



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA**

Título del trabajo práctico

Análisis de metales pesados Cadmio, Plomo y Mercurio (Cd, Pb, Hg) en bivalvos de la familia Mytilidae y Ostreidae, en la Provincia del Guayas y El Oro, 2010 - 2020

TRABAJO PRÁCTICO

Previo a la obtención del título de

Bióloga

Autor:

Tatiana María Banguera Garcés

Tutor:

Q.F. Mery Ramírez, MSc.

La Libertad – Ecuador

2020-II

TRIBUNAL DE GRADO



Firmado digitalmente por:
MAYRA MAGALI
CUENCA ZAMBRANO

Blga. Mayra Cuenca Zambrano, MSc.

DECANA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS DEL MAR



Firmado digitalmente por:
JIMMY AGUSTIN
VILLON MORENO

Ing. Jimmy Villón Moreno, MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA DE
BIOLOGÍA

Q.F. Mery Ramírez Muñoz, MSc.

DOCENTE -TUTOR

ERIKA ALEXANDRA
SALAVARRIA
PALMA

Firmado digitalmente por
ERIKA ALEXANDRA
SALAVARRIA PALMA
Fecha: 2021.11.22
14:18:12 -05'00'

Blga. Erika Salavarría Palma, PhD.

DOCENTE DEL ÁREA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, quien fue la parte más importante, guiándome día a día en todo momento y llenar mi vida de energía, paz y amor junto a mí familia. De manera especial agradezco a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por cada consejo que me guiaron durante mi vida profesional, por confiar en mí y en mis expectativas, acompañándome en mis estudios en forma incondicional.

A la MSc. Mery Ramírez, quien se ha tomado el arduo trabajo de impartirme conocimientos profesionales como tutora, también por la paciencia brindada, la confianza y apoyo, además de sus correcciones en este trabajo durante toda la inducción.

También agradezco a los docentes de la Universidad Estatal Península de Santa Elena por las enseñanzas brindadas, los que han aportado con conocimientos científicos para mi desarrollo profesional.

ABREVIATURAS

Cd: Cadmio

GB: Estándar Nacional

Hg: Mercurio

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

LMP: Límite Máximo Permisible

MERCOSUR: Mercado Común del Sur

Ppm: Partes por millón

ÍNDICE

RESUMEN	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. OBJETIVOS	3
3.1. Objetivo general.....	3
3.2. Objetivos específicos	3
4. MARCO TEÓRICO	4
4.1. Metales pesados.....	4
4.1.1. Cadmio (Cd)	4
4.1.2. Plomo (Pb)	5
4.1.3. Mercurio (Hg).....	6
4.2. Familia Mytilidae	7
4.2.1. Taxonomía	8
4.2.2. Características morfológicas.....	8
4.2.3. Alimentación.....	9
4.3. Familia Ostreidae	10
4.3.1. Taxonomía	10
4.3.2. Características morfológicas.....	10
4.3.3. Alimentación.....	11
4.4. Bioacumulación.....	11
4.4.1. Bioacumulación de metales pesados en organismos de la familia Mytilidae y Ostreidae	12
5. METODOLOGÍA.....	13
5.1. Área de estudio.....	13
5.2. Origen de los datos	15
5.3. Límite Máximo Permisible (LMP) obtenido de diversas legislaciones a nivel mundial.....	15
6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....	16
6.1. Niveles de concentración de metales pesados en los años de estudio.....	16

6.1.1. Cadmio	16
6.1.2. Plomo	20
6.1.3. Mercurio	25
6.2. Concentración de metales pesados por Familia	28
6.2.1. Concentración de Cadmio por familia	28
6.2.2. Concentración de Plomo por familia	29
6.2.3. Concentración de Mercurio por familia	29
6.3. Concentración de metales pesados en las provincias del Guayas y El Oro. 30	
6.3.1. Concentración de Cadmio por provincias	30
6.3.2. Concentración de plomo por provincia.....	31
6.3.3. Concentración de mercurio por provincia.....	31
6.3.4. Concentración promedio en mg/kg de metales pesados en las ... familias evaluadas.....	32
6.4. Concentración promedio de metales pesados en las Familias evaluadas en comparación con las normas internacionales	33
7. CONCLUSIONES.....	34
8. BIBLIOGRAFÍA.....	35
9. ANEXOS	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades del cadmio.....	5
Tabla 2. Propiedades del Plomo	6
Tabla 3. Propiedades del Mercurio	7
Tabla 4. Escala taxonómica de la familia Mytilidae	8
Tabla 5. Escala taxonómica de la familia Ostreidae.....	10
Tabla 6. Sectores del área de estudio	13
Tabla 7. Nivel máximo (NM) de Moluscos marinos bivalvos mg/kg obtenido de diversas legislaciones a nivel mundial.....	15
Tabla 8. Resultados de la t de Student por muestras.....	33
Tabla 9. Concentración promedio de metales pesados en las Familias evaluadas en comparación con las normas internacionales.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la valva interna del mejillón	9
Figura 2. Morfología de la valva externa e interna de un ostión.....	11
Figura 3. Sectores de la provincia del Guayas A: Chupadores Chico, B: Chupadores Grande, C: Esteros Las cruces, Las Loras, D: Puente 5 de Junio del estero salado de Guayaquil, E: Puente Portete del estero salado de Guayaquil, F: Puerto del El Morro, G: Balao, H: Mercados de la ciudad de Guayaquil.....	14
Figura 4. Sectores de la provincia de El Oro: A: Puerto Hualtaco (Huaquillas), B: Puerto Pitahaya (Arenillas), C: Puerto Jeli (Santa Rosa), D: Puerto Bolívar (Machala), E: Machala	14

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Concentración de Cadmio en el año 2010.	16
Gráfico 2. Concentración de Cadmio en el año 2011 - 2012	17
Gráfico 3. Concentración de Cadmio en el año 2013 - 2014	18
Gráfico 4. Concentración de Cadmio en el año 2015	18
Gráfico 5. Concentración de Cadmio en el año 2016 y 2020.....	19
Gráfico 6. Concentración de Plomo en el año 2010.	20
Gráfico 7. Concentración de Plomo en el año 2011 - 2012.	21
Gráfico 8. Concentración de Plomo en el año 2013-2014.	22
Gráfico 9. Concentración de Plomo en el año 2015.	23
Gráfico 10. Concentración de Plomo en el año 2016-2017	23
Gráfico 11. Concentración de Plomo en el año 2020	24
Gráfico 12. Concentración de Mercurio en 2013 - 2014	25
Gráfico 13. Concentración de Mercurio en 2015	26
Gráfico 14. Concentración de Mercurio en 2016	26
Gráfico 15. Concentración de Mercurio en 2018	27
Gráfico 16. Concentración de Cadmio por Familia	28
Gráfico 17. Concentración de Plomo por Familia	29
Gráfico 18. Concentración de Mercurio por Familia	29
Gráfico 19. Concentración de cadmio por provincias	30
Gráfico 20. Concentración de Plomo por provincias.....	31
Gráfico 21. Concentración de mercurio por provincias.....	31
Gráfico 22. Concentración promedio en mg/kg de metales pesados en las Familias evaluadas	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla comparativa de cadmio (Cd) por año, provincia, especie, y sector de monitoreo	43
Anexo 2. Tabla comparativa de plomo (Pb) por año, provincia, especie, y sector de monitoreo	44
Anexo 3. Tabla comparativa de mercurio (Hg) por año, provincia, especie, y sector de monitoreo	45
Anexo 4. Nivel de concentración de metales pesados en la Familia Mytilidae y Ostreidae	45
Anexo 5. Nivel de concentración de metales pesados en la provincia del Guayas	46

ANÁLISIS DE METALES PESADOS CADMIO, PLOMO Y MERCURIO (Cd, Pb, Hg) EN BIVALVOS DE LA FAMILIA MYTILIDAE Y OSTREIDAE, EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS Y EL ORO, 2010 - 2020

Autor: Tatiana María Banguera Garcés

Tutor: Q.F. Mery Ramírez, MSc.

RESUMEN

Se llevó a cabo la recopilación bibliográfica con respecto a los metales pesados Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) y la bioacumulación en los bivalvos de la familia Mytilidae y Ostreidae en estudios realizados en la provincia del Guayas y el Oro, recabando la información sustentable que permita determinar la concentración de los metales pesados declarados en el periodo desde el 2010 al 2020, así como la incidencia en las provincia del Guayas y el Oro en donde fueron evaluados, estableciendo los niveles de concentración de cada metal pesado presentado en cada una las especies registradas comparándolas con los Límites Máximos de Permisibilidad (LMP), donde se pudo determinar que en la provincia del Guayas y El Oro la concentración de Cd en la familia Mytilidae se encontró dentro de los LMP a diferencia en la familia Ostreidae los valores promedios obtenidos fueron de 5.1 mg/Kg en Guayas y 4.63 mg/Kg en El Oro observándose una mayor acumulación que superan los valores de LMP. En lo que respecta a la concentración de Plomo en la familia Mytilidae los valores no superan los LMP a diferencia de la concentración en la familia los Ostreidae cuyos valores promedios de Guayas y El Oro fueron 1.8 mg/Kg y 2.11mg/Kg valores que superan los LMP. La concentración del Hg en la familia Mytilidae reportó un valor promedio de 0.63 mg/Kg en la zona de Guayas la que resultó superior a los LMP a diferencia de lo reportado en la zona de El Oro donde los valores promedios resultaron dentro los LMP. En la familia de Ostreidae, la concentración de Hg en la Provincia del Guayas se reportó un valor promedio de 0.23 mg/Kg y en la provincia de El Oro el valor promedio fue de 0,6 mg/Kg ligeramente superior a LMP. Además, se encontró diferencias significativas entre la familia Mytilidae y Ostreidae en las concentraciones de metales pesados (t-student: $p= 0,0463$).

Palabras claves: Metales pesados, concentración, acumulación, Mytilidae, Ostreidae.

1. INTRODUCCIÓN

La familia Mytilidae y la familia Ostreidae, son moluscos bivalvos filtradoras que viven fijados al sustrato (Cruz & Mair, 2009). La familia Mytilidae conocidos comúnmente como mejillones, Tienen un gran interés económico, sin embargo, según (Bonilla, 1967) en Ecuador se reportaron 17 especies resaltando que la especie de mayor importancia comercial es *Mytella guyanensis*. Mientras que la familia Ostreidae, comprende ostras y ostiones, son especies altamente productivas e importantes (Gonzabay, 2014).

Los mejillones, las ostras y ostiones al ser organismos filtradores, poseen la capacidad de concentrar contaminantes en sus tejidos provenientes del entorno que los rodea, pudiendo alcanzar concentraciones más elevadas en comparación al medio. Entre estos contaminantes se puede mencionar los metales pesados (Corrales, 2015), que de acuerdo a su cadena trófica puede ser potencialmente peligrosos para el ser humano, principalmente al no ser química ni biológicamente degradables. (Londoño, Muñoz, & García, 2016).

El Plomo, Cadmio y Mercurio; están estrictamente regulados por la Unión Europea y los Estados Unidos (Corrales, 2015), son elementos que se encuentran presentes en la naturaleza de forma natural; sin embargo, el desarrollo industrial y actividades antropogénicas han aumentado su presencia en el medio (Tobar, Ramírez, Fermín, & Senior, 2017).

Por consiguiente, el presente trabajo recopila información con respecto a la bioacumulación de los metales pesados Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Plomo (Pb) en Bivalvos de la Familia Mytilidae y Ostreidae, en la Provincia del Guayas y El Oro, durante los periodos 2010 - 2020 argumentado mediante la concentración en tejidos blandos comparando su nivel de captación con el Límite Máximo Permisible (LMP) obtenido de diversas legislaciones a nivel mundial.

2. JUSTIFICACIÓN

En Ecuador los mejillones son recolectados de manera artesanal y a su vez son comercializados para su inmediato consumo, ya que son importantes en la economía. A diferencia de las ostras que son especies productivas debido a que en la última década ha sido incorporada su producción en mar abierto, esteros, en grajas camarónicas y en estanques a nivel nacional y provee el insumo alimenticio a hoteles y restaurant. Sin embargo, estos organismos por su capacidad de filtración y por el entorno circundante en el agua de mar, pueden concentrar progresivamente sustancias tóxicas como metales pesados en sus tejidos blandos alterando fisiológicamente a los organismos, lo que conduce a un descenso de los niveles de supervivencia y de reproducción.

Una de las vías de contaminación por metales pesados puede ser por los procesos industriales, aguas servidas, desechos municipales, llegando a ecosistemas marinos por ríos y escorrentías costeras produciendo importantes efectos en la flora y fauna. Otra vía de contaminación puede ser por prácticas agrícolas que originan ambiente y suelo contaminado, incidiendo en la salud de los recursos vivos en estudio como los Bivalvos de la Familia Mytilidae y Ostreidae, al acumular los metales pesados como Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) pudiendo transferir a través de la cadena alimentaria a otros organismos repercutiendo en la salud humana.

Por lo cual es importante evaluar el nivel de metales pesados (Cd, Pb y Hg) en Bivalvos de la Familia Mytilidae y Ostreidae, en la Provincia del Guayas y El Oro, mediante los datos obtenidos en la investigación bibliográfica en el periodo 2010 a 2020 comparados con el Límite Máximo Permisible (LMP) obtenido de diversas legislaciones a nivel mundial, siendo de gran ayuda para los entes reglamentarios que dirigen y controlan la extracción de bivalvos además de la audiencia lectora.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Analizar las concentraciones de los metales pesados (Cd, Pb y Hg) en Bivalvos de la Familia Mytilidae y Ostreidae, en la Provincia del Guayas y El Oro, 2010 – 2020 mediante la recopilación de información bibliográfica.

3.2. Objetivos específicos

- Describir las concentraciones de cada uno de los metales pesados en las especies de Bivalvos de la Familia Mytilidae y Ostreidae en las provincias del Guayas y el Oro.
- Comparar los niveles de metales pesados con las especies, Familia Mytilidae y Ostreidae, y la Provincia Del Guayas y El Oro con el Límite Máximo Permisible (LMP) obtenido de diversas legislaciones a nivel mundial.
- Determinar el metal pesado más abundante entre la familia Mytilidae y Ostreidae en el período declarado.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Metales pesados

Se definen como aquellos metales cuya densidad es cinco veces mayor que la del agua (Romero, 2020). El aporte de estos, al ciclo hidrológico proviene de dos fuentes, una de origen litogénico o geoquímico, donde minerales por causa de erosión, lluvia, u otra, son arrastrados al agua y un segundo aporte es de origen antropogénico, que es debido a la actividad humana (Mendoza, 2014).

Los metales pesados poseen una gran capacidad para unirse con muy diversos tipos de moléculas orgánicas (Lázaro, 2007). Los procesos de bioacumulación son debidos básicamente a la imposibilidad, por parte del organismo afectado, de mantener los niveles necesarios de excreción del contaminante, por lo que sufre una retención en el interior del mismo (Tobar, Ramírez, Fermín, & Senior, 2017).

Los metales son persistentes, es decir no pueden ser destruidos o degradados. Estos contaminantes, una vez ingresados a medios acuáticos, se transforman a través de procesos biogeoquímicos, distribuyéndose en forma de material particulado, coloidal o en especies disueltas (Carrasco & Webster, 2016), pudiendo trasladar grandes distancias por acción del viento o a través de los cuerpos de agua (Mero, 2010)

4.1.1. Cadmio (Cd)

El cadmio (Cd) es un metal pesado de color blanco azulado. No se encuentra en la naturaleza en estado puro, sino que por afinidad química está asociado con metales como el zinc, el plomo y el cobre. (Sánchez, 2016). Está presente en la atmósfera cuyas fuentes provienen del medio natural, de la industria y de la agricultura (Ramírez, 2002).

La mayor parte del Cadmio que se libera en el medio ambiente procede por las actividades humanas (Pérez & Azcona, 2012). Consecuentemente, dicho metal

pesado se deposita en grandes cantidades en la superficie terrestre y acuática contaminando los cultivos, y acumulándose en los animales terrestres que se alimentan de pasto, y en los organismos marinos que ingieren plancton con cadmio. En ecosistemas acuáticos el Cadmio puede bioacumularse en mejillones, ostras, gambas, langostas y peces; por tanto, la alimentación es una de las fuentes importantes de entrada de cadmio; dejando como último eslabón de la cadena trófica, a las personas ya que se exponen cuando se alimentan de los organismos que contienen cadmio (Nava & Méndez, 2011).

Tabla 1. Propiedades del cadmio

Cadmio	
Símbolo	Cd
Numero atómico	48
Valencia	2
Estado de oxidación	+2
Masa atómica (g/mol)	112,40
Densidad (g/ml)	8,65
Punto de ebullición (°C)	765
Punto de fusión (°C)	320,9

Fuente: (Ramírez, 2002)

4.1.2. Plomo (Pb)

El plomo (Pb) es un metal pesado de color gris oscuro, es flexible, inelástico y se funde con facilidad (Poma, 2008). Su alta densidad y poca reactividad química, así como su fácil extracción, relativa abundancia y bajo costo, lo hicieron materia prima o componente fundamental en diversos procesos tecnológicos, por lo que tiene una amplia distribución en el ambiente (González, Reyes, Bedolla, Arrollo, & Manzanares, 2008).

La mayor fuente de plomo es de la atmósfera formando parte de la materia particulada (Castro R. , 2017). Es considerado un contaminante ambiental

debido a que se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo produciéndoles efectos en su salud, ya que cambia fundamentalmente los procesos bioquímicos de prácticamente todas las células y del organismo, se une a las proteínas alterando su estructura y función (Téllez, Torres, & Treminio, 2014). El plomo no cumple ninguna función esencial en el cuerpo humano y es muy dañino después de ser ingerido en la comida, o a través del aire o el agua (Ramírez, 2005).

Tabla 2. Propiedades del Plomo

Plomo	
Símbolo	Pb
Numero atómico	82
Valencia	2,4
Estado de oxidación	+2
Masa atómica (g/mol)	207,19
Densidad (g/ml)	11,4
Punto de ebullición (°C)	1725
Punto de fusión (°C)	327,4

Fuente: (Ubillus, 2003)

4.1.3. Mercurio (Hg)

El mercurio (Hg) es un metal pesado plateado que a temperatura ambiente es un líquido inodoro. Es insoluble en agua y soluble en ácido nítrico (Ramírez A. V., 2008). Es muy tóxico y se acumula en todos los seres vivos y no es esencial para ningún proceso biológico; este metal produce daño al sistema nervioso central, perturbaciones del comportamiento y lesiones renales (Gaona, 2004).

La cantidad de mercurio que existe en forma natural en un lugar dado, a excepción de los depósitos del mineral, es generalmente muy baja. Sin embargo, la cantidad de mercurio que se puede encontrar en el suelo de cualquier sitio de desechos peligrosos como consecuencia de actividad

humana puede ser alta. El mercurio en el aire, el agua y el suelo en sitios de desechos peligrosos puede originarse tanto de fuentes naturales como de actividad humana (Poulin & Gibb, 2008)

Tabla 3. Propiedades del Mercurio

Mercurio	
Símbolo	Hg
Numero atómico	80
Valencia	1,2
Estado de oxidación	+2
Masa atómica (g/mol)	200,59
Densidad (g/ml)	16,2
Punto de ebullición (°C)	357
Punto de fusión (°C)	-38,9

Fuente: (Monteagudo, 2001)

4.2. Familia Mytilidae

La familia Mytilidae, son conocidos comúnmente como mejillones o choros, son moluscos bivalvos de gran interés económico. Son filtradores y viven fijados al sustrato. Son exclusivamente marinos y viven tanto en zonas intermareales como zonas sumergidas de las costas de todo el mundo (Bolaños & Gonzales, 2007).

4.2.1. Taxonomía

Tabla 4. Escala taxonómica de la familia Mytilidae

Taxón	Categoría
Reino:	Animalia
Filo:	Mollusca
Clase:	Bivalvia
Orden:	Mytiloidea
Superfamilia:	Mytiloidea
Familia:	Mytilidae

Elaborado por: Banguera, 2021

Fuente: (Barnes, 1989)

4.2.2. Características morfológicas

Según (FAO, 1995) Los organismos de la familia Mytilidae, se caracterizan por tener una concha equivalva es decir de igual forma y tamaño; y muy inequilátera, generalmente subtriangular o cilíndrica, a menudo con una estrecha abertura bisal en el borde ventral. Tienen umbos prosógiros situados en o cerca del extremo anterior, tienen una superficie externa completamente lisa o con costillas radiales, la escultura frecuentemente más marcada en las áreas postrero-lateral y anterior y reducida en el área ventral. Periostraco generalmente prominente, liso, lamelado o piloso. Ligamento es hundido, situado a lo largo del área postrero-dorsal, sostenida por un relieve blancuzco calcificado, compacto o recubierto de diminutas fosetas. Dientes de la charnela reducidos o ausentes. Las cicatrices de los músculos aductores son desiguales, y la anterior generalmente son pequeñas o ausentes; cicatriz posterior grande, confluyente con las cicatrices de os músculos retractores del pie. Línea paleal sin seno. Superficie interna de la concha extensamente nacarada. Bordes internos lisos o crenulados. Bisó bien desarrollado (figura 1). Las Branquias son de tipo filibranquial, hojas branquiales frecuentemente desiguales. Pie alargado. Los sifones se pueden encontrar cortos o ausentes. Son de sexos separados.

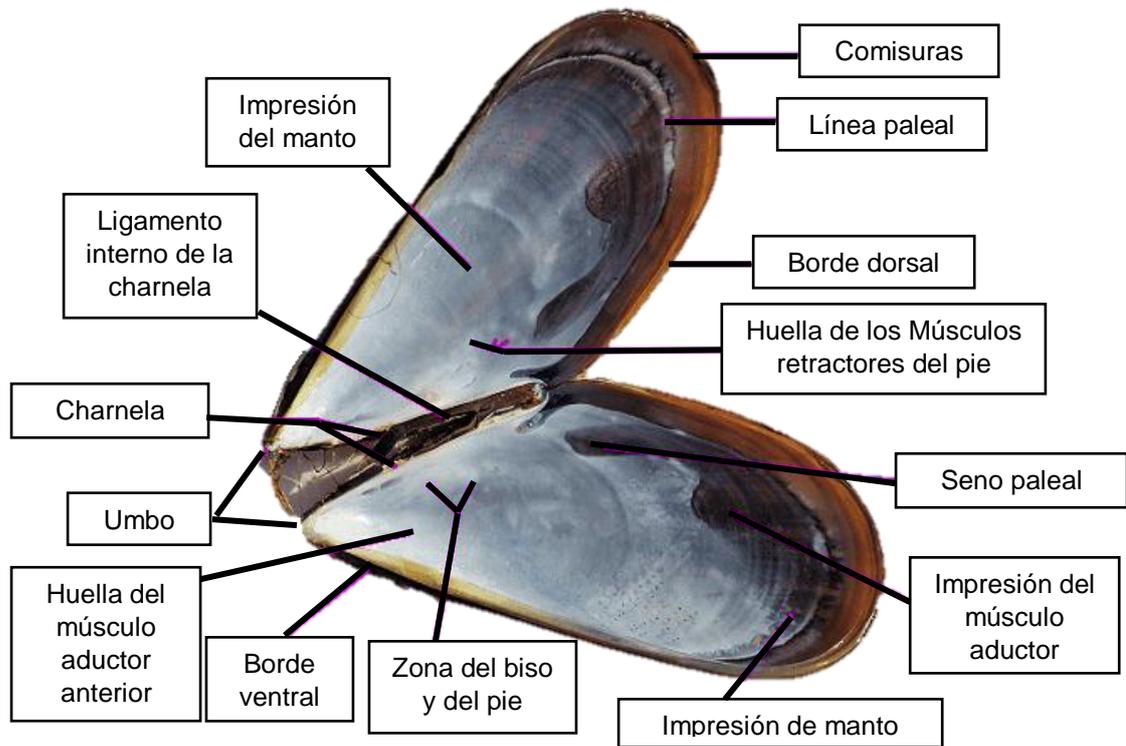


Figura 1. Morfología de la valva interna del mejillón

Fuente: (Bolaños & Gonzales, 2007)

4.2.3. Alimentación

Los organismos de la familia Mytilidae, poseen un tipo de alimentación por filtración, se alimentan principalmente de plancton y sustancias orgánicas procedentes de detritos. A través de una abertura en el borden del manto, filtran el agua posteriormente el agua entra en la cavidad paleal por la acción de los cilios, situados en las branquias. El alimento no consumido se expulsa a través de otra abertura del manto. Los palpos situados alrededor de la boca seleccionan las partículas que van a ser ingeridas (Triana, 2015). Algunas especies producen compuestos tóxicos que se acumulan en los tejidos del molusco y se transmiten mediante la cadena trófica a niveles superiores, llegando incluso al ser humano, lo que en muchas ocasiones, supone graves problemas de salud (Murillo, 2018).

4.3. Familia Ostreidae

La familia Ostreidae, son moluscos bivalvos del orden Ostreoida, comprenden especies de ostras y ostiones, son altamente productivas e importantes, distribuidas en diversas regiones del mundo, favoreciendo al hombre como alimento (Catillo & García, 1984).

4.3.1. Taxonomía

Tabla 5. Escala taxonómica de la familia Ostreidae

Taxón	Categoría
Reino:	Animalia
Filo:	Mollusca
Clase:	Bivalvia
Orden:	Ostreoida
Superfamilia:	Ostreoidea
Familia:	Ostreidae

Elaborado por: Banguera, 2021

Fuente: (Escudeiro, 2006)

4.3.2. Características morfológicas

Según (FAO, 1995) los organismos de la familia Ostreidae, se caracterizan por tener una concha irregular, inequivalva es decir valvas diferentes, cementada al sustrato por la valva izquierda (inferior) la cual generalmente es más grande y profunda que a derecha. A diferencia de la valva derecha (superior) muy aplanada, frecuentemente con escamas imbricadas de conchiolina que tienden a formar un ribete que sobrepasa el margen de la concha. En la valva izquierda comúnmente se encuentra con pliegues o costillas radiales que pueden afectar el margen de la concha. Ligamento con una foseta somera mediana y dos engrosamientos laterales. Charnela carente de dientes. Una sola cicatriz de músculo aductor, generalmente en posición mediana o más cerca del borde ventral que la charnela. Bordes internos lisos o con cómatas simples, a veces restringidas a la zona en torno a la charnela (figura 2). Branquias de tipo eulamelibranquial. Lóbulos paleales libres. Pie y biso atrofiados.

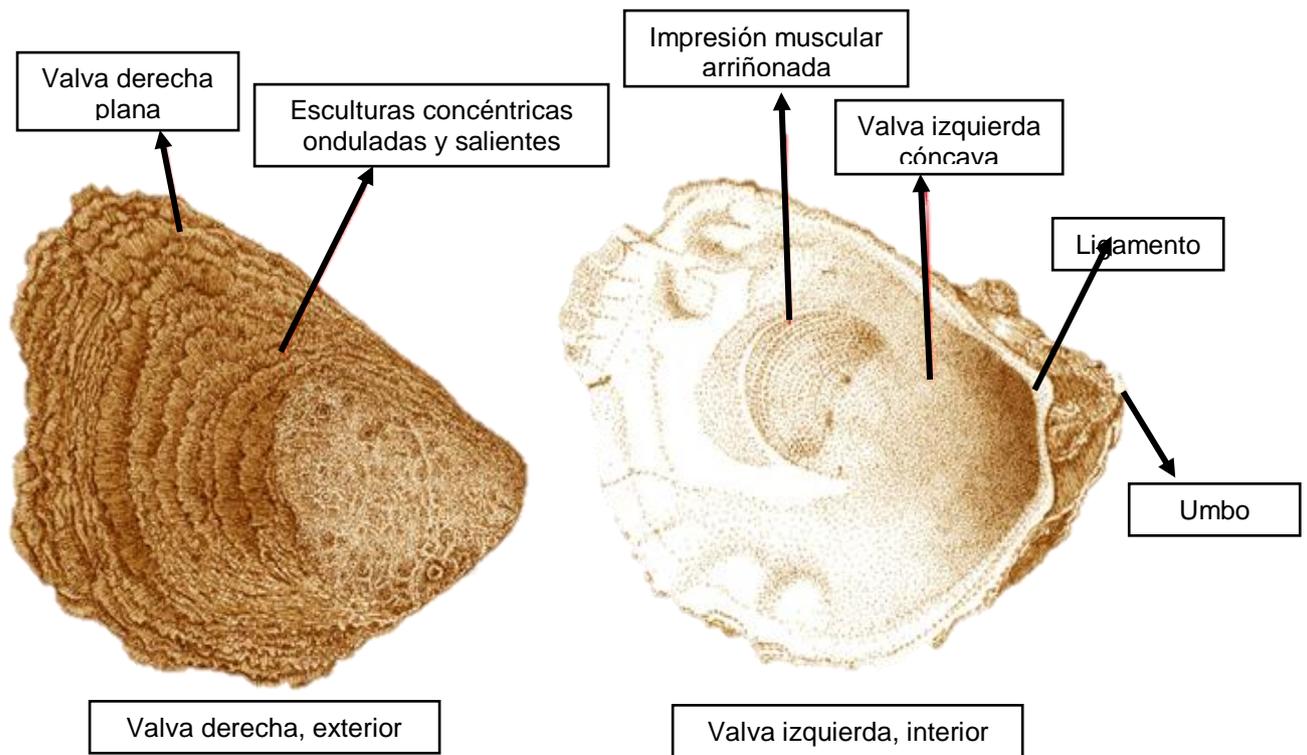


Figura 2. Morfología de la valva externa e interna de un ostión

Fuente: (Catillo & García, 1984)

4.3.3. Alimentación

Los organismos de la familia Ostreidae donde comprenden especies de ostras y ostiones poseen un tipo de alimentación por filtración. Las branquias están formadas por láminas filamentosas las cuales filtran el agua de donde extraen diferentes tipos de partículas las cuales le sirven para poder alimentarse y el oxígeno que le sirve para respirar (Rodríguez H. , 2015).

4.4. Bioacumulación

La Bioacumulación es el proceso de acumulación de sustancias químicas los cuales entran a los organismos desde el agua, y son acumulados a través de las branquias (Argota, González, Argota, Fimia, & Iannacone, 2012). Por lo tanto en los tejidos biológicos pueden encontrarse concentraciones muy altas

de estos elementos químicos, aun cuando se hallen extremadamente diluidos en el medio acuático circundante.

La bioacumulación se da cuando los contaminantes no interfieren con procesos vitales o las concentraciones son suficientemente bajas para permitir la tolerancia, aclimatación o adaptación del organismo. La bioacumulación depende de la biodisponibilidad del contaminante, la movilización de los metales en las aguas intersticiales (Baqueiro, Borabe, & Rodríguez, 2007)

4.4.1. Bioacumulación de metales pesados en organismos de la familia Mytilidae y Ostreidae

Las especies de la familia Mytilidae y Ostreidae, acumulan metales pesados durante la filtración de sus alimentos, acumulándose a lo largo de la cadena trófica, exhibiendo concentraciones sucesivamente mayores al ascender el nivel trófico. (Mero, 2010). Dichas especies se consideran bioindicadores de contaminación, su utilidad como organismos bioindicadores ha permitido, evaluar el grado de contaminación de los ecosistemas, analizando factores como la presencia de metales pesados y otras sustancias tóxicas

Según (Cárdenas, 2017) hay diferentes indicadores que pueden servir para la determinación de impacto ambiental por contaminación, como lo es la determinación de los contaminantes en los tejidos de los moluscos es un indicador indiscutible de su presencia en el medio, en particular cuando sus concentraciones no son constantes o muy elevadas y su detección en agua o sedimentos se dificulta. Asimismo, la disminución en el potencial reproductor, estado fisiológico o índice de condición de las poblaciones son indicadores de la presencia de contaminantes, los cambios en la estructura de una población de moluscos, ya sea por predominio o por debilitamiento debido a un desequilibrio en las capacidades de competencia en la comunidad.

5. METODOLOGÍA

5.1. Área de estudio

El área de estudio para el análisis de metales pesados en bivalvos de la familia Mytilidae y Ostreidae se localizó en los siguientes sectores en la provincia del Guayas: Chupadores chico, Chupadores grandes, Esteros Las Loras, Las Cruces, Puente Portete, Puente 5 de Junio, Puerto del El Morro, Balao, Mercados de la Ciudad Guayaquil; en la provincia del Oro: Puerto Hualtaco (Huaquillas), Puerto Pitahaya (Arenillas), Puerto Jeli (Santa Rosa), Puerto Bolívar (Machala), Mercado de Machala, estos sectores son importantes para el estudio de metales pesados debido al acercamiento con componentes que son la base de algunos productos químicos como la combustión de los vehículos que transitan, negocios de talleres de autos (pintura, soldadura, radiadores entre otros), las descargas de aguas servidas, en algunos sectores no pasa el recolector de la basura y por ese motivo los habitantes arrojan al estero los desechos, envases plásticos de toda clase, pañales, bolsas plásticas, ropa, zapatos, restos de mallas, cordeles y otro tipo de desechos.

Tabla 6. Sectores del área de estudio

Provincia	Sectores	Coordenadas	
Guayas	Chupadores Chico	2°33.000'S	79°56.000'O
	Chupadores Grande	2°28.707'S	80°13'079'O
	Esteros Las cruces, Las Loras	2°12.753'S	79°56.583'O
	Puente 5 de junio del estero salado de Guayaquil	2°11.179'S	79°53.912'O
	Puente Portete del estero salado de Guayaquil	2°12.171'S	79°54.697'O
	Puerto del El Morro	2°36'692'S	80°18.234'O
	Balao	2°53'631'S	79°50.038'O
	Mercados de la ciudad de Guayaquil	2°13'596'S	79°53.238'O
El Oro	Puerto Hualtaco (Huaquillas)	3°27'025'S	80°13.669'O
	Puerto Pitahaya (Arenillas)	3°25'506'S	80°4.676'O
	Puerto Jeli (Santa Rosa)	3°24'950'S	79°59'667''O
	Puerto Bolívar (Machala)	3°15'339'S	79°59'701''O
	Machala	3°15'283'S	79°57'347''O



Figura 3. Sectores de la provincia del Guayas A: Chupadores Chico, B: Chupadores Grande, C: Esteros Las cruces, Las Loras, D: Puente 5 de Junio del estero salado de Guayaquil, E: Puente Portete del estero salado de Guayaquil, F: Puerto del El Morro, G: Balao, H: Mercados de la ciudad de Guayaquil

Fuente: Google Earth, 2021



Figura 4. Sectores de la provincia de El Oro: A: Puerto Hualtaco (Huaquillas), B: Puerto Pitahaya (Arenillas), C: Puerto Jeli (Santa Rosa), D: Puerto Bolívar (Machala), E: Machala

Fuente: Google Earth. 2021

5.2. Origen de los datos

En el presente trabajo se recopiló información sobre la concentración de metales pesados en bivalvos de la Familia Mytilidae y Ostreidae, en la Provincia del Guayas y El Oro, durante los periodos 2010, 2012, 2014, 2015, 2016 y 2020, mediante la revisión bibliográfica de revistas científicas, artículos científicos y tesis de grado disponibles en los repositorios digitales de las diferentes universidades del País. La información analizada en este estudio se basa principalmente en los niveles de concentración por metales pesados (Cd, Pb, Hg) que se encuentran en las especies de estudio, seleccionando los trabajos de investigación relacionados al tema desde el 2010 hasta el 2020.

Para determinar si hay una diferencia significativa entre las familias de moluscos bivalvos dentro de las provincias estudiadas, se empleó análisis de la media (T-student)

5.3. Límite Máximo Permisible (LMP) obtenido de diversas legislaciones a nivel mundial.

Tabla 7. Nivel máximo (NM) de Moluscos marinos bivalvos mg/kg obtenido de diversas legislaciones a nivel mundial.

Nivel máximo (NM) de Moluscos marinos bivalvos mg/kg			
Metales pesados	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)	Mercurio (Hg)
INEN	2	-	-
Australiana y Nueva Zelanda	1	1,5	0,5
MERCOSUR incluye Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay	2	1,5	0,5
China	2	1,5	0,5
Unión Europea	1	1,5	0,5

Elaborado por: Banguera, 2021

Fuente: (INEN, 2009); (Tobar, Ramírez, Fermín, & Senior, 2017); (MERCOSUR, 2011); (GB, 2012); (Unión Europea, 2004)

6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

6.1. Niveles de concentración de metales pesados en los años de estudio

6.1.1. Cadmio

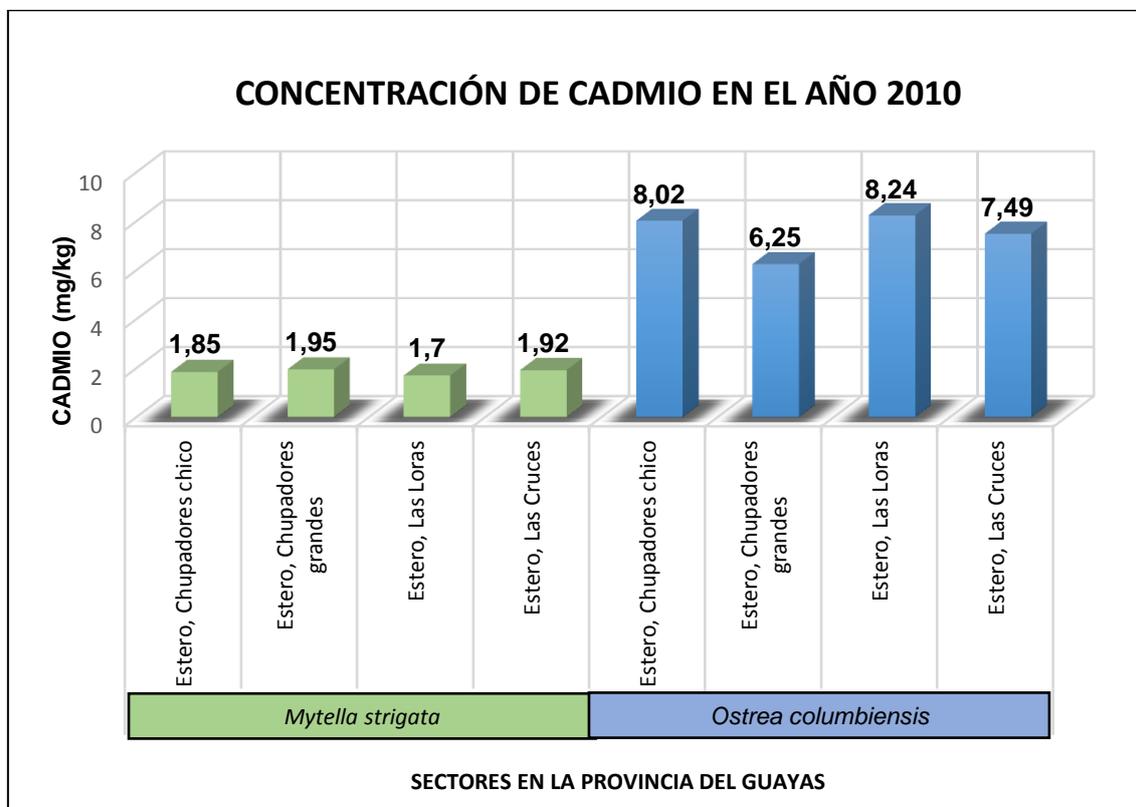


Gráfico 1. Concentración de Cadmio en el año 2010.

Elaborador por: Banguera, 2021.

Durante los periodos analizados se constató variabilidad de concentraciones en los diversos sectores de las provincias estudiadas, la gráfica 1 describe la cantidad de mg/kg correspondiente al metal Cadmio en el 2010 en el Guayas, en la especie *Ostrea columbiensis* donde se reportó mayor concentración en el sector Estero Las Loras y Chupadores Chico con 8,24 mg/kg y 8,02 mg/kg respectivamente; los valores evaluados superan 4 veces los LMP de 2 mg/kg Cd definido para moluscos bivalvos marinos (MERCOSUR, 2011; INEN, 2009 & GB, 2012) y 1 mg/kg Cd (Tobar, Ramírez, Fermín & Senior, 2017; Unión Europea, 2004). Los niveles más bajos le conciernen a la especie *Mytella strigata* en la localidad y Estero Chupadores Chico y Estero Las Loras con 1,85

y 1,7 mg/kg, respectivamente, superando LMP definido en 1 mg/kg Cd (Tobar, Ramírez, Fermín & Senior, 2017; Unión Europea, 2004); a diferencia de (MERCOSUR, 2011 & GB, 2012) no superaron los LMP de 2 mg/kg.

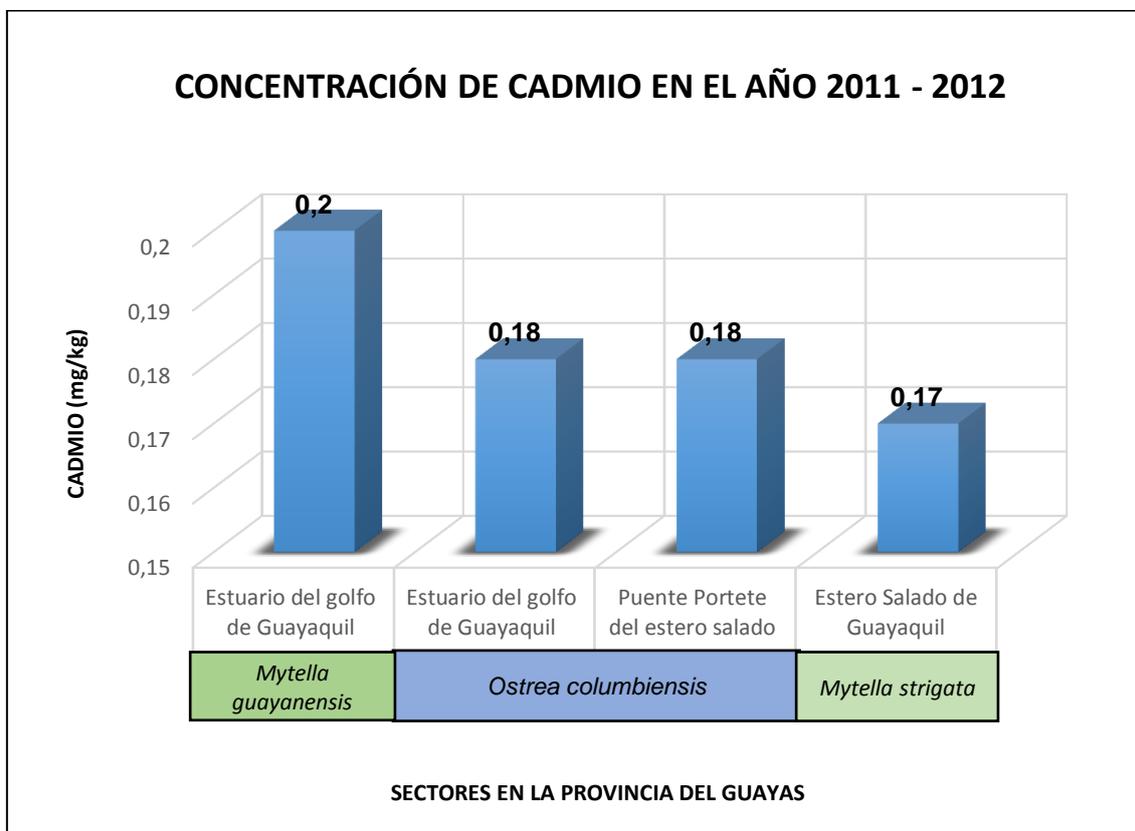


Gráfico 2. Concentración de Cadmio en el año 2011 - 2012

Elaborador por: Banguera, 2021.

En la gráfica 2 se puede apreciar los niveles de concentración de Cadmio para el año 2011 y 2012 en localidades de la provincia del Guayas, donde las concentraciones obtenidas *Mytella Guyanensis*, *Mytella strigata* y *Crassostrea columbiensis* no superaron los LMP de las diferentes legislaciones a nivel mundial.

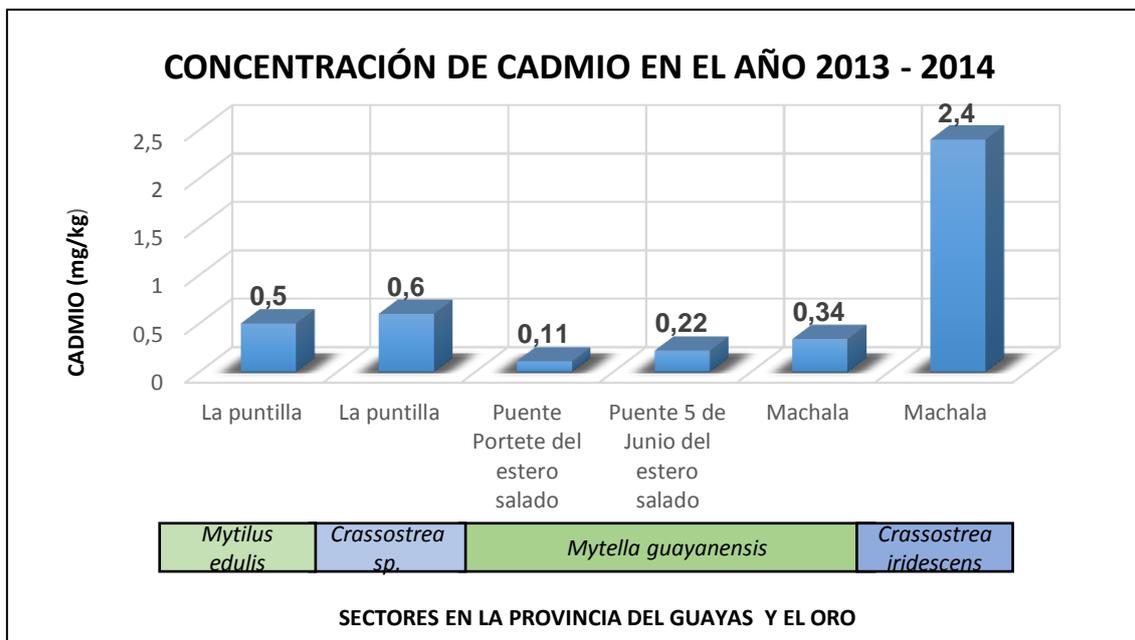


Gráfico 3. Concentración de Cadmio en el año 2013 - 2014

Elaborador por: Banguera, 2021.

En cuanto al periodo del 2013 – 2014, en el Cantón Machala se registró la mayor concentración de cadmio con 2,4 mg/kg en la especie *Cassostrea columbiensis*, superando los LMP de 2 mg/kg Cd definido para moluscos bivalvos marinos (MERCOSUR, 2011; INEN, 2009 & GB, 2012) y 1 mg/kg Cd (Tobar, Ramírez, Fermín & Senior, 2017; Unión Europea, 2004); Mientras que en el sector puente 5 de Junio y puente portete del estero salado de Guayaquil mostraron los niveles más bajos en la especie *Mytella guayanensis* con 0,22 y 0,11 mg/kg, respectivamente.

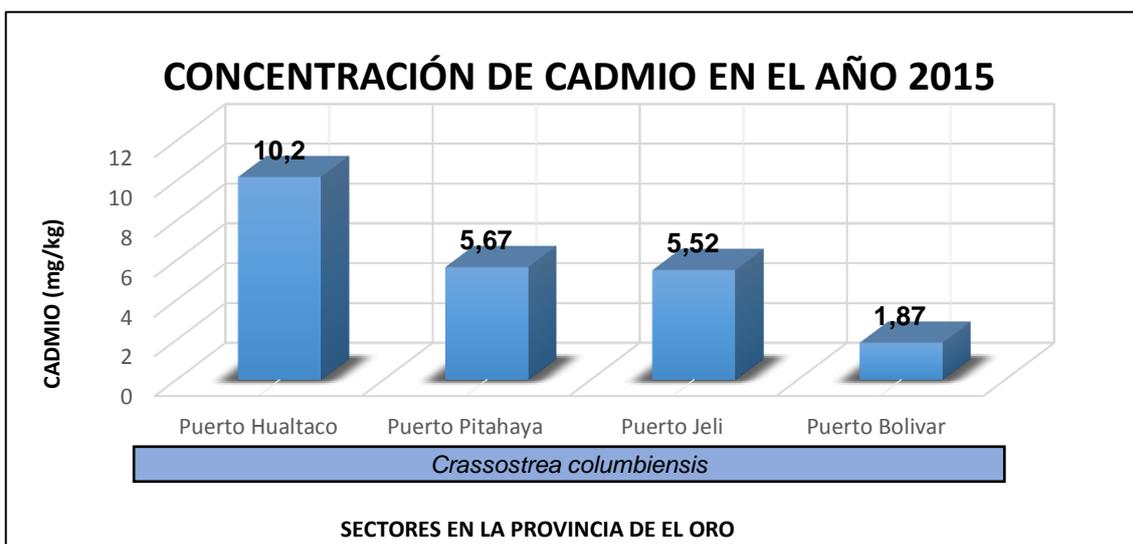


Gráfico 4. Concentración de Cadmio en el año 2015

Elaborador por: Banguera, 2021.

Los niveles de Cadmio para el año 2015, en localidades de la provincia del Oro presentaron mayor concentración en el Puerto Hualtaco con 10,2 mg/kg, en la especie *Cassostrea columbiensis*, representando un valor aproximadamente duplicado en comparación con Puerto Pitahaya y Puerto Jelí, finalmente la menor concentración de Cadmio se encontró en Puerto Bolívar con 1,87 mg/kg en la especie *Crassostrea iridescens*., Sin embargo superó los límites máximos permisibles de 1 mg/kg para las legislaciones de la Unión Europea, Australia y Nueva Zelanda.

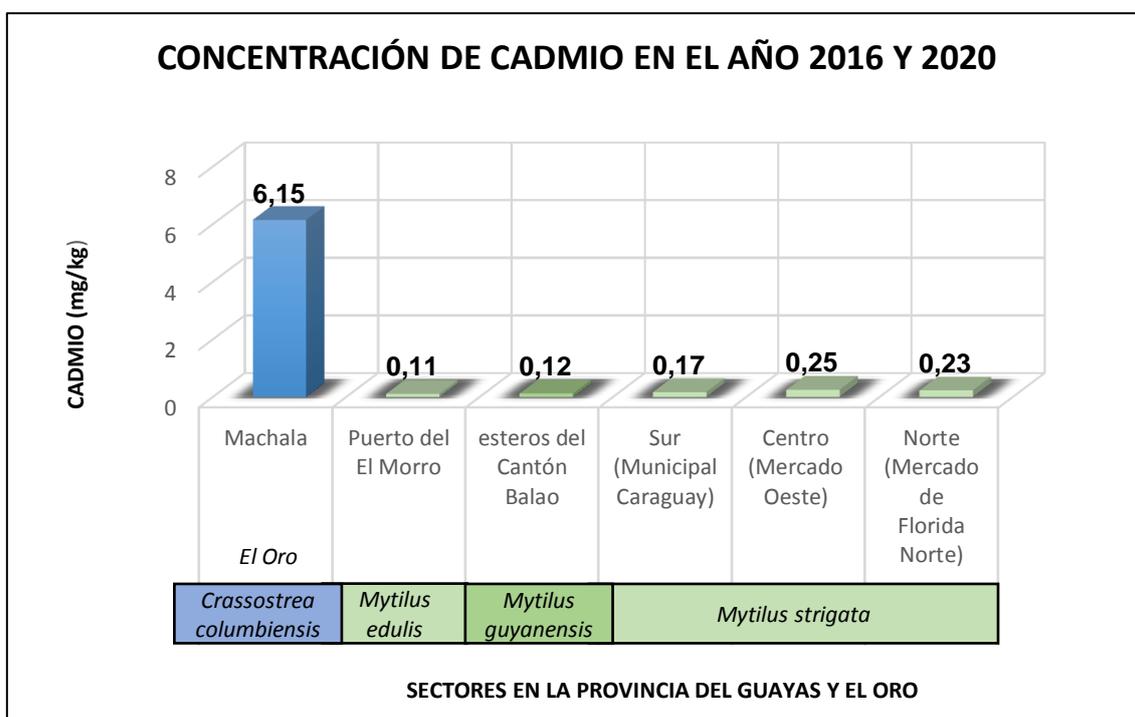


Gráfico 5. Concentración de Cadmio en el año 2016 y 2020

Elaborador por: Banguera, 2021.

Por otro lado durante el periodo 2016 y 2020 se reportó mayor concentración de Cadmio en cantón Machala de la provincia del Oro con 6,15 mg/kg en la especie *Cassostrea columbiensis*, representando un valor aproximadamente quintuplicado en comparación con las localidades de la provincia del Guayas en especies de la Familia Mytilidae, valores relativamente bajos y lejanos a los

límites máximos permisibles de las legislaciones MERCOSUR, INEN, China, Unión Europea, Australiana y Nueva Zelanda.

6.1.2. Plomo

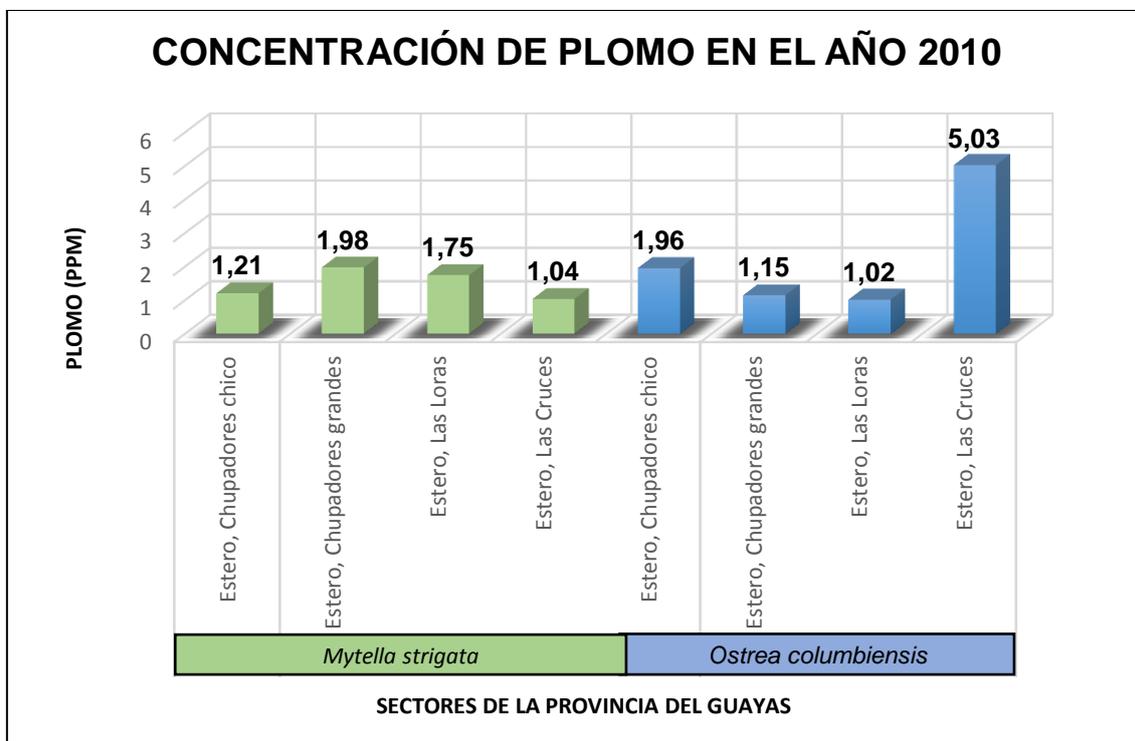


Gráfico 6. Concentración de Plomo en el año 2010.

Elaborador por: Banguera, 2021.

En la gráfica 6 describe la cantidad de mg/kg correspondiente al metal Plomo en el 2010 provincia Guayas, donde se reportó mayor concentración en la especie *Ostrea columbiensis* en el sector Estero Las cruces con 5,03 mg/kg; valor que supero 4 veces los LMP de 1,5 mg/kg Pb definido para moluscos bivalvos marinos (MERCOSUR, 2011; GB, 2012; Tobar, Ramírez, Fermín & Senior, 2017; Unión Europea, 2004). Los niveles más bajos le conciernen al sector estero las Cruces en la especie *Mytella strigata* y estero las Loras en la especie *Ostrea columbiensis* con 1,04 mg/kg y 1,02, respectivamente; valores muy cercanos a los LMP.

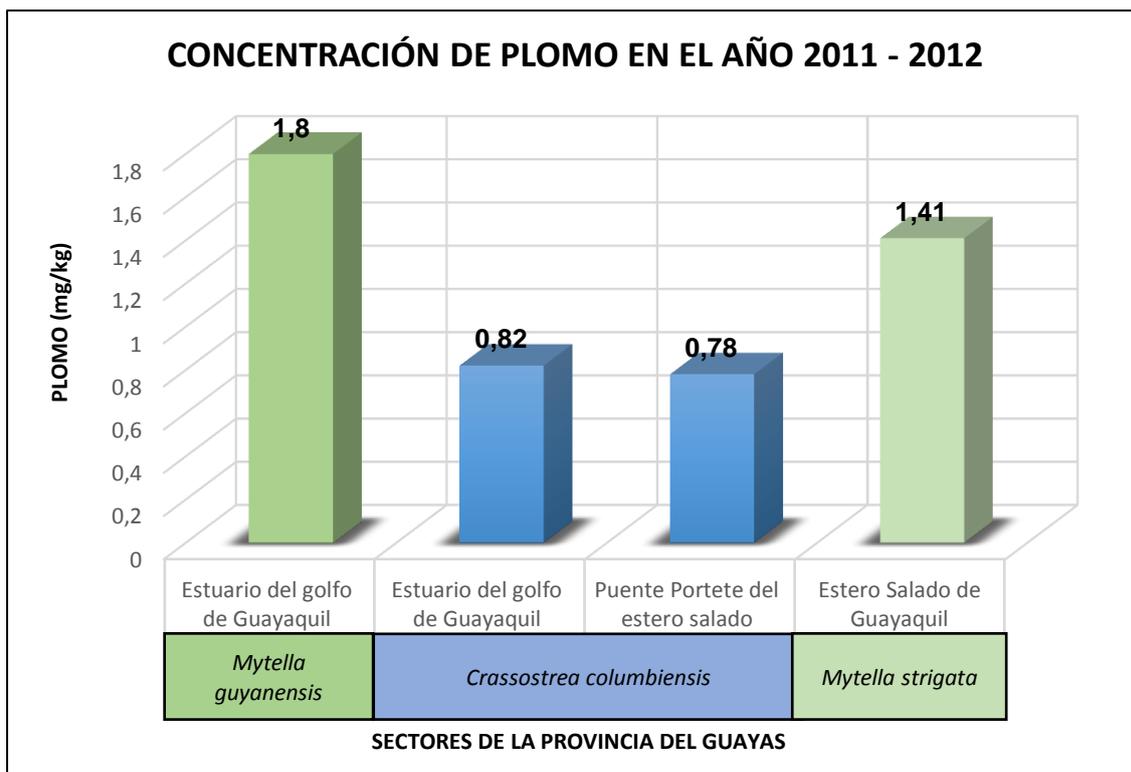


Gráfico 7. Concentración de Plomo en el año 2011 - 2012.

Elaborador por: Banguera, 2021.

La concentración de Plomo en la provincia del Guayas para el periodo 2011 y 2012, presenta mayor concentración en el Estuario del Golfo de Guayaquil con 1,8 mg/kg registrado en la especie *Mytella guyanensis*, superando relativamente los LMP de 1,5 mg/kg Pb; Mientras que en el Estuario del golfo de Guayaquil y Puente Portete del estero Salado mostraron los niveles más bajos en la especie *Crassostrea columbiensis* con 0,82 mg/kg y 0,78 mg/kg, respectivamente, sin embargo estos valores estuvieron cercanos a los LMP.

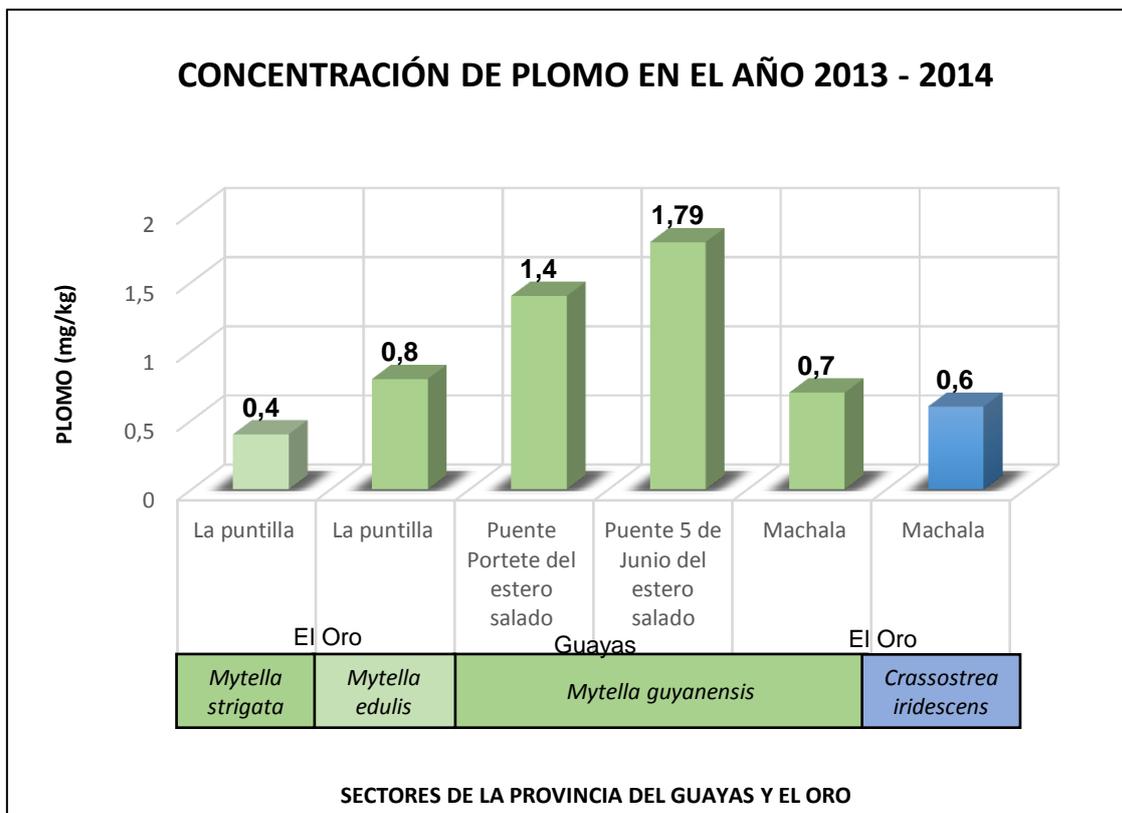


Gráfico 8. Concentración de Plomo en el año 2013-2014.

Elaborador por: Banguera, 2021.

Durante el periodo 2013 – 2014 se puede apreciar las diferentes concentraciones de Plomo en localidades de las provincias estudiadas, donde se reportó la mayor concentración en el Puente 5 de Junio del estero salado en Guayas con 1,79 mg/kg en la especie *Mytella guyanensis* valor que supero los LMP de 1,5 mg/kg Pb definido para moluscos bivalvos marinos (MERCOSUR, 2011; GB, 2012; Tobar, Ramírez, Fermín & Senior, 2017; Unión Europea, 2004); se presentó menor concentración en las localidades de la provincia de El Oro en la especie *Crassostrea columbiensis* y *Mytella strigata* con 0,6 mg/kg y 0,4 mg/kg, respectivamente; valor muy lejano a las normas de los LMP.

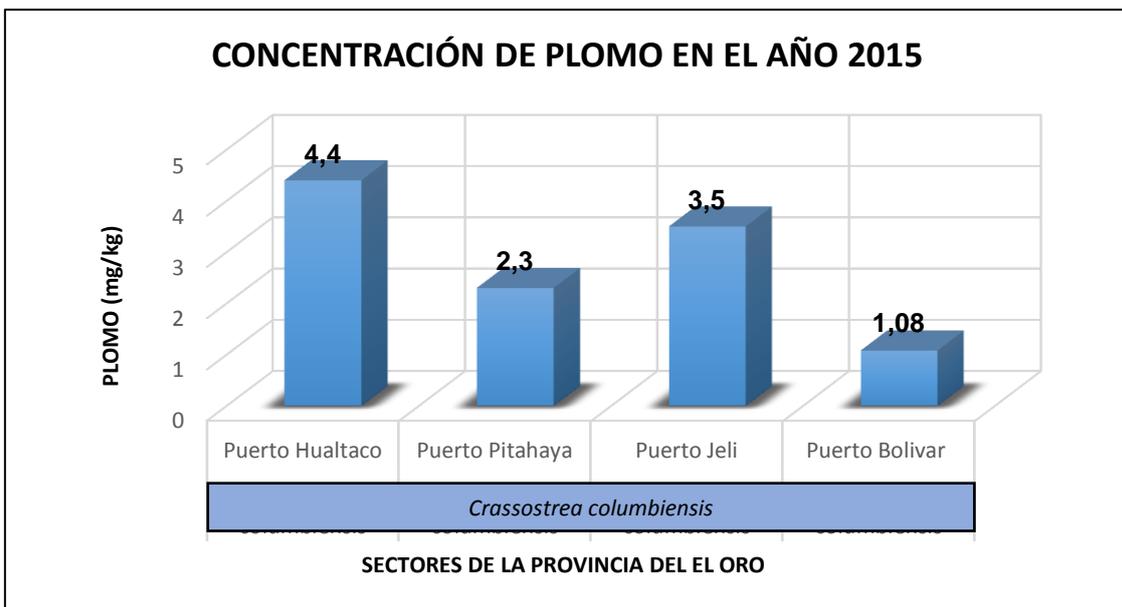


Gráfico 9. Concentración de Plomo en el año 2015.

Elaborador por: Banguera, 2021.

Los niveles de Plomo para el periodo 2014-2015, en localidades de la provincia del Oro presentaron mayor concentración en el Puerto Hualtaco con 4,4 mg/kg, en la especie *Cassostrea columbiensis*, representando un valor aproximadamente duplicado en comparación con Puerto Pitahaya y cercano a lo encontrado en Puerto Jelí, finalmente la menor concentración de Plomo se encontró en el Puerto Bolívar con 1,08, valor que estuvo cercano al LMP de 1,5 mg/kg (MERCOSUR, 2011; GB, 2012; Tobar, Ramírez, Fermín & Senior, 2017; Unión Europea, 2004)

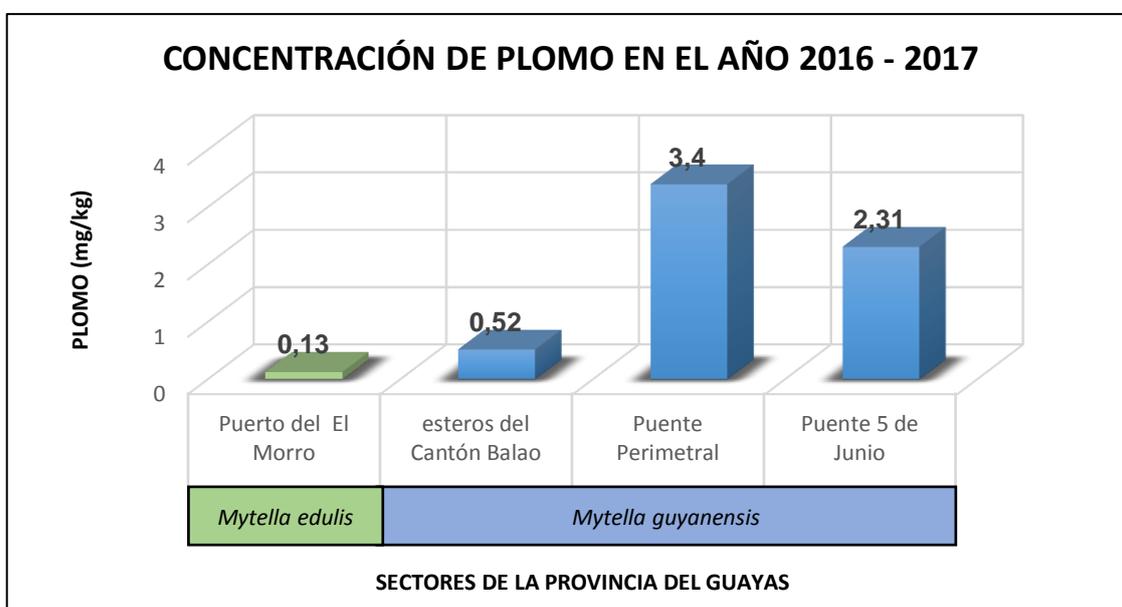


Gráfico 10. Concentración de Plomo en el año 2016-2017

Elaborador por: Banguera, 2021.

En la gráfica 10 presenta los diferentes niveles de concentración del metal Plomo reportados en el periodo 2016 y 2017, en la provincia del Guayas, donde se observa la mayor concentración en el puente 5 de junio y en el puente perimetral en la especie *Mytella Guyanensis* con 3,4 mg/kg y 2,31 mg/kg, respectivamente; superando relativamente los LMP, a diferencia de Puerto del Morro que estuvo lejano a los LMP de 1,5 mg/kg Pb.

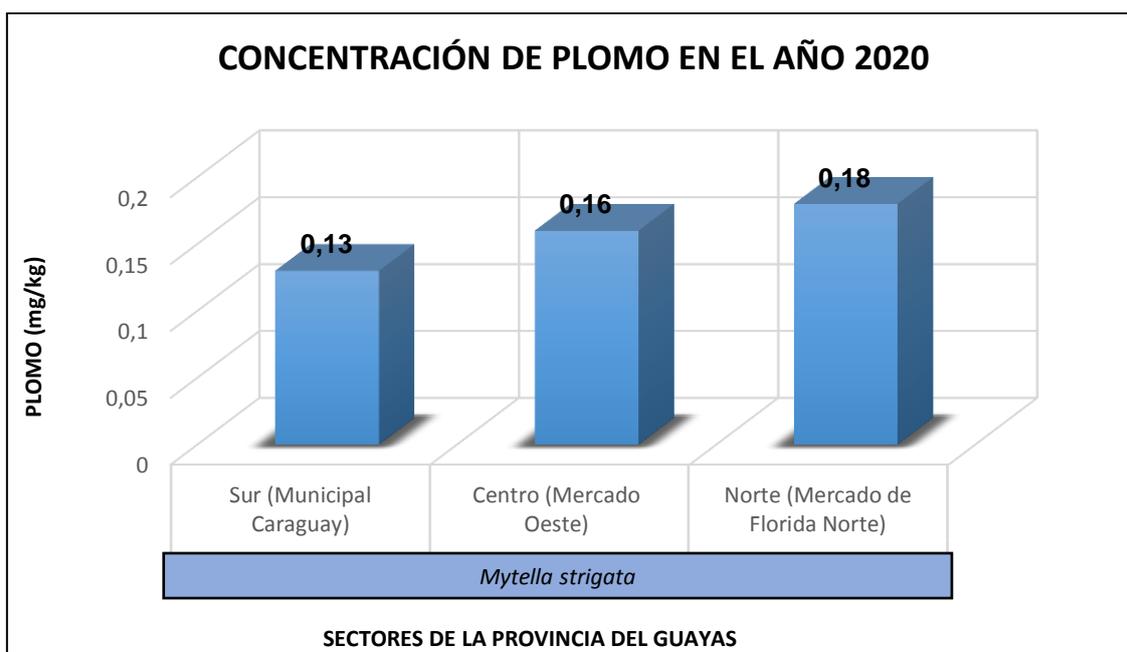


Gráfico 11. Concentración de Plomo en el año 2020

Elaborador por: Banguera, 2021.

En el periodo 2020 se puede apreciar los niveles de concentración de plomo en localidades de la provincia del Guayas, donde las concentraciones obtenidas de *Mytella strigata* en el Sur (Mercado Caraguay), Centro (Mercado Oeste) y Norte (Mercado Florida Norte) no superaron los LMP de las diferentes legislaciones a nivel mundial.

6.1.3. Mercurio

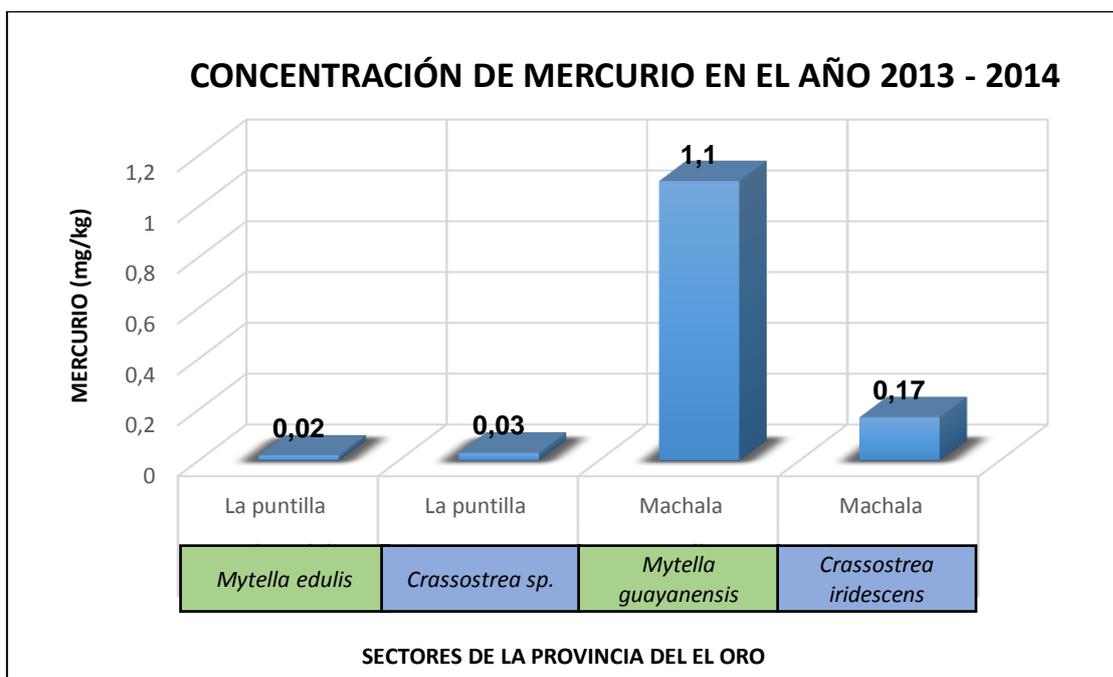


Gráfico 12. Concentración de Mercurio en 2013 - 2014

Elaborador por: Banguera, 2021.

La gráfica 12 describe la cantidad de mg/kg correspondiente al metal Mercurio en el 2013 – 2014 en El Oro, donde se reportó mayor concentración en Machala en la especie *Mytella guayanensis* con 1,1mg/kg, superando por duplicado los LMP de 0,5 mg/kg Hg definido para moluscos bivalvos marinos (MERCOSUR, 2011; GB, 2012; Tobar, Ramírez, Fermín & Senior, 2017; Unión Europea, 2004). Los niveles más bajos le conciernen a sector la Puntilla en la especie *Crassostrea sp.* y *Mytella edulis*, con 0,03 y 0,02 mg/kg, respectivamente, valores muy lejanos a los LMP

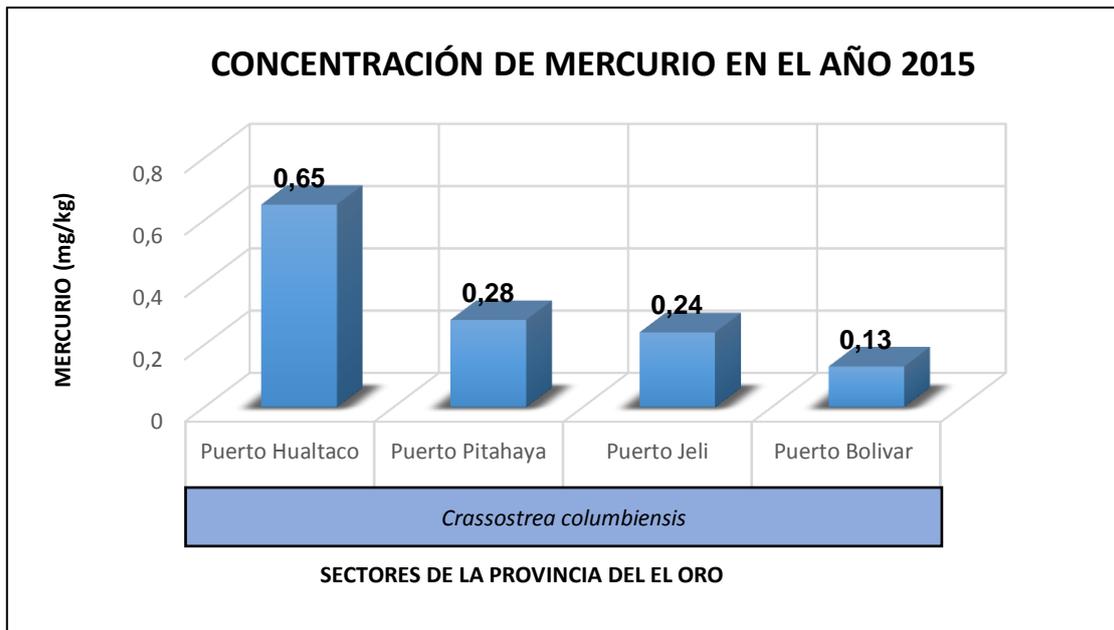


Gráfico 13. Concentración de Mercurio en 2015

Elaborador por: Banguera, 2021.

Los niveles de Mercurio para el periodo 2016, en localidades de la provincia del Oro presentaron mayor concentración en el Puerto Hualtaco con 0,65 mg/kg, en la especie *Cassostrea columbiensis*, valor por encima del Puerto Pitahaya, Puerto Jelí, y finalmente con la menor concentración de Mercurio en el Puerto Bolívar con 0,13 mg/kg valor que estuvo cercano al LMP de 0,5 mg/kg Hg.

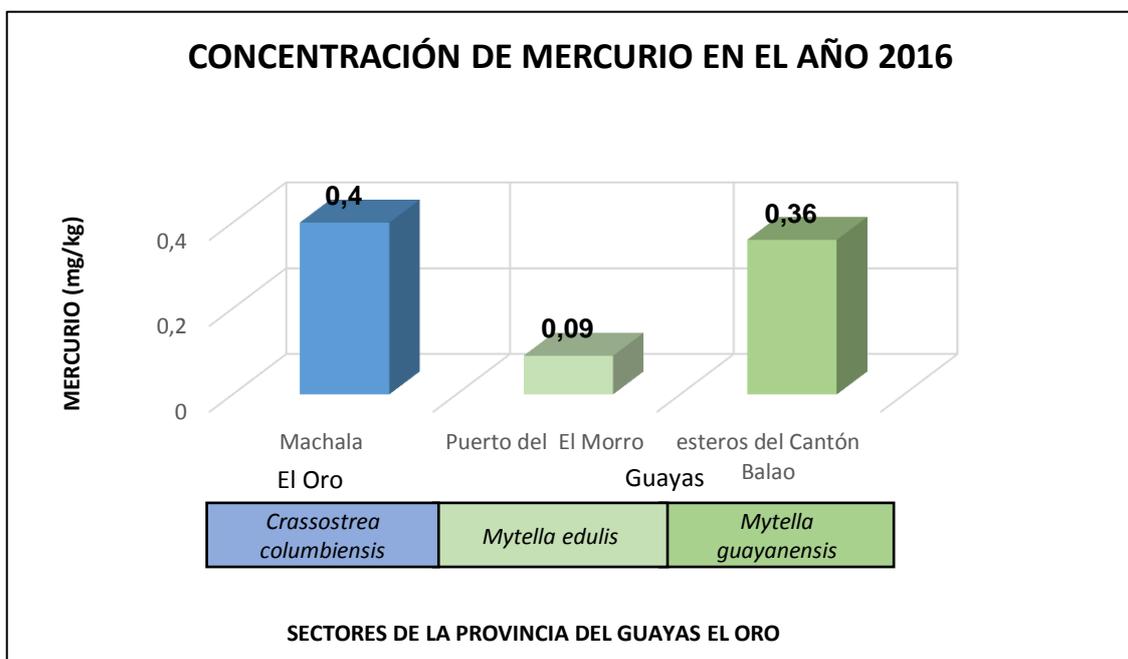


Gráfico 14. Concentración de Mercurio en 2016

Elaborador por: Banguera, 2021.

En el periodo 2016 se puede apreciar los niveles de concentración de mercurio en localidades de las provincias estudiadas, donde la mayor concentración se obtuvo en *Cassostrea columbiensis* en El Oro con 0,4 mg/kg, valor que estuvo cercano al LMP; el nivel más bajo se encontró en la especie *Mytella edulis* en el Puerto de el Morro en Guayas con 0.09 mg/kg.

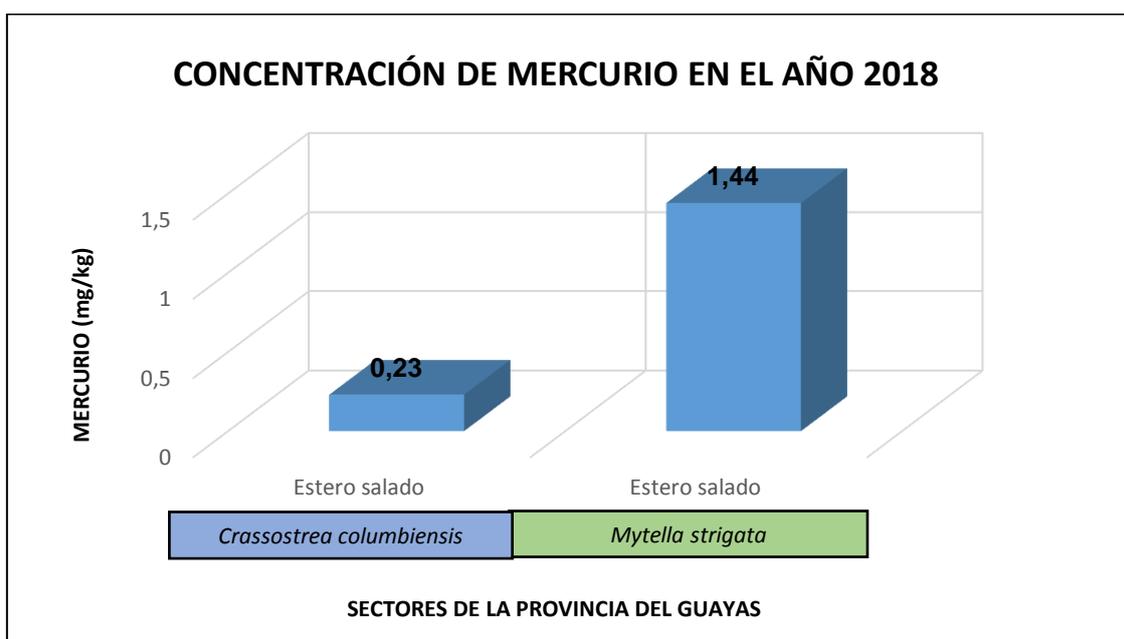


Gráfico 15. Concentración de Mercurio en 2018

Elaborador por: Banguera, 2021.

La concentración de Mercurio en el periodo 2018 en la provincia del Guayas, donde se registró una concentración alta notable en el estero salado con 1,44 mg/kg en la especie *Mytella strigata*, valores que superaron 4 veces los LMP de 0,5 mg/kg Hg definido para moluscos bivalvos marinos (MERCOSUR, 2011; GB, 2012; Tobar, Ramírez, Fermín & Senior, 2017; Unión Europea, 2004), a diferencia en la *Crassostrea columbiensis* con 0,23 mg/kg que presentó la menor concentración.

6.2. Concentración de metales pesados por Familia

6.2.1. Concentración de Cadmio por familia

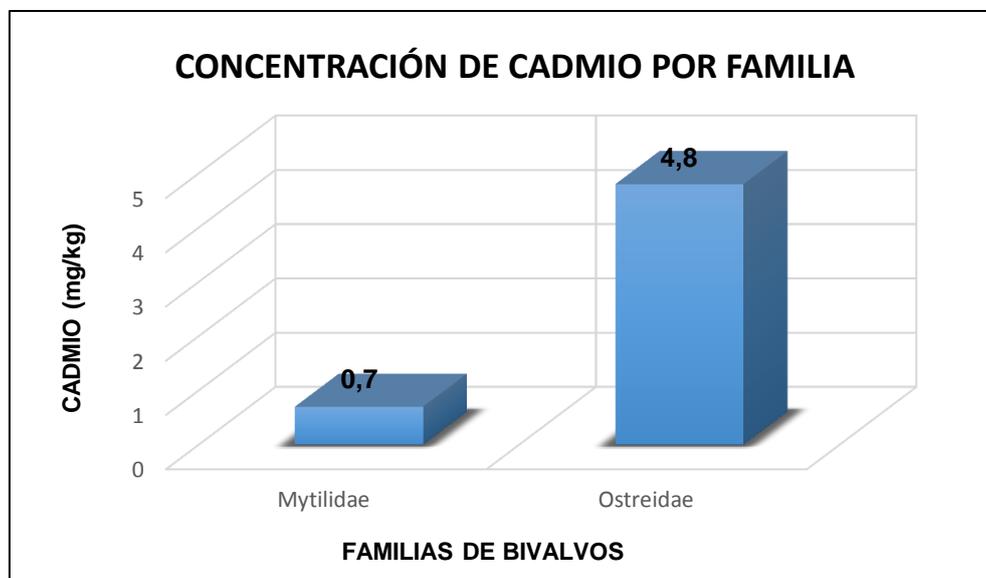


Gráfico 16. Concentración de Cadmio por Familia

Elaborador por: Banguera, 2021.

En la gráfica 16 describe la concentración de mg/kg correspondiente al metal Cadmio en las familias de moluscos bivalvos estudiadas, donde se reportó mayor concentración en la familia Ostreidae con 4,8 mg/kg; valor evaluado superan 4 veces los LMP de 2 mg/kg Cd definido para moluscos bivalvos marinos (MERCOSUR, 2011; INEN, 2009 & GB, 2012) y 1 mg/kg Cd (Tobar, Ramírez, Fermín & Senior, 2017; Unión Europea, 2004). Dejando por debajo a la Familia Mytilidae con 0,7 mg/kg, valor que estuvo muy cercano a las legislaciones de la Unión Europea, Australia y Nueva Zelanda de 1 mg/kg Cd.

6.2.2. Concentración de Plomo por familia

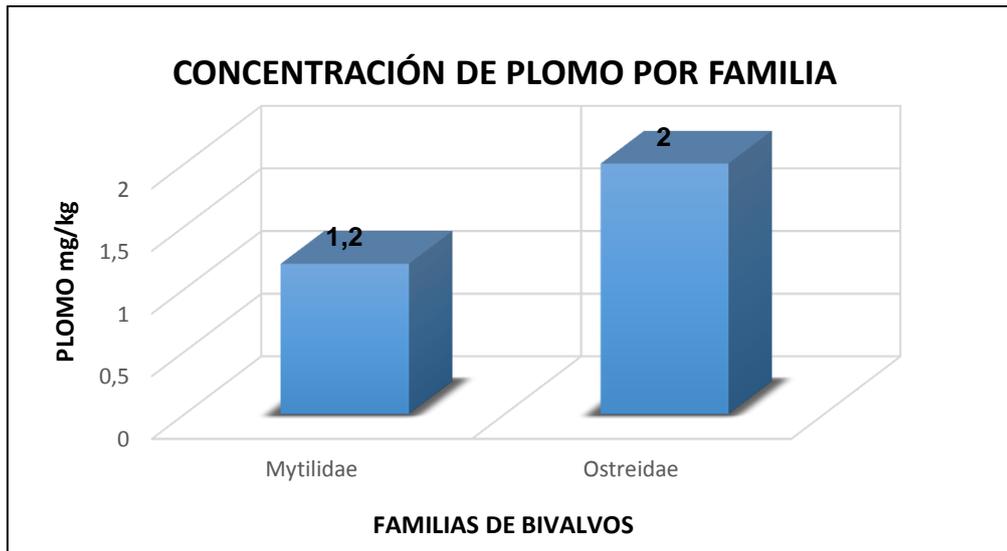


Gráfico 17. Concentración de Plomo por Familia

Elaborador por: Banguera, 2021.

En los niveles de Plomo por familia que han sido reportados a lo largo de los años evaluados, se obtuvo mayor concentración para la familia Ostreidae con 2 mg/kg y no muy lejos de la Familia Mytilidae con 1,2 mg/kg.

6.2.3. Concentración de Mercurio por familia

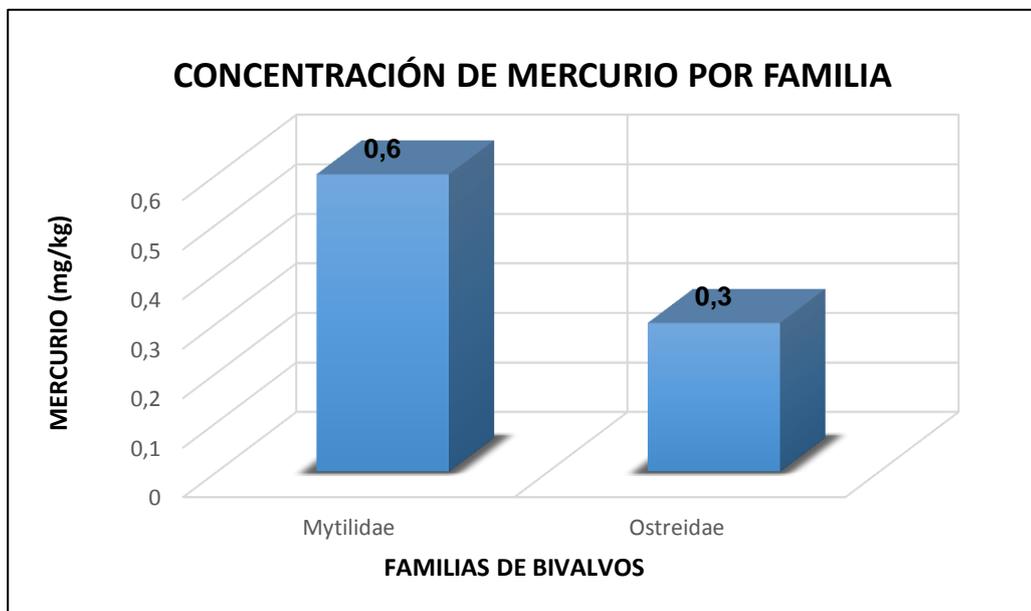


Gráfico 18. Concentración de Mercurio por Familia

Elaborador por: Banguera, 2021.

Las concentraciones de Mercurio en las familias de bivalvos evaluadas, se refleja claramente que la familia Mytilidae se destaca ya que contiene el valor más alto de Mercurio con 0,6 mg/kg, valor que supero a los LMP, a diferencia de la familia Ostreidae que no supero las normas de las legislaciones, sin embargo, estuvo cerca de 0,5 mg/kg Hg (MERCOSUR, 2011; GB, 2012; Tobar, Ramírez, Fermín & Senior, 2017; Unión Europea, 2004)

6.3. Concentración de metales pesados en las provincias del Guayas y El Oro.

6.3.1. Concentración de Cadmio por provincias

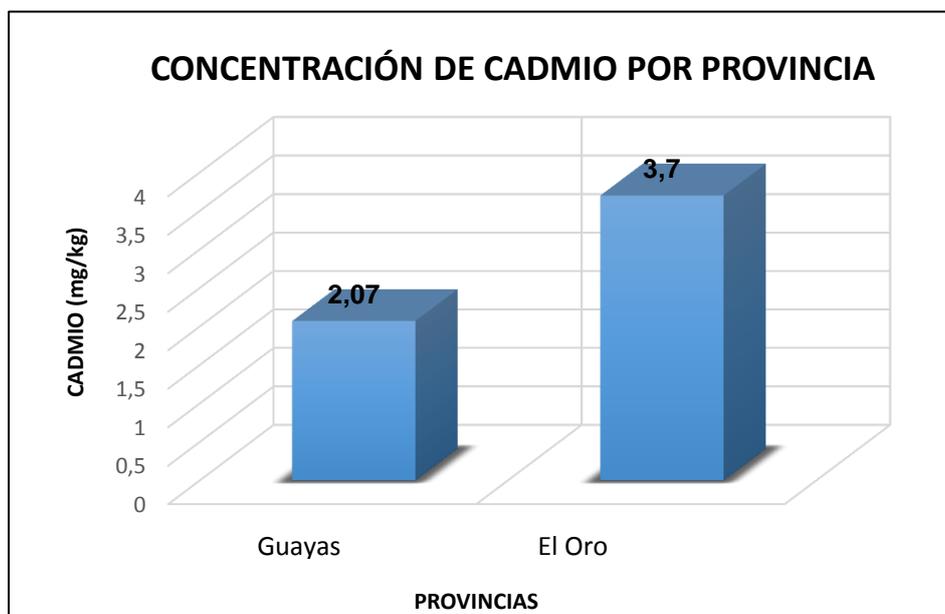


Gráfico 19. Concentración de cadmio por provincias

Elaborador por: Banguera, 2021.

En la gráfica 19 describe la concentración de mg/kg correspondiente al metal Cadmio en las provincias estudiadas, mostrando mayor concentración en la Provincia de El Oro con 3,7 mg/kg valor por encima de la provincia del Guayas; sin embargo ambas provincias superaron los LMP de 2 mg/kg Cd definido para las legislaciones de la INEN, MERCOSUR, China y 1 mg/kg Cd para las legislaciones de la Unión Europea, Australia y Nueva Zelanda.

6.3.2. Concentración de plomo por provincia

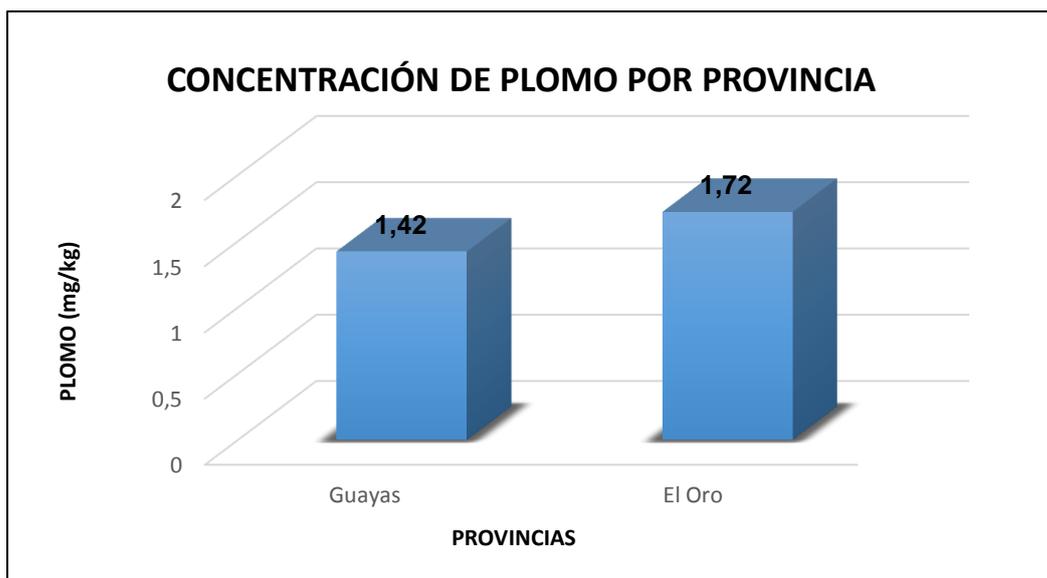


Gráfico 20. Concentración de Plomo por provincias.

Elaborador por: Banguera, 2021.

La concentración de Plomo en la provincia de El Oro presento mayor concentración con 1,72 mg/kg, a diferencia de la provincia del Guayas que se observó un valor por debajo con 1,42 mg/kg, valor cercano a superar los LMP de las diferentes legislaciones a nivel mundial.

6.3.3. Concentración de mercurio por provincia

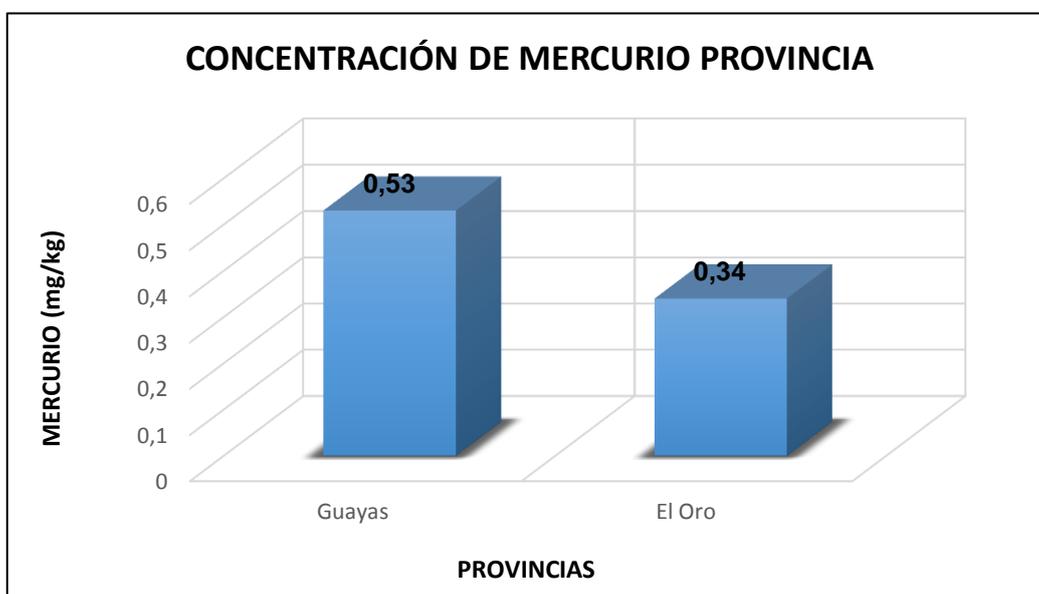


Gráfico 21. Concentración de mercurio por provincias.

Elaborador por: Banguera, 2021.

La gráfica 21 describe la concentración en mg/kg del metal mercurio que se han reportado en las provincias de estudio, donde se refleja claramente que la provincia del Guayas supera a los LMP de 0,5 mg/kg de las diferentes legislaciones a nivel mundial (MERCOSUR, 2011 & GB, 2012) y 1 mg/kg Cd (Tobar, Ramírez, Fermín & Senior, 2017; Unión Europea, 2004); sin embargo la provincia de El Oro estuvo cerca a los LMP.

6.3.4. Concentración promedio en mg/kg de metales pesados en las Familias evaluadas

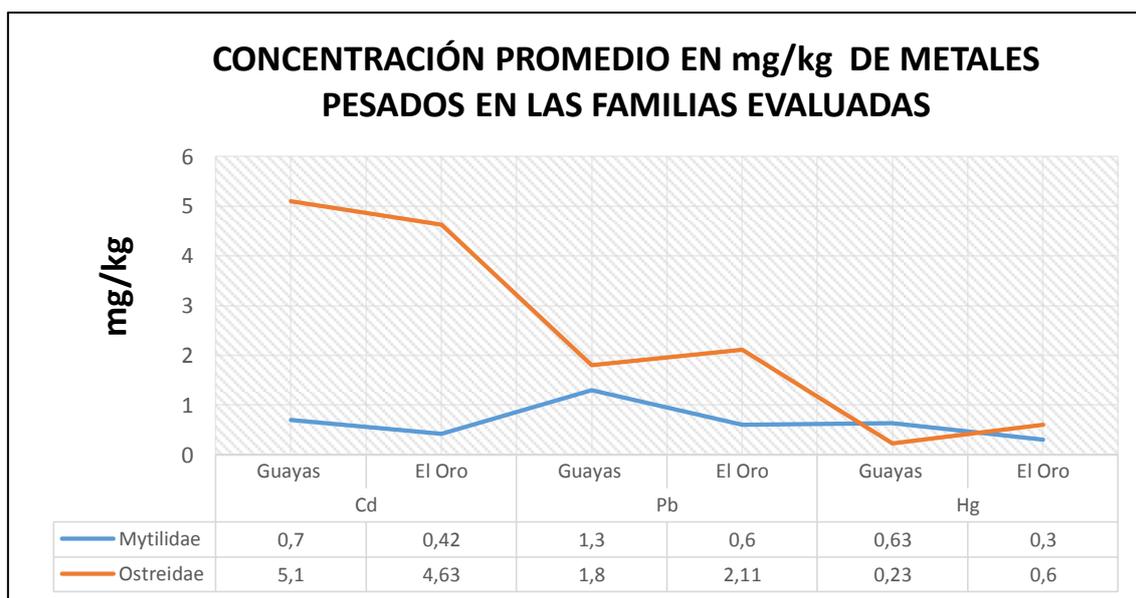


Gráfico 22. Concentración promedio en mg/kg de metales pesados en las Familias evaluadas

Elaborador por: Banguera, 2021.

En la gráfica 22, se observa la concentración promedio de metales pesados en las familias evaluadas durante los periodos analizados, la Familia Ostreidae registró mayor concentración de Cd y Pb en la provincia del Guayas y El Oro; En cuanto al Hg se presentó valores elevados en la Familia Mytilidae en la Provincia del Guayas, mientras que en la Provincia de El Oro la mayor concentración de Hg se observó en la familia Ostreidae.

De acuerdo a los resultados de la concentración promedio en mg/kg de metales pesados en las Familias evaluadas, se realizó la prueba “t” de Student, encontrando diferencias significativas con un valor de p menor que 0,05 (t-student: $p=0,0463$, Tabla 8)

Tabla 8. Resultados de la t de Student por muestras

Prueba t para medias de dos muestras		
	Mytilidae	Ostreidae
Media	0,6583	2,4117
Varianza	0,1206	4,1310
Coeficiente de correlación de Pearson	0,0228	
P(T<=t)	0,0463	

6.4. Concentración promedio de metales pesados en las Familias evaluadas en comparación con las normas internacionales

Metal pesado	Familia	Nivel de concentración (mg/kg)	Normativa Internacional aplicable	Límite Máximo Permissible (LMP)
Cadmio	Mytilidae	0,7 Guayas 0,42 El Oro	Australiana y Nueva Zelanda	1 mg/kg
			Unión Europea	
	Ostreidae	5,1 Guayas 4,63 El Oro	INEN	2 mg/kg
			China	
Plomo	Mytilidae	1,3 Guayas 0,6 El Oro	Australiana y Nueva Zelanda	1,5 mg/kg
			MERCOSUR	
	Ostreidae	1,8 Guayas 2,11 El Oro	China	
			Unión Europea	
Mercurio	Mytilidae	0,63 Guayas 0,3 El Oro	Australiana y Nueva Zelanda	0,5 mg/kg
			MERCOSUR	
	Ostreidae	0,23 Guayas 0,6 El Oro	China	
			Unión Europea	

Elaborado por: Banguera, 2021

Fuente: (INEN, 2009); (Tobar, Ramírez, Fermín, & Senior, 2017); (MERCOSUR, 2011); (GB, 2012); (Unión Europea, 2004)

7. CONCLUSIONES

- Se evaluaron los niveles de las concentraciones de cada uno de los metales pesados entre ellos Cd, Pb y Hg en comparación con las diferentes normativas Internacionales, dónde se evidenció en la familia Ostreidae posee mayores concentraciones relacionadas al Cd y Pb; en tanto que el Hg se presentó valores elevados en la Familia Mytilidae en la Provincia del Guayas, mientras que en la Provincia de El Oro la mayor concentración de Hg se observó en la familia Ostreidae. Cabe recalcar que el nivel de estos metales, es preocupante debido a que superaron las normativas de diferentes legislaciones a nivel mundial, sin embargo, siguen siendo consumidos en todo el país, lo que representa un riesgo para la salud.
- El 50% de los valores analizados en las familias de moluscos bivalvos para los metales pesados evaluados superaron los LMP, de las cuales la Familia Ostreidae se destaca por presentar mayor concentración en ambas provincias de Cd y Pb. Estos niveles de concentración de Cadmio pueden ser causa de la presencia de empresas asentadas en los alrededores, liberando gran cantidad de residuos al medio, así como restos y residuos de pinturas, baterías, plástico, reportado por Pernía et al., en 2018; y los altos niveles de Plomo, ocurren debido a la actividad minera que se desarrolla en el sector principalmente, que menciona Angamarca & Valarezo en 2019.
- Según Rodríguez & Alvarado en el año 2015, el alto nivel de metales pesados, es consecuencia del uso de pinturas hechas a base de sales de Plomo en la superficie de las embarcaciones, que usan para evitar la corrosión, así como también los residuos que son desechados al estero entre ellos partes de cables, residuos eléctricos, y materiales de pesca a base de plomo.
- Se realizó la prueba “t” de Student, de acuerdo a la concentración promedio en mg/kg de metales pesados en las Familias evaluadas, donde el valor p resulto menor que 0,05, y concluimos que sí existe una diferencia significativa.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Angamarca, D. J., & Valarezo Segarra, L. A. (2019). Determinación de la contaminación del recurso hídrico provocado por la actividad minera en la cuenca alta del Río Santa Rosa, provincia de El Oro (Bachelor's thesis).
- Ayala, A. (2020). Evaluación de metales pesados (Cd y Pb) en mejillones de consumo humano en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49920/1/TESIS_AYALA_ANDY.pdf
- Barnes, R. (1989). Zoología de los Invertebrados. 5° Ed. *Gettysburg College, Pennsylvania. Interamericana Mc Graw Hill*, 942.
- Bolaños, C., & Gonzales, J. (2007). DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LARVAS DE LA FAMILIA MYTILIDAE “mejillones” EN LA BAHIA DE JIQUILISCO, EL SALVADOR. *UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR*.
- Bonilla, D. (1967). Estudio de la familia Mytilidae en aguas ecuatorianas. Tesis doctoral . *Facultad de ciencias químicas y naturales, Universidad de Guayaquil*, 1-50.
- Callea, P., Monserratea, L., Medinaa, F., Calle, M., Tirapéa, A., Montiel, M., . . . Alava, J. (2018). Mercury assessment, macrobenthos diversity and environmental quality conditions in the Salado Estuary (Gulf of Guayaquil, Ecuador) impacted by anthropogenic influences. *Marine Pollution Bulletin*, 365 - 373. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/calle2018.pdf>
- Carrasco, R., & Webster, R. (2016). Capacidad bioacumuladora de metales pesados en moluscos bivalvos de los esteros del Cantón Balao. *Universidad del Azuay*. Obtenido de Capacidad bioacumuladora de metales pesados en moluscos bivalvos de los esteros del Cantón Balao
- Castro, K. (2015). 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. *Universidad Técnica de Machala*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2842/2/CD000018-TRABAJO%20COMPLETO-pdf>
- Castro, R. (2017). Contaminación de metales pesados Cadmio y Plomo en agua, sedimento y en mejillón *Mytella guanensis* (Lamarck, 1819) en los puentes de 5 de Junio y perimetral (estero salado, Guayaquil). *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20970/1/TESIS%2018%20AGOSTO%20ROBERTO%20CARLOS%20CASTRO%20GUERRERO.pdf>
- Catillo, Z., & García, A. (1984). Taxonomía y anatomía comparada de las ostras en las costas de México. *Instituto de ciencias del mar y limnología*. Obtenido de <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1986-2/articulo230.html#:~:text=La%20familia%20Ostreidae%20incluye%20a,favoreciendo%20al%20hombre%20como%20alimento.&text=Uno%20de%20los%20aspectos%20m%C3%A1s,de%20ostras%20de%20importancia%20econ%C3%B>
- Chilán, I., & Montalván, E. (2016). Procesamiento de mejillones en escabeche del sector del Puerto del Morro. *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12626/1/TITULACION%20PARA%20IMPRIMIR%20Y%20ENTREGAR%20e%20imprimir%20hoy%20miercoles.pdf>
- Corrales, M. (2015). Acumulación de metales pesados en bivalvos y sus efectos tóxicos en la salud humana: Perspectivas para el estudio en Costa Rica. *Universidad de Costa Rica - Sede de Occidente*, 173 - 181.
- Cruz, M., & Mair, J. (2009). Ecología y distribución de los moluscos bivalvos perforadores de rocas (familia mytilidae) en la costa ecuatoriana del 2000 al 2005. *Acta oceanográfica DEL PACÍFICO*. Obtenido de https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta15/OCE1501_11.pdf
- Escudeiro, A. (2006). "Crecimiento Y Reproducción De La Ostra Rizada, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), Cultivada En Intermareal y en

- Batea En Galicia (Nw España)". *Centro De Investigaciones Marinas (CIMA)*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/61504226.pdf>
- FAO. (1995). Guía para la identificación de especies para los fines de la Pesca. Plantas e invertebrados. departamento de pesca. *FAO*, 146.
- FAO. (2015). Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. *Codex alimentarius. Norma internacionales de los alimentos*. Obtenido de [file:///C:/Users/HP/Downloads/CXS_193s_2015%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/CXS_193s_2015%20(4).pdf)
- Gaona, X. (2004). El mercurio como contaminante global. Desarrollo de metodologías para su determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación al medio ambiente . *Universidad Autónoma de Barcelona*.
- GB. (2012). Norma Nacional de Inocuidad Alimentaria. Límites Máximos de Contaminantes en Alimentos. *Ministerio de Salud de la República China*. Obtenido de https://www2.sag.gob.cl/pecuaria/establecimientos_habilitados_exportar/normativa/china/normativa_ley_inocuidad/GB_2762.pdf
- Gonzabay, C. (2014). Incidencia De La Pesca Artesanal En Las Poblaciones de La Ostra Nativa (*Crassostrea iridescens*) en Los arrecifes rocosos de Ayangue, Provincia De Santa Elena. *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6087/1/TESIS,%20Carlos%20Gonzabay.pdf>
- González, E., Reyes, E. G., Bedolla, C., Arrollo, E., & Manzanares, E. (2008). Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo por envenenamiento de plomo en niños riesgo por envenenamiento de plomo en niños. *Universidad de Antioquia*, 114 - 119. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n43/n43a10.pdf>.
- INEN. (2009). Norma general para los contaminantes y toxinas presentes en los alimentos y piensos. *FAO*, 1-48.

Jimenez, D. (2012). Cuantificación de Metales Pesados (Cadmio, Cromo, Níquel Y Plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (*Crassostrea columbiensis*) Ostión De Mangle en el Puente Portete Del Estero Salado (Guayaquil). *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1683/1/Cuantificaci%3%b3n%20de%20metales%20pesados%20%28Cadmio%2c%20cromo%2c%20n%3%adquel%20y%20plomo%29%20en%20agua%20superficial%2c%20sedimentos%20y%20organismos...%20Jim%3%a9nez%2c%20David.pdf>

Kuffó, A. (2013). Niveles de cadmio, cromo, plomo, y su bioacumulación por *Mytella strigata* delimitando la zona urbano-marginal en el estero salado de Guayaquil. *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3310/2/TESIS%20-%20KUFF%3%93%20NIVELES%20DE%20CADMIO%2c%20CROMO%2c%20PLOMO%2c%20Y%20SU%20BIOACUMU.pdf>

Lázaro, G. (2007). Niveles de acumulación de metales pesados y contaminantes orgánicos en moluscos bivalvos del género *Anadara* y su vinculación con actividades económicas en la provincia de esmeraldas como base para una propuesta de regulación de límites máximos permisibles. *Universidad de Murcia*. Obtenido de <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/10773/MarinGuirao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Londoño, L., Muñoz, T., & García, F. (2016). Los Riesgos de Los Metales Pesados en La Salud Humana y Animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 145-153. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>

Mendoza, H. (2014). Niveles de acumulación de metales pesados y contaminantes orgánicos en moluscos bivalvos del género *Anadara* y su vinculación con actividades económicas en la provincia de esmeraldas como base para una propuesta de regulación de límites máximos permisibles. *Pontificia universidad católica del ecuador sede esmeraldas (PUCESE)*. Obtenido de

file:///C:/Users/HP/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/89abb4da-d38e-4429-a8b6-3b88b12f065d/MENDOZA%20ANGULO%20HAYDEE.pdf

MERCOSUR. (2011). Reglamento Técnico MERCOSUR sobre los límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos. 1 - 18. Obtenido de http://www.puntofocal.gov.ar/doc/r_gmc_12-11.pdf

Mero, M. (2010). Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del Golfo de Guayaquil. *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/776/1/Determinaci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados%20en%20moluscos%20bivalvos%20de%20inter%C3%A9s%20comercial%20de.pdf>

Monteagudo, F. (2001). Evaluación de la contaminación por mercurio en la población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena - Ayacucho - Perú durante el periodo de agosto 2000 - septiembre 2001. *UNMSM*.

Muñoz, J. (2017). "Determinación de Cadmio en fertilizantes, plantas de *Oryza sativa* L. y suelos de la provincia del Guayas: Propuesta de saneamiento". *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17569/1/TESIS%20JORGE%20MU%C3%91OZ%202017.pdf>

Murillo, K. (2018). Sobrecaptura y sobrevivencia del mejillón sobrecaptura y sobrevivencia del mejillón guayaquil (puente portete – puente de la 17). *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29737/1/TESIS%20KARINA%20MURILLO.pdf>

Nava, C., & Méndez, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Arch Neurocién (Mex) INNN*, 140-147. Obtenido de https://www.google.com/search?q=trasuctor&hl=es&ei=hLpgYK3UHuLy5gKdnIDYBA&oq=trasuctor&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyCggAELEDEIM

BEEMyBAgAEEMyBAgAEEMyBwgAELEDEAoyBwgAELEDEAoyBAgAE
AoyBAgAE AoyBAgAE AoyBwgAELEDEAoyBwgAELEDEAo6BggAE AoQ
QzoCCAA6BQgAELEDOggIABCxAxCDAToHC

Navarrete, G., Morales, L., Domínguez, L., & Marín, J. P. (2019). Contaminación por metales pesados en el golfo de Guayaquil: incluso datos limitados reflejan impactos ambientales de las actividades antrópicas. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 52-55. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992019000300731&script=sci_arttext&tlng=en

Pérez, P., & Azcona, M. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Red de Revistas Científicas de América Latina*, 199 - 205. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>

Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., Ramírez, N., Ramírez, L., Bravo, K., ... & Zambrano, J. (2018). Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 89-105.

Poma, P. (2008). Intoxicación por plomo en humanos. *University of Illinois at Chicago*. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000200011

Poulin, J., & Gibb, H. (2008). Mercurio. Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local. *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78130/9789243596570_spa.pdf;jsessionid=314BF2A5F0ED9FE07B025531CF5148AD?sequence=1

Quiñonez, W. M. (2014). Incidencia de la contaminación orgánica y de metales pesados sobre la biodiversidad marino costera del sitio la puntilla, cantón el guabo. Universidad tecnica de Machala. Obtenido de http://186.3.32.121/bitstream/48000/1984/7/CD669_TESIS.pdf

- Ramírez, A. (2002). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 51 - 64. Obtenido de file:///C:/Users/HP/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/81c4b321-9421-495b-a54c-cdf8b895a3cb/1477-Texto%20del%20art%C3%ADculo-5203-1-10-20130313.pdf
- Ramírez, A. V. (2008). Intoxicación ocupacional por mercurio. *Anales de la Facultad de Medicina*. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000100010
- Rodríguez Aguilar, J. A., & Alvarado Siguencia, D. F. (2015). Propuesta de un plan de manejo ambiental, en base a la presencia de metales pesados en el estero Huaylá, Pto. Bolívar (Bachelor's thesis).
- Rodríguez, F. (2013). Cuantificación de Cadmio, Plomo y Níquel en agua superficial, sedimento y organismo (*Mytella guyanensis*) en los puentes Portete y 5 de junio del estero salado (Guayaquil). *Universidad de Guayaquil*.
- Rodríguez, H. (2015). Evaluación del crecimiento y la Supervivencia De *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), Bajo condiciones de cultivo suspendido en mar abierto, en la comuna palmar, santa elena - ecuador. *Universidad Estatal Península de Santa Elena*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2181/1/UPSE-TBM-2015-025.pdf>
- Romero, B. (2020). Contaminación por metales pesados en alimentos en ecuador: contaminación por metales pesados en alimentos en ecuador:. *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/48744/1/TESIS%20EMPASTAR.PDF>
- Sánchez, G. (2016). Ecotoxicología del cadmio. Riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en Cadmio. *Universidad Complutense*. Obtenido de

<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRON.pdf>

Senior, W., Cornejo, M., Ramírez, M., & Marquez, A. (2015). Metales pesados y arsénico en organismos marinos adquiridos en los mercados populares de la ciudad de Machala, Provincia de El Oro, Ecuador. *PROMETEO*.

Télez, M., Torres, I., & Treminio, F. (2014). Determinación Cualitativa de Plomo en especies marinas obtenidas en Poneloya mediante el Bioensayo Allium Cepa L y marcha Analítica, Enero– Mayo 2014. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua– León*. Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3146/1/227090.pdf>

Tobar, J., Ramírez, M., Fermín, I., & Senior, W. (2017). Concentración de Metales Pesados en Bivalvos *Anadara tuberculosa* y *A. Similis* del Estero Huaylá, Provincia de El Oro, Ecuador. *BOLETÍN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS*. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/07dd6c4a-27a7-4863-9b4d-f94c4ea58e49/23300-35877-1-SM.pdf>

Triana, Á. (2015). Valoración de la fuente nutricional de moluscos bivalvos empleados en cultivos hortícolas urbanos en la ciudad de Guayaquil. *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11877/1/Tesis%20%20ATT%202015.pdf>

Ubillus, J. (2003). Estudio sobre la presencia de plomo en e medio ambiente de Talara en el año 2003. *UNMSM*. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/ubillus_lj/cap2.pdf

Unión Europea . (2004). *Contenidos maximos en metales pesados en productos alimenticios. Legislación de la Union Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios*. Obtenido de https://www.avideter.com/ftp_public/articulo1748.pdf

9. ANEXOS

Anexo 1. Tabla comparativa de cadmio (Cd) por año, provincia, especie, y sector de monitoreo

AÑO	PROVINCIA	FAMILIA	ESPECIE	SECTOR	Cd (mg/kg)
2010	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Chupadores chico	1,85
2010	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Chupadores grandes	1,95
2010	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Las Loras	1,7
2010	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Las Cruces	1,92
2010	Guayas	Ostreidae	<i>Ostrea columbiensis</i>	Chupadores chico	8,02
2010	Guayas	Ostreidae	<i>Ostrea columbiensis</i>	Chupadores grandes	6,25
2010	Guayas	Ostreidae	<i>Ostrea columbiensis</i>	Las Loras	8,24
2010	Guayas	Ostreidae	<i>Ostrea columbiensis</i>	Las Cruces	7,5
2011	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	Estuario del golfo de Guayaquil	0,2
2011	Guayas	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Estuario del golfo de Guayaquil	0,18
2012	Guayas	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puente Portete del estero salado	0,18
2012	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Estero Salado de Guayaquil	0,17
2013	EL Oro	Mytilidae	<i>Mytilus edulis</i>	La puntilla	0,5
2013	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea sp.</i>	La puntilla	0,6
2013	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	Puente Portete del estero salado	0,11
2013	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	Puente 5 de Junio del estero salado	0,22
2014	EL Oro	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	Machala	0,34
2014	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea iridescens</i>	Machala	2,4
2015	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puerto Hualtaco	10,2
2015	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puerto Pitahaya	5,67
2015	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puerto Jeli	5,52
2015	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puerto Bolivar	1,87
2016	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea</i>	Machala	6,15
2016	Guayas	Mytilidae	<i>Mytilus edulis</i>	Puerto del El Morro	0,11
2016	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	esteros del Cantón Balao	0,12
2020	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Sur (Municipal Caraguay)	0,17
2020	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Centro (Mercado Oeste)	0,25
2020	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Norte (Mercado de Florida Norte)	0,23

Elaborado por: Banguera, 2021

Fuente: (Mero, 2010); (Navarrete, Morales, Domínguez, & Marín, 2019); (Jiménez, 2012); (Kuffó, 2013); (Quiñonez, 2014); (Rodríguez, 2013); (Senior, Cornejo, Ramírez, & Marquez, 2015); (Castro K. , 2015); (Chilán & Montalván, 2016); (Carrasco & Webster, 2016); (Ayala, 2020)

Anexo 2. Tabla comparativa de plomo (Pb) por año, provincia, especie, y sector de monitoreo

AÑO	PROVINCIA	FAMILIA	ESPECIE	SECTOR	Pb (mg/kg)
2010	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Chupadores chico	1,21
2010	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Chupadores grandes	1,98
2010	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Las Loras	1,75
2010	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Las Cruces	1,04
2010	Guayas	Ostreidae	<i>Ostrea columbiensis</i>	Chupadores chico	1,96
2010	Guayas	Ostreidae	<i>Ostrea columbiensis</i>	Chupadores grandes	1,15
2010	Guayas	Ostreidae	<i>Ostrea columbiensis</i>	Estero, Las Loras	1,02
2010	Guayas	Ostreidae	<i>Ostrea columbiensis</i>	Estero, Las Cruces	5,03
2011	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	Estuario del golfo de Guayaquil	1,8
2011	Guayas	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Estuario del golfo de Guayaquil	0,82
2012	Guayas	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puente Portete del estero salado	0,78
2012	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Estero Salado de Guayaquil	1,41
2013	EL Oro	Mytilidae	<i>Mytilus edulis</i>	La puntilla	0,4
2013	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea sp.</i>	La puntilla	0,8
2013	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	Puente Portete del estero salado	1,4
2013	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	Puente 5 de Junio del estero salado	1,79
2014	EL Oro	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	Machala	0,7
2014	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea iridescens</i>	Machala	0,6
2015	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puerto Hualtaco	4,4
2015	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puerto Pitahaya	2,3
2015	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puerto Jeli	3,5
2015	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puerto Bolivar	1,08
2016	Guayas	Mytilidae	<i>Mytilus edulis</i>	Puerto del El Morro	0,13
2016	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	esteros del Cantón Balao	0,52
2017	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	Puente Perimetral	3,4
2017	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	Puente 5 de Junio	2,31
2020	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Sur (Municipal Caraguay)	0,13
2020	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Centro (Mercado Oeste)	0,16
2020	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Norte (Mercado de Florida Norte)	0,18

Elaborado por: Banguera, 2021

Fuente: (Mero, 2010); (Navarrete, Morales, Domínguez, & Marín, 2019); (Jiménez, 2012); (Kuffó, 2013); (Quiñonez, 2014); (Rodríguez, 2013); (Senior, Cornejo, Ramírez, & Marquez, 2015); (Castro K. , 2015); (Chilán & Montalván, 2016); (Carrasco & Webster, 2016); (Castro R. , 2017); (Ayala, 2020)

Anexo 3. Tabla comparativa de mercurio (Hg) por año, provincia, especie, y sector de monitoreo

AÑO	PROVINCIA	FAMILIA	ESPECIE	SECTOR	Hg (mg/kg)
2013	EL Oro	Mytilidae	<i>Mytilus edulis</i>	La puntilla	0,02
2013	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea sp.</i>	La puntilla	0,03
2014	EL Oro	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>	Machala	1,1
2014	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea iridescens</i>	Machala	0,17
2015	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puerto Hualtaco	0,65
2015	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puerto Pitahaya	0,28
2015	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puerto Jeli	0,24
2015	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Puerto Bolivar	0,13
2016	EL Oro	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Machala	0,4
2016	Guayas	Mytilidae	<i>Mytilus edulis</i>	Puerto del El Morro esteros del Cantón Balao	0,09
2016	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i>		0,36
2018	Guayas	Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	Estero salado	0,23
2018	Guayas	Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	Estero salado	1,44

Elaborado por: Banguera, 2021

Fuente: (Quiñonez, 2014); (Senior, Cornejo, Ramírez, & Marquez, 2015); (Castro K. , 2015); (Chilán & Montalván, 2016); (Carrasco & Webster, 2016); (Callea, y otros, 2018)

Anexo 4. Nivel de concentración de metales pesados en la Familia Mytilidae y Ostreidae

METALES PESADOS	FAMILIA	mg/kg
CADMIO (Cd)	Mytilidae	0,7
	Ostreidae	4,8
PLOMO (Pb)	Mytilidae	1,2
	Ostreidae	2
MERCURIO (Hg)	Mytilidae	0,6
	Ostreidae	0,3

Elaborado por: Banguera, 2021

Fuente: (Mero, 2010); (Navarrete, Morales, Domínguez, & Marín, 2019); (Jiménez, 2012); (Kuffó, 2013); (Quiñonez, 2014); (Rodríguez, 2013); (Senior, Cornejo, Ramírez, & Marquez, 2015); (Castro K. , 2015); (Chilán & Montalván, 2016); (Carrasco & Webster, 2016); (Castro R. , 2017); (Callea, y otros, 2018);

Anexo 5. Nivel de concentración de metales pesados en la provincia del Guayas y El Oro

METALES PESADOS	PROVINCIA	mg/kg
CADMIO (Cd)	Guayas	2,07
	El Oro	3,7
PLOMO (Pb)	Guayas	1,42
	El Oro	1,72
MERCURIO (Hg)	Guayas	0,53
	El Oro	0,33

Elaborado por: Banguera, 2021

Fuente: (Mero, 2010); (Navarrete, Morales, Domínguez, & Marín, 2019); (Jiménez, 2012); (Kuffó, 2013); (Quiñonez, 2014); (Rodríguez, 2013); (Senior, Cornejo, Ramírez, & Marquez, 2015); (Castro K. , 2015); (Chilán & Montalván, 2016); (Carrasco & Webster, 2016); (Castro R. , 2017); (Callea, y otros, 2018);