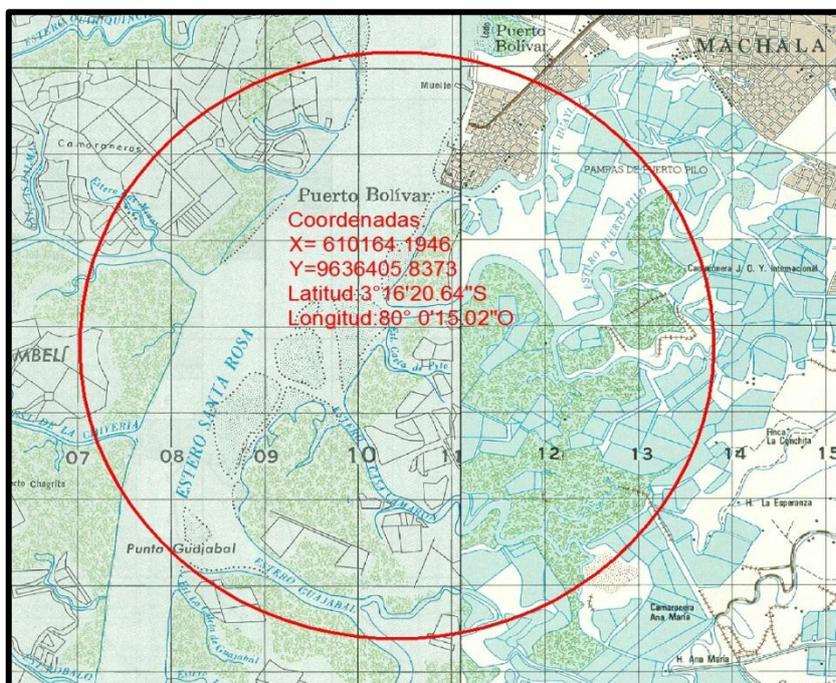
Fuente: Instituto Geográfico Militar

Figura 9: Visión del Punto de muestreo Tres Puerto Jeli



Fuente: Instituto Geográfico Militar

Figura 10: Visión del Punto de muestreo Cuatro Puerto Bolívar



Fuente: Instituto Geográfico Militar

3.4.2. Operaciones preliminares al análisis

Se inicia lavando los ostiones hasta dejar la superficie libre de impurezas como lodo o astillas de mangle, luego de esto se rotula cada una de las muestras, enumeradas y separadas según la zona a la que pertenecen (**Anexo 1**).

Posteriormente se pesa cada una de las muestras, dato que servirá para establecer un índice de condición, luego se extrae el tejido blando de las valvas, se lo pesa (**Anexo 2**).

Cada muestra se coloca en un envase de polietileno de 30 ml con su debido rotulo, y se lleva a la estufa por el lapso de 48 horas para su desecación (**Anexo 3**).

3.4.3. Digestión de las muestras

Para la digestión del tejido ya previamente desecado, se agrega a cada una de las muestras 3 ml de Ácido Nítrico concentrado y se deja reposar por un día (**Anexo 4**).

Para prevenir que no haya quedado algún residuo sólido del tejido, se aplica baño maría a las muestras por el lapso de una hora a temperaturas no superiores a los 60 °C, todo esto se ejecuta bajo una campana de extracción de gases y con los instrumentos de seguridad apropiados (**Anexo 4**).

3.4.4. Filtrado

La filtración se realizó con papel filtro cualitativo MN 615 con diámetro de 125mm, que nos permite la retención de partículas medias y media velocidad, brindando una fácil separación líquido – Sólido (**Anexo 5**).

Posterior a esto se colocó el líquido resultante en balones volumétricos de 25 ml y se enraso con agua des ionizada. Finalmente los volúmenes de muestra obtenidos se colocaron en los frascos de polietileno que estén libres de residuos sólidos.

3.4.5. Espectrofotometría de Absorción Atómica

La investigación se realizó aplicando Espectrofotometría de absorción atómica que será la técnica adecuada para la determinación de metales pesados en Bivalvos, en este caso la muestra empleada será la *C. columbiensis*.

“Esta técnica es muy adecuada para el análisis de cationes en disolución, pudiendo determinarse un gran número de especies metálicas en un amplio rango de concentraciones. Puede aplicarse en su modalidad de llama (para altas concentraciones), cámara de grafito (para bajas concentraciones), técnica de vapor frío (para análisis de mercurio) o generación de hidruros (para el análisis de arsénico, selenio, estaño, antimonio)” (Morel, 1994).

En esta investigación se emplearon técnicas de espectrofotometría de absorción atómica a la llama FAAS para el análisis de Cadmio y plomo y mediante generación de vapor de hidruros GH-AAS para la determinación de Hg.

“Los análisis se pueden efectuar con gran rapidez cuando se realizan por llama. Para cada especie analizada se requiere una lámpara específica, por lo que es necesario disponer de un amplio juego de lámparas si se quiere abarcar el análisis de varios cationes” (Morel, 1994).

“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 técnica más usual en generación del hidruro se consigue, tratando la muestra con una disolución de Borohidruro de sodio (NaBH_4) en medio ácido (HCl)” (Jimenez, 1996).

3.4.5.1. Proceso para el análisis de los niveles de metales pesados en el bivalvo *Crassostrea columbiensis* 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).

Tabla 6: Método y Límites de detección para Hg, Pb, Cd, en Espectrofotometría AA (SHIMADZU AA-6300)

	Cadmio	Plomo	Mercurio
Método	FAAS		GH-AAS
Límite de Detección	0.025 mg/l	0.16 mg/l	1.8 µg/l

Fuente: Castro, 2015

3.4.5.2. Lectura de Mercurio

A. Disolución de la muestra

Mediante pruebas preliminares se determinó que la mejor disolución, es tomar 8 ml de muestra, agregar a la misma 1 ml de ácido sulfúrico concentrado y 0.5 ml ácido clorhídrico, posteriormente colocar aproximadamente 10 gotas poco a poco y agitando, de Permanganato de potasio, hasta que el color persista por varios minutos y realizar las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica con la técnica de generación de vapor de hidruros (GH-AAS). Esta disolución fue modificada a las establecidas en textos científicos, con la ayuda de la Dra. Mairin Lemus (**Anexo 6**).

B. Preparación de estándares

Mediante fórmulas de relación de volúmenes se realizó 50 ml de solución de 2000 ppb, para lo cual se tomó 100 µl del estándar de Hg que posee 1000 µg/ml y se agregó unas gotas de HNO₃ al 10%, y esta solución obtenida será con la que se realizaran estándares de 10, 30, 40, 50 y 60 ppb. A continuación se detalla los µl necesarios de la solución preparada de 2000 ppb para la obtención de 50ml de cada uno de los estándares indicados anteriormente.

Tabla 7: Volumen de preparación de estándares de Hg

Concentración (ppb) µg/l	Volumen (µl solución 2000 ppb de Hg)
10	250
30	750
40	1000
50	1250
60	1500

Fuente: Castro, 2015

3.4.5.3.Lectura de Plomo

A. Disposición de la muestra

Se toma una porción de muestra, sin colocarle reactivos adicionales y se realiza la lectura por espectrofotometría de absorción atómica a la llama o FAAS, este tipo de lectura se realiza con mayor rapidez en comparación a GH-AAS (**Anexo 6**).

B. Preparación de estándares

Aplicando relación de volúmenes en referencia a la concentración de solución original la cual contiene 1000 µg/ml Cd, con respecto al volumen 50 ml y las concentraciones que se desea obtener las cuales son 0.2, 0.4, 0.6, 1 ppm, el volumen de solución original necesario para preparar cada uno de estos estándares se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 8: Volumen de preparación de estándares de Cd

Concentración (ppm) µg/ml	Volumen (µl solución 1000 ppm de Cd)
0.2	10

Continua Tabla

0.4	20
0.6	30
1	50

Fuente: Castro, 2015

3.4.5.4.Lectura de Cadmio

A. Disposición de la muestra

Se procede de la misma manera que en la lectura de plomo, tomando aproximadamente 8 ml de muestra y realizando la lectura por espectrofotometría de absorción atómica a la llama (FAAS) (**Anexo 6**).

B. Preparación de estándares

Similar al caso de Cd se aplica relación de volúmenes en referencia a la concentración de solución original la cual contiene 1000 $\mu\text{g/ml}$ Pb, con respecto al volumen 50 ml y las concentraciones que se desea obtener las cuales son 1, 2, 3, 4 ppm, el volumen de solución original necesario para preparar cada uno de estos estándares se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 9: Volumen de preparación de estándares de Pb

Concentración (ppm)	Volumen
$\mu\text{g/ml}$	(μl solución 1000 ppm de Pb)
1	50
2	100
3	150
4	200

Fuente: Castro, 2015

4. RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DEL INDICE DE CONDICION DE *Crassostrea columbiensis*

Se analizaron 80 muestras provenientes de cuatro puntos de muestreo: Puerto Hualtaco, Puerto Pitahaya, Puerto Jeli, Puerto Bolívar, y el resumen estadístico para el peso total e índice de condición de la especie de estudio *Crassostrea columbiensis* se recopilan y se representan en la tablas 10 y 14 respectivamente.

Tabla 10: Resumen Estadístico para Peso Total de *Crassostrea columbiensis* de las cuatro localidades de la zona costera de la provincia de El Oro.

Localidad	Frecuencia	Media gr	Coficiente de Variación	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Hualtaco	20	19.6885	38,48 %	7.57729	10.33	33.91
Pitahaya	20	5.1835	49.52%	2.56727	1.48	9.82
Jeli	20	13.8335	65.84 %	9.10837	4.62	33.6
Bolivar	20	27.085	25.17%	6.81794	18.01	42.69
Total	80	16.4476	64.25%	10.5681	1.48	42.69

Fuente: Castro, 2015

La prueba de Kruskal-Wallis para determinar si existen diferencias entre el peso total de *C. columbiensis* determina que hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95,0%. Determinándose que los ejemplares de mayor rango se capturaron en Pto. Bolivar y los pas mequeños provenientes de Pitahaya (**ver Tabla 11**).

Tabla 11: Contraste de Kruskal-Wallis para peso total según Localidad

Localidad	Tamaño Muestral	Rango promedio
Hualtaco	20	50.65
Pitahaya	20	13.05
Jeli	20	36.025
Bolivar	20	62.275
Estadístico= 50.0266		P-valor = 7.8858 E-11
Fuente: Castro, 2015		

Aplicando el procedimiento de comparación múltiple para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras. La mitad inferior de la salida muestra la diferencia estimada entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 6 pares, indica que éstos muestran diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza 95,0% como se muestra en la **Tabla 13**. Se identifican 4 grupos homogéneos según la alineación del signo X en la columna. Dentro de cada columna, los niveles que tienen signo X forman un grupo de medias entre las cuales no hay diferencias estadísticamente significativas (ver **Tabla 12**). El método actualmente utilizado para discernir entre las medias es el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD).

Tabla 12: Comparación múltiple (LSD) para Peso total de *C. columbiensis*

Método : 95.0 porcentaje LSD			
Localidad	Frecuencia	Media	Grupos Homogeneos
Pitahaya	20	5.1835	X
Jeli	20	13.8335	X

Continua Tabla

Hualtaco	20	19.6885	X
Bolívar	20	27.085	X

Fuente: Castro, 2015

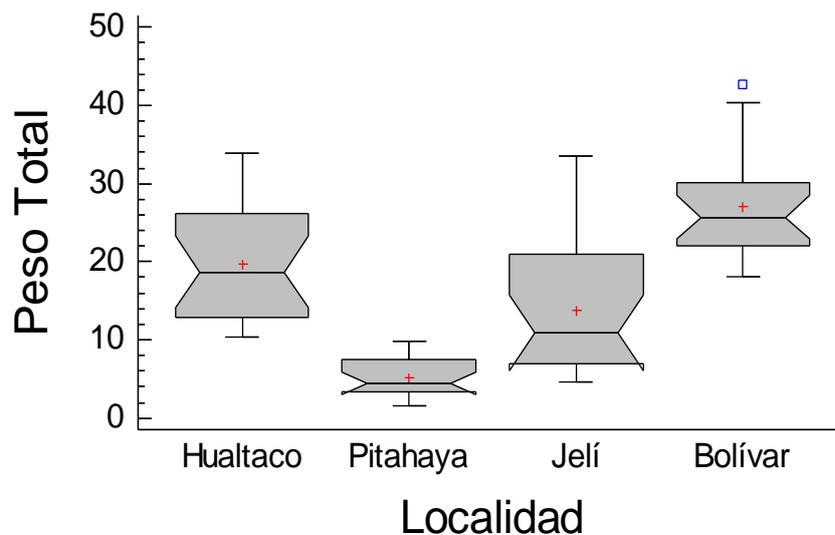
Tabla 13. Contraste Múltiple de Rango para Peso Total según Localidad

Contraste	Sig	Diferencias	+/- Limites
Hualtaco – Pitahaya	*	14.505	4.38002
Hualtaco – Jeli	*	5.855	4.38002
Hualtaco – Bolívar	*	-7.3965	4.38002
Pitahaya – Jeli	*	-8.65	4.38002
Pitahaya – Bolívar	*	-21.9015	4.38002
Jeli – Bolívar	*	-13.2515	4.38002

* indica una diferencia significativa

Fuente: Castro, 2015

Figura 11: Peso total de *C. columbiensis* proveniente de cuatro localidades de la zona costera de El Oro



Fuente: Castro, 2015

Tabla 14: Resumen Estadístico para Índice de Condición de *Crassostrea columbiensis* de las cuatro localidades de la zona costera de la provincia de El Oro

Localidad	Frecuencia	Media	Coefficiente de Variación	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Hualtaco	20	11.493	14.42%	1.6575	9.41	14.63
Pitahaya	20	21.087	40.07%	8.4515	12.04	47.47
Jeli	20	15.308	62.52%	9.57109	8.87	43.08
Bolivar	20	15.626	23.39%	3.65573	10.37	26.14
Total	80	145.87	46.67%	7.41088	8.87	47.47

Fuente: Castro, 2015

Los datos del IC de *C. columbiensis* de todas las columnas primero se combinan y se ordenan de menor a mayor (**Tabla 15**). Puesto que el p-valor es 1.3991E-7 es inferior a 0,05, nos demuestra que hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas del IC a un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla 15: Contraste de Kruskal-Wallis IC según Localidad

Localidad	Tamaño Muestral	Rango promedio
Hualtaco	20	21.6
Pitahaya	20	62.25
Jeli	20	31.9
Bolivar	20	46.25
Estadístico= 34.7154		P-valor = 1.3991E-7

Tabla 16: Comparación múltiple (LSD) para el IC de *C. columbiensis*

Método : 95.0 porcentaje LSD			
Localidad	Frecuencia	Media	Grupos Homogeneos
Hualtaco	20	11.4935	X
Jeli	20	15.3085	X
Bolivar	20	15.626	X
Pitahaya	20	21.0875	X

Fuente: Castro, 2015

Los resultados muestran que el índice de condición de la especie de la localidad de Pitahaya es significativamente diferente del resto de los organismos capturados en las otras localidades (**Tabla16 y 17**).

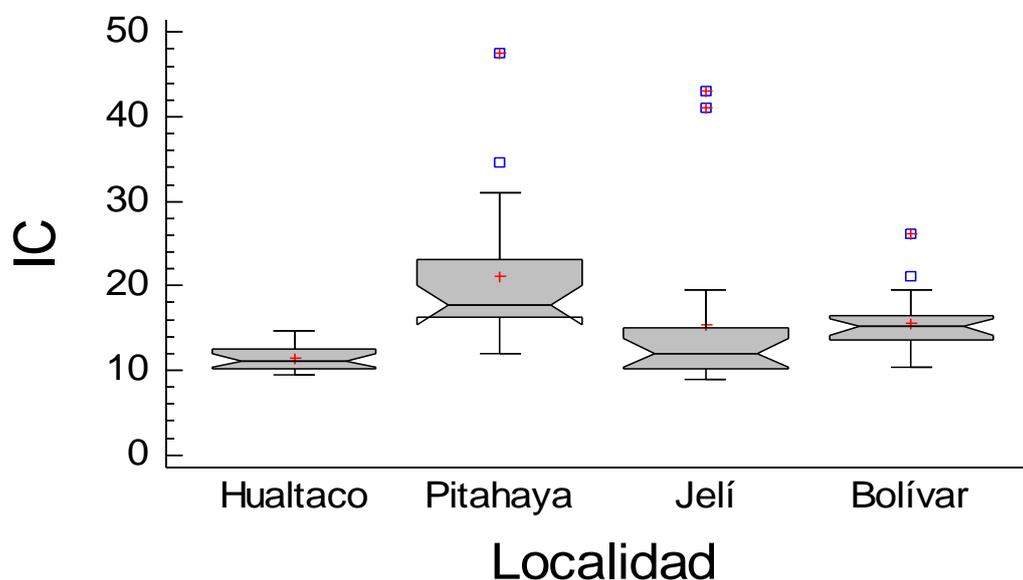
Tabla 17: Contraste Múltiple de Rango para IC según Localidad

Contraste	Sig.	Diferencias	+/- Limites
Hualtaco – Pitahaya	*	*-9.594	4.21494
Hualtaco – Jeli		-3.815	4.21494
Hualtaco – Bolívar		-4.1325	4.21494
Pitahaya – Jeli	*	*5.779	4.21494
Pitahaya – Bolívar	*	*5.4615	4.21494
Jeli – Bolívar		-0.3175	4.21494

* indica una diferencia significativa

Fuente: Castro, 2015

Figura 12: Índice de Condición de *C. columbiensis* proveniente de cuatro localidades de la zona costera de El Oro



Fuente: Castro, 2015

4.2. ANÁLISIS DE MERCURIO

Tabla 18: Resumen Estadístico para Hg en *Crassostrea columbiensis* de las cuatro localidades de la zona costera de la provincia de El Oro.

Localidad	Frecuencia	Media µg/Kg	Desviación Estándar µg/Kg	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Hualtaco	19	652,266	752,64	115,389%	70,73	2932,58
Pitahaya	20	284,529	149,441	52,5224%	110,05	675,1
Jeli	20	235,452	291,242	123,695%	0	1223,5
Bolivar	20	131,618	210,301	159,78%	16,45	975,97
Total	79	321,836	453,588	140,938%	0	2932,58

Fuente: Castro, 2015

La prueba de Kruskal-Wallis para Hg en *C. columbiensis* nos demuestra que existen diferencias significativas entre los organismos provenientes de puerto Bolivar y Pitahaya, siendo el de menor y mayor rango respectivamente como se muestra en la **Tabla 19**.

Tabla 19: Contraste de Kruskal-Wallis para Hg según Localidad

Localidad	Tamaño Muestra	Rango Promedio
Hualtaco	19	54,2632
Pitahaya	20	49,8
Jeli	20	33,9
Bolivar	20	22,75
Estadístico = 23,6992 Valor-P = 0,0000288656		
Fuente: Castro, 2015		

Tabla 20: Comparación múltiple (LSD) para Hg en *C. columbiensis*

Método : 95.0 porcentaje LSD			
Localidad	Frecuencia	Media $\mu\text{g/Kg}$	Grupos Homogeneos
Bolívar	20	131,618	X
Jeli	20	235,452	X
Pitahaya	20	284,529	X
Hualtaco	19	652,266	X
Fuente: Castro, 2015			

Como se observa en la **Tabla 20**, se identifican 2 grupos homogéneos de concentración de Hg según la alineación del signo X en la columna. Dentro de cada columna, los niveles que tienen signo X forman un grupo de medias entre las cuales no hay diferencias estadísticamente significativas. En las correlaciones entre las 4 localidades, identificamos

diferencias significativas entre Hualtaco y los otros tres puntos de estudio que se plasma en la **Tabla 21**.

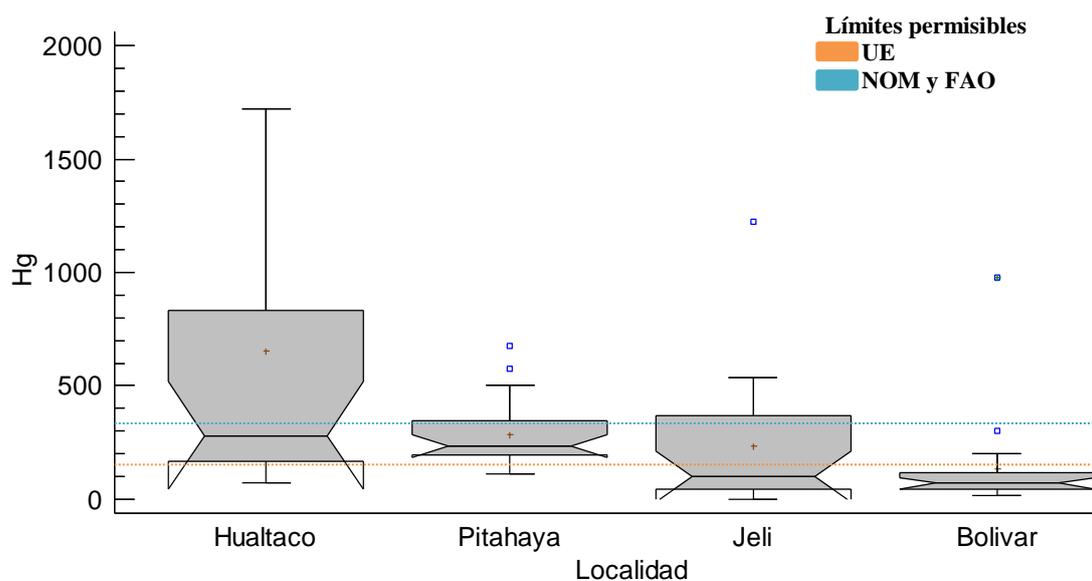
Tabla 21: Contraste Múltiple de Rango para Hg según Localidad

Contraste	Sig.	Diferencias	+/- Limites
Hualtaco - Pitahaya	*	367,737	266,443
Hualtaco - Jeli	*	416,814	266,443
Hualtaco - Bolívar	*	520,647	266,443
Pitahaya - Jeli		49,0765	263,005
Pitahaya - Bolivar		152,91	263,005
Jeli - Bolivar		103,834	263,005

* indica una diferencia significativa

Fuente: Castro, 2015

Figura 13: Mercurio en *C. columbiensis* proveniente de cuatro localidades de la zona costera de El Oro



Fuente: Castro, 2015

4.3. ANÁLISIS DE CADMIO

Tabla 22: Resumen estadístico para Cd en *Crassostrea columbiensis* de las cuatro localidades de la zona costera de la provincia de El Oro.

Localidad	Frecuencia	Media mg/ Kg	Desviación Estándar mg/ Kg	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Hualtaco	20	10,204	11,0233	108,029%	0,17	46,64
Pitahaya	20	5,6775	2,26423	39,8807%	3,01	11,51
Jeli	20	5,5295	3,59253	64,9702%	1,84	18,44
Bolivar	20	1,877	1,08468	57,7879%	0,08	4,56
Total	80	5,822	6,53244	112,203%	0,08	46,64

Fuente: Castro, 2015

En el Análisis de Cd realizado en *C. columbiensis*, la prueba de Kruskal-Wallis nos da como resultado que los organismos procedentes de Puerto Bolívar presenta diferencia significativa frente a Hualtaco, Pitahaya y Jeli como se demuestra en la **Tabla 23**.

Tabla 23: Contraste de Kruskal-Wallis para Cd según Localidad

Localidad	Tamaño Muestra	Rango Promedio
Hualtaco	20	49,775
Pitahaya	20	50,35
Jeli	20	45,625
Bolivar	20	16,25
Estadístico = 29,5335 Valor-P = 0,00000172983		

Fuente: Castro, 2015

Tabla 24: Comparación múltiple (LSD) para Cd en *C. columbiensis*

Método: 95,0 porcentaje LSD			
Localidad	Frecuencia	Media	Grupos
		mg/ Kg	Homogéneos
Bolivar	20	1,877	X
Jeli	20	5,5295	XX
Pitahaya	20	5,6775	X
Hualtaco	20	10,204	X

Fuente: Castro, 2015

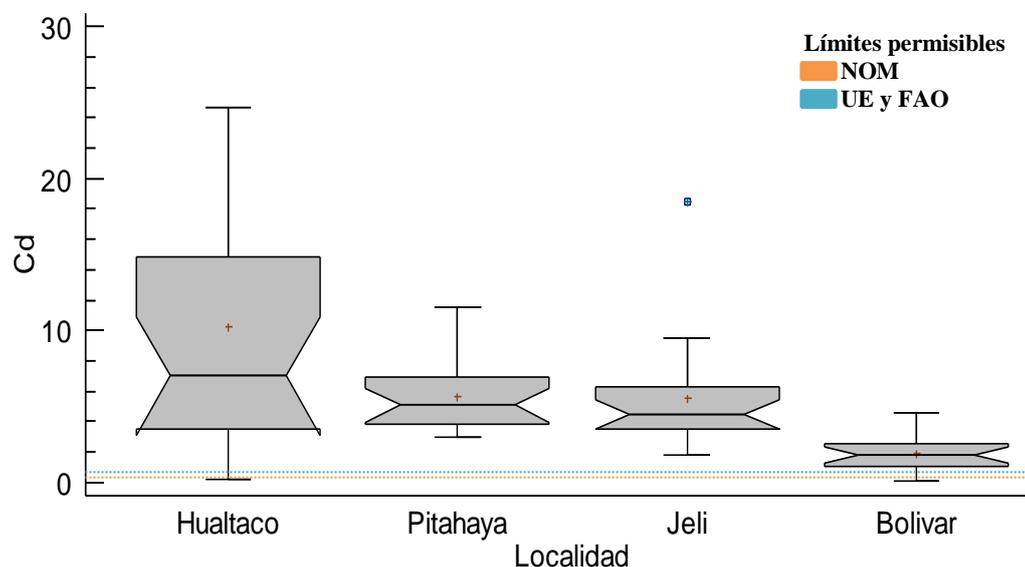
En la **Tabla 23** observamos 3 grupos homogéneos de concentración de Cd según la alineación de las X's en columnas, en el caso de Puerto Jeli que presenta dos decir, no presenta diferencias significativa con Puerto Bolivar y Pitahaya, por otro lado Puerto Hualtaco presenta diferencias en relación a todos los puntos estudio (**Tabla 25**)

Tabla 25: Contraste Múltiple de Rango para Cd según Localidad

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Hualtaco - Pitahaya	*	4,5265	3,73569
Hualtaco – Jeli	*	4,6745	3,73569
Hualtaco - Bolívar	*	8,327	3,73569
Pitahaya – Jeli		0,148	3,73569
Pitahaya – Bolivar	*	3,8005	3,73569
Jeli - Bolivar		3,6525	3,73569

Fuente: Castro, 2015

Figura 14: Cadmio en *C. columbiensis* proveniente de cuatro localidades de la zona costera de El Oro



Fuente: Castro, 2015

4.4. ANÁLISIS DE PLOMO

En el caso de la determinación de Pb en *C. comunbiensis*, los niveles acumulados en el bivalvo no pudieron ser detectados por el equipo de espectrofotometría de absorción atómica, lo que nos permite deducir que el índice de contaminación por este metal es bajo o se deba aplicar otro tipo de técnica que permita obtener datos de concentraciones muy pequeñas.

4.5. CORRELACIONES

Los rangos de los coeficientes de correlación van de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables. También se muestra, entre paréntesis, el número de pares de datos utilizados para calcular cada coeficiente. El tercer número en cada bloque de la tabla es un valor-P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores-P abajo de 0,05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95,0%. Los siguientes pares de variables tienen valores-P por debajo de 0,05:

PT y Hg

PT y IC

Tabla 26: Análisis de Correlaciones entre Variables

	IC	Hg	Cd	PTH	PTS
IC					
Hg	-0,1431 (79)				
Cd	0,2174 -0,1230 (80)	0,4371 (79)			
PTH	0,2864 0,0614 (80)	0,0001 0,0335 (79)	0,2530 (80)		
PTS	0,5957 -0,0920 (80)	0,7741 -0,1082 (79)	0,0264 -0,3954 (80)	0,8253 (80)	
	0,4263	0,3523	0,0004	0,0000	

Fuente: Castro, 2015

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la obtención de los resultados se analizaron un total de 80 muestras, del bioindicador *Crassostrea columbiensis*, en la determinación de metales Hg, Pb, Cd, por espectrofotometría de absorción atómica aplicada en cuatro puntos de muestreo: Puerto Hualtaco, Puerto Pitahaya, Puerto Jeli y Puerto Bolívar, nos permiten identificar cual posee más grado de contaminación, mediante su correlación entre los datos de peso, índice de condición, y lectura de concentración de cada metal individualmente.

Existen factores externos que pueden incidir en la acumulación de contaminantes en el bivalvo de estudio, los que pueden ser crecimiento industrial cercano al área de cruce fluvial, Fertilizantes aplicados en agricultura y desechos domésticos.

En la determinación del índice de condición en la zona 2 (Pitahaya) es mayor, en comparación con las otras tres zonas (Hualtaco, Jeli y Bolivar), es decir que la relación entre el peso de tejido húmedo y el peso total del organismo es mayor, lo que es sinónimo de decir que los organismos presentan mayor masa de tejido en relación al tamaño de la concha. La demostración estadística de este resultado se presenta en la **Tabla 18** donde se observa que las X de las tres primeras zonas se mantienen al mismo nivel significa que presentan un índice de condición significativamente similar, mientras que en Pitahaya es mayor.

En la determinación de Hg las concentraciones son significativamente diferentes en *C. clumbiensis* con las mayores concentraciones en la zona 1(Hualtaco), el cual no presenta una desembocadura directa de río, sin embargo siendo muy cercano a la ciudad de Tumbes del vecino país de Perú donde desemboca el río Puyango el cual al pasar la frontera recibe el nombre de Río Tumbes, que es uno de los más contaminados debido a que proviene de la parte alta de la provincia de El Oro donde se presenta el sector de mayor desarrollo minero de la Provincia y uno de los principales del País.

En segundo lugar Puerto Pitahaya, que es el puerto donde desemboca el río Arenillas en el cual se ha presentado un incremento de minería artesanal, además que este cauce acoge el

rio Naranjos y Saracay los cuales presentan fuertes problemas de contaminación según estudio de (Loayza, 2013)

Por otro lado los organismos capturados en Pto. Bolivar (0.132 ± 0.210 mg/Kg masa seca) presentan una concentración 49% menores a las encontradas en Pto. Hualtaco (0.652 ± 0.753 mg/Kg masa seca). (Ordoñez, 2015) Estudios realizados en un bivalvo de un habitat similar como lo es *Anadadara tuberculosa* y extraído de los mismos puntos de muestreo nos demuestra que existe un evidente menor grado de contaminación en Puerto Bolívar dando resultados de 0.243 ± 0.220 mg/Kg masa seca, para su análisis de Hg, mientras que en Puerto Hualtaco es significativamente mayor 1.74 ± 1.69 mg/Kg masa seca.

Comparando datos obtenidos de concentración de Hg en moluscos bivalvos en investigaciones realizadas en otras partes del mundo podemos notar que existe diferencia significativa (ver **Tabla 27.**), con los niveles obtenidos en esta investigación aplicada a la especie *C. columbiensis*.

Tabla 27: Datos de determinación de Hg en Organismos de Clase Bivalva

Organismo	Concentración Hg mg/Kg	Localidad	Referencia
<i>Mejillón Anodonta</i>	0.000 ± 0.011 peso seco	Wulihu del Taihu, China	(Hong-BO, Jian, & Ju-LI, 2009)
<i>Anadara (Senilia)</i>	0.3 peso seco	Lagunas abiertas en Ghana (Benya y Ningó)	(Joiris, Azokwu, Otchere, & Ali, 1998)
<i>Anadara (Senilia)</i>	0.2 peso seco	Estuario del río Bonny en Nigeria	(Joiris, Azokwu, Otchere, & Ali, 1998)
<i>Paphia undulata</i>	0.018 ± 0.0089 peso húmedo	Lago Timsah (Egipto)	(El-Moselhy, 2006)

Continua Tabla

<i>Paphia undulata</i>	0.011 ± 0.0083	Lagos Amargos (Egipto)	(El-Moselhy, 2006)
	peso húmedo		
<i>Gafrarium Pectinatum</i>	0.029 ± 0.014	Lagos Amargos (Egipto)	(El-Moselhy, 2006)
	peso húmedo		

Fuente: Castro, 2015

Los datos obtenidos en la determinación de Cd, nos reflejan el nivel más alto de contaminación por este metal en Puerto Hualtaco, mas no siendo despreciable la cantidad contabilizada en el resto de los puntos de muestreo quedando en segundo lugar Pitahaya, y en ultimo Puerto Bolívar, la causa de este tipo de contaminación, puede asumirse que es debido a que la Provincia presenta un gran desarrollo Agrícola, principalmente Bananera y arrocera, sembríos que en muchas ocasiones necesitan gran cantidad de fertilizantes, que como lo explica (Miras Ramos, 2009) los fertilizantes de fósforo son la fuente más extensa de contaminación de Cd, los fertilizantes fosfóricos, con un contenido medio de Cd de 7 mg kg-1 aportan al medio ambiente, la escala global 660 t. de Cd/año, En la UE, las entradas de Cd por fertilizantes se estimaban alrededor de 346 t Cd/año.

Los altos niveles de Cd detectado en el Bivalvo *Crassostrea columbiencis*, recolectada en cuatro puntos de muestreo a lo largo del perfil costanero de la Provincia de El Oro, pone en evidencia la contaminación que existe en esta zona intermareal, con un nivel máximo encontrado de 10,20 mg/Kg (masa seca) en Puerto Hualtaco y un minimo 1,87 (masa seca) mg/Kg en Puerto Bolívar, que comparados con los datos de una investigación realizada en el puente Portete del Estero Salado de Guayaquil en el bivalvo de la misma especie estudiada en esta investigación, detectaron una concentración de 0.18 mg/Kg (masa húmeda) lo que nos refleja la gran diferencia en su nivel de contaminación por este metal, entre dos provincias vecinas. Además en comparación con datos recopilados de investigaciones realizadas en otros Países en organismos del genero *Crassostrea*, los niveles son significativamente superiores como se detalla a continuación en la **Tabla 28**.

Tabla 28. Datos de determinación de Cd en Organismos del genero *Crassostrea*

Organismo	Concentración Cd mg/Kg	Localidad	Referencia
<i>Crassostrea Virginica</i>	0,0295 peso húmedo	Ciudad del Carmen, Campeche, México.	(Aguilar, Montalvo, Cerón, & Anguebes, 2014)
<i>Crassostrea sp</i>	>0,01 peso húmedo	Isla de Margarita (Estado Nueva Esparta)	(Rojas de Astudillo, Chang, Agard, Bekele, & Hubbard, 2002)
<i>Crassostrea sp</i>	0,22± 0.01 peso húmedo	Estado Sucre: Chacopata	(Rojas de Astudillo, Chang, Agard, Bekele, & Hubbard, 2002)
<i>Crassostrea sp</i>	0,04 peso húmedo	Pedernales (Estado Delta Amacuro)	(Rojas de Astudillo, Chang, Agard, Bekele, & Hubbard, 2002)

Fuente: Castro, 2015

Los datos obtenidos para la concentración de Hg y Cd en *C. columbiensi*, son en masa seca, y conociendo que los organismos vivos están compuestos por un 70 % de agua, los valores están reflejados en la tercera parte de la masa total del organismo, por esa razón en comparación con otras investigación basadas en masa húmeda presenta diferencias significativas, y para hacer una comparación aproximada los datos obtenidos se deberían multiplicar por tres.

La investigación realizada nos muestra que los niveles de concentración de los metales Hg y Cd están por encima de los valores establecidos en las normas internacionales citadas en la **Tabla 29**.

Tabla 29: Contenidos máximos permisibles en metales pesados en Moluscos Bivalvos comparados con Resultados de Investigación en *Crassostrea columbinesis* en la Provincia de El Oro

Metal	<i>Crassostrea Columbiensis</i> mg/Kg		Contenido Máximo en Moluscos Bivalvos (mg/Kg peso fresco)		
	Peso Seco	Peso Fresco	U. E	NOM	FAO
		(Aprox.)			
Plomo	No detectable	No detectable	1.5	1.0	3.0
Cadmio	5,8 ± 6,5	17.4 ± 19.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.32 ± 0.45	0.96 ± 1.35	0.5	1.0	1.0

Fuente: (Union Europea, 2014) (NORMA OFICIAL MEXICANA , 1993) (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985)

La especie *Crassostrea columbinesis* comercializada en los principales mercados de mariscos de la provincia en su mayoría son procedentes de la Isla Puna y Tenguel, por lo que los resultantes de los Puertos de estudio son consumidos por los pobladores aledaños, razón por la cual el perímetro de intoxicación a largo plazo por ingesta de esta especie de ostiones no sería muy amplio, además que esta especie no es especialmente apetecida, en comparación con otras especies de bivalvos.

6. CONCLUSIONES

- Se logró determinar mediante los datos obtenidos en los análisis al Bivalvo de estudio, que las zonas a las que se le aplicó el muestreo se encuentran contaminadas, debido al no tratamiento depurativo del agua antes de depositarlas en su cauce, y que en su transcurso fluvial, va arrastrando consigo muchos otros contaminantes, de fuentes diversas como agua residual, Industrial o que han sido utilizadas en agricultura.
- Nuestra provincia al poseer áreas ricas en minerales principalmente en los cantones de Zaruma y Portovelo donde existe un gran desarrollo minero, produce la contaminación del río Puyango, el cual desemboca hacia el Norte del vecino país de Perú, cerca de Puerto Hualtaco de la provincia de el Oro, donde se encontró un nivel alto de contaminación por Hg, en la especie de estudio.
- Los datos obtenidos de Puerto Pitahaya, son altos lo que se podría explicar debido a que el río que desemboca allí es el Arenillas, el cual presenta un incremento de minería artesanal en los últimos años, además acoge las aguas del río Naranjo y Saracay que según (Loayza, 2013) contiene graves problemas de contaminación.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de concentración de metales pesados en diversos organismos bioacumuladores de consumo humano, que nos permitan generar una mejor perspectiva del grado de contaminación existente.
- Dar a conocer mediante charlas los peligros que acarrearán en la ingesta como alimento a largo plazo, de especies de este tipo, principalmente en los puntos que han resultado con un alto nivel de concentración de los metales estudiados (Hg, Cd)
- Realizar estrictos controles a las descargas domésticas e industriales, antes de ser incorporadas al cruce fluvial.
- Incorporar a los estatutos Ambientales Nacionales Ecuatorianos los límites permisibles para el consumo humano de metales pesados en alimentos provenientes del mar.
- Diseñar programas de Biomonitorio y remediación, a lo largo del perfil costanero Orense que permitan recuperar el equilibrio en los ecosistemas acuáticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Protección Ambiental . (2006). *Informe anual ambiental 2006- Ciudad de Buenos Aires*. Argentina: Ministerio del Ambiente y Espacio Público.
- Aguilar, C., Montalvo, C., Cerón, J., & Anguebes, F. (2014). Niveles de Metales pesados en especies marinas: Ostión(*Crassostrea virginica*), Jaiba (*Callinectes sapidus*) y Camarón (*Litopenaeus setiferus*), de Ciudad del Carmen, Campeche. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 9-17.
- Asamblea del Ecuador. (2012). Constitución del Ecuador. *Constitucion del Ecuador*, (pág. 24). Ecuador.
- Avila García, P. (2003). *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una*. Mexico.
- Baird, C. (2001). *Química ambiental*. Barcelona: REVERTE.
- Baquerizo, R. J. (2003). Analisis comparativo de diferentes dietas para el condicionamiento de reproductores de ostion mangle, *crassostrea columbiensis*. *REPOSITORIO DE ESPOL*, 8-9.
- Camean, A. (1995). *Toxicología avanzada*. Madrid: Dias de Santos S.A. .
- Capó, M. A. (2002). *Principios de ecotoxicología: diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente* . España: S.A. MCGRAW-HILL.
- Cardenas, G., & Cardenas, J. (2009). *Agricultura, urbanización y agua*. Uruguay: IICA.
- Cargnin-Ferreira, E., & Sarasquete, C. (2008). *Histofisiología de moluscos bivalvos marinos*. España: Estilo Estugraf Impresores S.L. .
- Cordero, V. (2011). *Especial peces de Costa Rica* (Vol. 18). Costa Rica: Acuarofilia total.
- Da Ros, G. (1995). *La contaminación de aguas en Ecuador: una aproximación económica*. Quito: P.U.CE., Instituto de Investigaciones Económicas.
- Diario Opinion. (2 de 2 de 2009). Defensores del manglar preparan encuentro nacional. *Opinion Diario Moderno y Profesional*.
- Diario Opinion. (18 de Diciembre de 2014). Puerto Bolívar celebra 131 años de Fundación . *Opinion Diario Moderno y Profesional* .
- Díaz, O., Encina, F., Chuecas, L., Becerra, J., Cabello, J., Figueroa, A., y otros. (2001). Influencia de variables estacionales, espaciales, biológicas y ambientales en la bioacumulación de mercurio total y metilmercurio en *Tagelus dombeii*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 15-29.
- Duran Domínguez, M. d. (2007). *Introducción a la química ambiental*. Mexico : Reverte.

- ECO. (1997). Cadmio. En L. Osorio Saldívar, A. Tovar Tovar, & T. I. Fortoul van der Goes, *Introducción a la toxicología ambiental*. Metepec: ECO.
- El-Moselhy, K. (2006). Bioaccumulation of mercury in some marine organisms from Lake Timsah and Bitter Lakes (Suez Canal, Egypt). *Revista egipcia de investigación acuática*, 124-134.
- Escobar, J., & Barg, U. (1991). *La contaminación de las aguas continentales de Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela*. Roma: FAO.
- Español Cano, S. (2006). Evolucion Historica del Mercurio . *Seminario Internacional Sobre Clínica del Mercurio. Memorias*. Bogota: Academia Nacional de Medicina .
- Español Cano, S. (2006). Toxicología del Mercurio. *Seminario Internacional Sobre Clínica del Mercurio. Memorias*. Bogota: Academia Nacional de Medicina.
- Espino, L., Hernández Pulido, S., & Carbajal Pérez, J. L. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación*. Mexico: Plaza y Valdes S.A. de C.V.
- Esteban, A., & Martín, C. (2000). *Manual de Cuidados Intensivos Para Enfermería*. España: Grafiques Alzamora S.A. .
- Fabiola Lango, C. L. (2010). Bioacumulación de cadmio (Cd), plomo (Pb) y arsénico (As) en *Crassostrea virginica* del sistema lagunar Tamiahua. *SciELO*, 204-206.
- Figueruelo, J., & Dávila, M. M. (2004). *Química física del ambiente y de los procesos medioambientales*. Barcelona: Reverte.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1985). *Norma de calidad para los moluscos bivalvos depurados*. España : FAOLEX.
- Francisco, B. G. (1999). Estudio del cadmio. *Bvsdev*, 205-206.
- García, A., & Reguero, M. (2007). *Catalogo ilustrado de moluscos del Golfo de Mexico y Mar Caribe*. Mexico: Universidad Autonoma de Mexico .
- Henry, G., & Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. .
- Hernández, M., & Sastre, A. (1999). *Tratado de Nutrición*. Madrid : Dias de Santos .
- Herrera, N. (2001). *La ingeniería ambiental en México*. Mexico: Limusa S.A. .
- Hong-BO, L., Jian, Y., & Ju-LI, G. (2009). Residues of Mercury in the Bivalve Mussels *Anodonta woodiana* from the Wulihu Area of the Taihu, China. *Diario de Agro-Ciencia para el Medio Ambiente*.
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España . (1991). *Minería Química* . España : Artes Graficas MV.S.A.

- Jairo Escobar. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. Santiago de Chile : CEPAL.
- Jimenez, A. (1996). *Determination of Total Arsenic and Selenium in Soils and Plants by Atomic Absorption Spectrometry with Hydride Generation and Flow Injection Analysis Coupled Techniques*. Canada: Papirah.
- Jiménez, B. E. (2001). *La Contaminación Ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada* . Mexico : Limusa, S.A de C.V. Grupo Noriega Editores .
- Joiris, C., Azokwu, M., Otchere, F., & Ali, I. (1998). Mercurio en el bivalvo *Anadara (Senilia) senilis* de Ghana y Nigeria. *Ciencias del medio ambiente total*, 181-188.
- Kirk, R. S. (1999). *Composición y análisis de alimentos de Pearson*. México: Editorial Continental.
- Kotz, J., Treichel, P., & Tejedor, G. (2006). *Química y Reactividad Química*. Mexico: Thomson .
- Loayza, O. (2013). *Afectacion del Rio Naranjos por efluentes contaminantes en la parroquia Saracay*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- López, R., Jaimes, E., & Rico, F. G. (2001). *Daños a la Salud por Contaminación atmosférica*. Mexico: Universidad Autonoma de Mexico.
- Manjarrez Paba, G., Castro Angulo, I., & Utria Padilla, L. (2008). Bioacumulación de cadmio en ostras de la bahía de Cartagena. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 11-20.
- Mata, A., & Quevedo, F. (2005). *Diccionario Didáctico de Ecología*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Matamoros Echeverria, P. A. (2013). *Plan de negocios para fomentar el desarrollo Gastronómico, servicio al cliente y calidad total en Puerto Hualtaco del Cantón Huaquillas*. Machala: Repositorio Universidad Tecnica de Machala.
- Mera Orcés, V. (1999). *Genero, manglar y subsistencia*. Quito: Abya-Yala.
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana . (2014). *Medio Ambiente Marino y Costero*. Quito.
- Ministerio del Ambiente - COPADE. (2011). *PROPUESTA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA FAJA COSTERA DEL CANTON ARENILLAS, PROVINCIA DE EL ORO*. Ecuador: Sisterma de Informacion Marino Costera.
- Miras Ramos, J. J. (2009). *Estudio de la contaminación por metales pesados y otros procesos de degradación química en los suelos en los invernaderos del poniente almeriense*. España: Editorial Universidad de Almería D.L.

- Mora Sánchez, E. (1990). *Catálogo de bivalvos marinos en Ecuador*. Guayaquil : Publicaciones del Instituto Nacional de Pesca .
- Morel, E. I. (1994). *Investigación en zona no saturada: aspectos metodológicos y algunos ejemplos*. Valencia : Reproval .
- NORMA OFICIAL MEXICANA . (1993). *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-031-SSAI-1993, BIENES Y SERVICIOS. PRODUCTOS DE LA PESCA. MOLUSCOS BIVALVOS FRESCOS-REFRIGERADOS Y CONGELADOS. ESPECIFICACIONES SANITARIAS*. Mexico: Secretaria de Salud .
- Ordoñez, M. (2015). *Bioacumulacion de metales pesados en bivalvos Anadara Tuberculosa en cuatro localidades de la Provincia de El Oro*. Machala.
- Orozco, C., Pérez, A., Gonzalez, N., Rodríguez, F., & Alfayate, J. (2003). *Contaminacion Ambiental una vision desde la Quimica*. Madrid: Malpe, S.A.
- Osorio Robles, F., Torres Rojo, J. C., & Sánchez Bas, M. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes* . Madrid: Diaz de Santos S.A.
- Peña Salamanca, E. J., Palacios Peñaranda, M. L., & Ospina Alvarez, N. (2005). *Algas como indicadoras de contaminación*. Cali, Colombia : Imprenta Departamental Universidad del Valle.
- Planet, A. (2012). *Alerta. El Océano y La Contaminación Marina*. Chile: Lulu.
- PP. (12 de Junio de 2014). 6.000 kilogramos de desechos fueron retirados de los manglares de El Oro. *Diario PP el Verdadero* .
- Ramirez, A. (2002). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 51-64.
- Regional Sur. (19 de Julio de 2013). Ríos contaminados en provincia de El Oro preocupan a pobladores. *El Telegrafo del Sur*, pág. 10.
- Regional Sur. (16 de Noviembre de 2014). La pesca es el motor de desarrollo de Puerto Bolivar. *El Telegrafo del Sur*.
- Regional Sur. (18 de MAyo de 2014). Puerto Jeli y las delicias del Mar. *El Telegrafo del Sur* .
- Requena Hidalgo, J., & Campins Eritja, M. (2000). *De las catástrofes ambientales a la cotidianidad urbana: la gestión de la seguridad y el riesgo* . España: Publicacions de la Universidad de Barcelona .

- Rojas de Astudillo, L., Chang, Y., Agard, J., Bekele, I., & Hubbard, R. (2002). Heavy metals in green mussel (*Perna viridis*) and oysters (*Crassostrea* sp.) from Trinidad and Venezuela. *Environ Contam. Toxicol*.
- Sánchez Vélez, A., & García Núñez, R. M. (1999). BIOMONITOREO DE RIOS EN LA GESTION DE CUENCAS; Una aproximación introductoria. *IX CONGRESO NACIONAL DE IRRIGACIÓN: Simposio 4 Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas* (págs. 63-71). Mexico: ANEI A.C. .
- Sans Fonfría, R., & Ribas, J. d. (1989). *Ingeniería ambiental: contaminación y tratamientos*. Barcelona: MARCOMBO.
- Sapiña Navarro, F. (2006). *¿Un Futuro Sostenible?: El Cambio global Visto por un Científico Preocupado*. Valencia: Maite Simon .
- Shils, M. (2002). *Nutricion en Salud y Enfermedad*. Mexico: MacGraw- Hil.
- Springer, M. (2010). Biomonitorio acuático. *Revista biologic Tropical* , 53-59.
- UCV-MOP, Gobierno Provincial de el Oro. (2003). *PLAN VIAL PARTICIPATIVO DE EL ORO*. Ecuador.
- Union Europea. (2014). *Contenidos máximos en metales pesados en productos Alimenticios*. Valencia: Secretaria de estado de comercio .
- Universidad Autonoma del estado de Mexico . (2003). *Principios básicos de contaminación ambiental*. Toluca: Instituto literario 100 Ote. .
- Worldwatch Institute . (2006). *La situación del mundo 2006: informe anual del Worldwatch Institute*. Barcelona: Icara .
- Yepis, O., Fundora, O., Pereira, C., & Crespo, T. (1999). Contaminacion Ambiental por el uso excesivo de fertilizantes Nitrogenados en el cultivo de Tomate. *SCIENTIA* , 5-12.
- Zúñiga, F. B. (1999). *Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados*. Yucatan : UADY.

ANEXOS

Anexo 1: Muestras de los cuatro puntos de estudio

Punto 1. Puerto Hualtaco



Punto 2. Puerto Pitahaya



Punto 3. Puerto Jeli



Punto 4. Puerto Bolivar



Anexo 2: Disección y pesado de Muestra



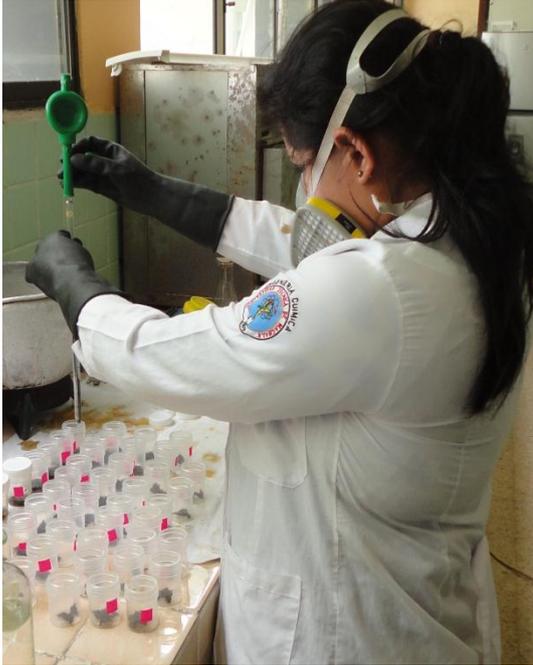


Anexo 3: Secado de Tejido Blando (*C. columbiensis*)



Anexo 4: Digestión de Muestras (*C. columbiensis*)

Colocación de Ácido Nítrico



Baño María



Anexo 5: Filtrado y aumento de volumen de muestra



Anexo 6: Espectrofotometría de Absorción Atómica

(GH-AAS) Generación de Vapor de Hidruros (lectura Hg)



(FAAS) Análisis a la Llama (lectura Cd y Pb)





Anexo 7: Preparación de Muestras para lectura en el Equipo



Anexo 8: Estándares en disolución



FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Katherine Elizabeth Castro Infante
AUTORA

Dra. Mairin Josefina Lemus Barrios, PhD.
TUTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN