



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

**EVALUACION DE LA BIOACUMULACIÓN DE METALES
PESADOS EN BIVALVOS EN PROVINCIAS COSTERAS DEL
ECUADOR POR MEDIO DE RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

TRABAJO PRÁCTICO

Previo a la obtención del título de:
Biólogo marino

Autor:

WILLIAMS STEVEN CHALEN SANTOS

Tutor:

BLGA. MARÍA HERMINIA CORNEJO RODRÍGUEZ, PH.D.

LA LIBERTAD – ECUADOR
2021

TRIBUNAL DE GRADO



Firmado electrónicamente por:
**MAYRA MAGALI
CUENCA ZAMBRANO**

Blga. Cuenca Zambrano Mayra, MSc.

DECANA

FACULTAD CIENCIAS DEL MAR



Firmado electrónicamente por:
**JIMMY AGUSTIN
VILLON MORENO**

Ing. Villón Moreno Jimmy, MSc.

DIRECTOR

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

**MARIA
HERMINIA
CORNEJO
RODRIGUEZ**

Firmado digitalmente
por MARIA HERMINIA
CORNEJO
RODRIGUEZ
Fecha: 2022.07.06
10:03:04 -05'00'

Blga. Cornejo Rodríguez María, Ph.D. DOCENTE
TUTOR



Firmado electrónicamente por:
**MERY ROSARIO
RAMIREZ MUNOZ**

Q: F. Ramírez Muñoz Mery, MSc.

DOCENTE DE ÁREA

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero que nada a Dios que me da fortaleza y la vida para seguir esforzándome por mis metas día a día.

A mi padre Williams Chalen por haber sido parte de cada uno de los procesos que desarrollé en mi carrera universitaria, por la paciencia y el esfuerzo que realizó para facilitarme los estudios.

A demás integrantes de mi familia, por el apoyo que me brindaron en determinados momentos.

A los docentes que me formaron y guiaron para poder ser un profesional con ética y responsabilidad.

RESUMEN

Se planteó llevar a cabo la recopilación bibliográfica con respecto a los metales pesados y la bioacumulación en los bivalvos en estudios realizados en el Ecuador, recabando la información necesaria para especificar los tipos de metales pesados que se han estudiado, así como las provincias costeras en donde fueron evaluados, cuyos datos permitieron identificar los sitios con mayor concentración de estos metales y la susceptibilidad de las diferentes especies para un determinado metal, lo que permita a futuro disminuir la captura y comercialización de los organismos bioacumuladores que, puedan causar enfermedades posterior a su consumo; se establecieron los niveles promedio de cada metal pesado que, se presentaron en cada una las especies de bivalvos registradas comparándolas con los Límites Máximos de Permisibilidad (LMP), donde se pudo determinar que en el país han sido evaluadas 7 especies de bivalvos con la presencia mayoritaria de 4 metales pesados: Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Arsénico (As) y Plomo (Pb), y en menores proporciones los metales: Cromo (Cr) y Cobre (Cu), llevadas a cabo únicamente en las provincias de Esmeraldas, El Oro y Guayas, la especie *Anadara tuberculosa* fue la que obtuvo mayores niveles de bioacumulación dada su capacidad de captación de los metales: As con 1,55 mg/Kg en manglares de San Lorenzo-Esmeraldas y Pb con 7,7 mg/Kg en Estero Huaylá-El Oro; *Anadara similis* tuvo mayor capacidad de captación del Pb con 8,5 mg/Kg y Hg con 618,7 mg/Kg en Estero Huaylá-El Oro; *Cassostrea columbiensis* bioacumuló en mayores proporciones el Cd con 7,24 mg/Kg en 4 puertos importantes de El Oro, mientras *Mytella guayanensis* presentó mayor tendencia en la acumulación del Cu en sus tejidos con 26,4 mg/Kg en el Estero de Balao-Guayas.

Palabras claves: Bioacumulación, bivalvos, metales pesados, permisibilidad, Ecuador.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos específicos	4
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1 Bivalvos	5
1.1.1 Morfología	6
1.1.2 Tejido Blando.....	7
1.1.3 Hábitat	9
1.1.4 Reproducción	9
1.1.5 Ciclo de vida	10
1.1.6 Alimentación	10
1.2 Metales pesados.....	10
1.2.1 Mercurio.....	11
1.2.2 Plomo	12
1.2.3 Arsénico	13
1.2.4 Cadmio	14
1.2.5 Cobre.....	14
1.2.6 Cromo.....	15
1.3 Bioacumulación	15
1.3.1 Moluscos como bioindicadores de metales pesados	16
2. METODOLOGÍA	18
2.1 Recopilación bibliográfica	18
2.2 Límites de concentración de metales pesados en bivalvos	21
2.2.1 Límite Máximo de Permisibilidad (LMP).....	21

3. RESULTADOS.....	22
3. 1 Metales pesados registrados en bivalvos en el Ecuador	22
3.1.1 Metales pesados registrados en la Provincia de Esmeraldas	22
3.1.2 Metales pesados registrados en la Provincia de El Oro	24
3.1.3 Metales pesados registrados en la Provincia de Guayas	26
3.1.4 Otros metales pesados	28
3.2 Cuadro comparativo de las especies de bivalvos con respecto a los metales pesados que se han registrado en cada provincia.	29
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
4.1 Conclusiones	31
4.2 Recomendaciones	33
BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXOS.....	43
Glosario	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Número de estudios realizados con respecto a metales pesados por Provincias, de acuerdo a las Universidades o Instituciones y los investigadores implicados. 19

Tabla 2.- Valores expresados en mg/Kg, correspondientes a los Límites Máximos de Permisibilidad (LMP) de metales pesados en bivalvos con fines alimenticios de acuerdo varias Legislaciones. 21

Tabla 3.- Diferentes metales pesados presentes en las especies de bivalvos y sus cantidades respectivas en mg/Kg. 30

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.-** Características internas y externas de las valvas del bivalvo chirla mercenaria..... 6
- Figura 2.-** Anatomía del tejido blando interno de una almeja del género *Tapes*.8
- Figura 3.-** Anatomía del tejido blando de la ostra plana, *Ostrea edulis*, y de la vieira Calico, *Argopecten gibbus* 8
- Figura 4.-** Zonas seleccionadas para el estudio de metales pesados en las provincias de Esmeraldas, Guayas y El Oro; con sus respectivos números de estudios por sitio. 20

INTRODUCCIÓN

En los ecosistemas marinos se encuentra uno de los filos más predominantes del reino animal, los moluscos, solo detrás de los crustáceos (Della Lucia, et al., 2002). Una de las Clases más importantes que podemos encontrar dentro de este Filo son los de la Clase Bivalvia, organismos cuyos representantes están conformados por dos valvas unidas dorsalmente, por dientes y ligamento, con ausencia de rádula en el digestivo anterior; poseen un pie muscular generalmente en forma de “hacha” que se encuentra comprimido lateralmente (Darrigan, 2013).

Los bivalvos representan organismos de alto valor comercial y de importante intervención ecosistémica, dada su capacidad de bioacumular componentes tóxicos químicos, tales como metales pesados, lo mismos que aumentan sus cantidades exponencialmente en relación a la cadena trófica, resultando nocivos para la salud humana.

Este trabajo de investigación recopila información con respecto a la bioacumulación de metales pesados en diferentes especies de bivalvos reportados en 3 Provincias costeras del Ecuador, detallando su nivel de concentración en el tejido blando, comparando su nivel de captación con el Límite Máximo Permisible (LMP), obtenido de diversas legislaciones a nivel mundial que citen el contenido límite de metales pesados en moluscos bivalvos, elaborando a la vez un cuadro organizativo recabando la información bibliográfica resumida y detallada.

JUSTIFICACIÓN

Los bivalvos representan el segundo organismo marino de mayor comercialización, siendo la clase de moluscos con mayor demanda dentro de los mercados ecuatorianos, poseen la particularidad biológica de ser organismos filtradores y ser a la vez mediadores de la contaminación de los ecosistemas marinos, cuya capacidad les permite concentrar cantidades considerables de compuestos químicos que se encuentran en el medio abiótico e incluso biótico.

Se ha comprobado que, algunos contaminantes químicos tras diversas reacciones con el agua de mar llegan a disociarse en partículas de metales pesados, los cuales desencadenan alteraciones fisiológicas en los organismos provocando descensos en los niveles de sobrevivencia y de reproductividad de las especies.

Los ecosistemas acuáticos son muy susceptibles a la contaminación por metales pesados en estuarios, ríos y mares en general, los ecosistemas marinos del Ecuador no están exentos de esta contaminación. Estos compuestos químicos ajenos al medio abiótico ingresan por 3 diferentes vías a los cuerpos de agua: la atmosférica, la terrestre y la directa; está última vía, vinculada a las actividades antropogénicas, y es la que mayores cantidades de metales pesados ha desencadenado en los medios acuáticos.

Entre las fuentes de origen antropogénico están las aguas servidas de las grandes ciudades, de las poblaciones asentadas en las orillas y aquellas provenientes de las actividades industriales, además de las actividades ganaderas, agrícolas y acuícolas donde se produce la liberación de metales pesados como cadmio y plomo, los cuales tienen gran interés de estudio por su alta toxicidad y fácil bioacumulación en los bivalvos.

Este trabajo práctico propone como objetivo definir los tipos de metales pesados que se bioacumulan en el tejido blando de los bivalvos en el Ecuador, comparando el nivel de su concentración con el Máximo Límite Permisible (LMP, por sus siglas en inglés), lo que permitirá conocer el grado de contaminación de los ecosistemas con respecto a los diferentes metales y sus fuentes de contaminación, conociendo de esta forma la factibilidad de la captura y comercialización de determinadas especies de bivalvos en los ecosistemas del margen marino costero ecuatoriano, evitando así, enfermedades derivadas por la ingesta de organismos contaminados tras su consumo que, puedan causar afectaciones a la salud humana.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la bioacumulación de los metales pesados en el tejido blando de las especies de bivalvos en provincias costeras del Ecuador por medio de recopilación bibliográfica con la finalidad de conocer si dichos niveles de bioacumulación en los organismos son permisibles y sean aptos para el consumo humano.

Objetivos específicos

- Analizar cada uno de los tipos de metales que se encuentren registrados en las provincias de la región Costa del Ecuador, haciendo énfasis en el nivel de captación que tiene las especies para un determinado metal.
- Comparar los niveles promedios de bioacumulación de los metales pesados detallados en el Ecuador con los Límites Máximos de Permisibilidad (LMP) detallados de diferentes Legislaciones a nivel mundial.
- Organizar un cuadro comparativo de las especies de bivalvos registradas con respecto a los diferentes metales pesados y sus niveles de bioacumulación evaluados.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Bivalvos

También llamados Pelecípodos, estos organismos representan una de las clases más abundantes del Filo de los Moluscos después de los Gasterópodos, son comprimidos lateralmente y, las partes blandas del cuerpo están completa o parcialmente recubiertas por la concha, la misma que está formada por dos valvas unidas por una charnela. Las branquias o ctenidios de los animales de esta clase son órganos bien desarrollados y especializados para la alimentación, así como para la respiración (Buxadé, 1997).

Los bivalvos poseen mecanismos de evasión ante diferentes contaminantes, especies del Género *Mytilus sp.* se liberan de su bicho cuando están sometidos a agentes irritantes, que les permite ser arrastrados por las corrientes hasta lograr reubicarse en zonas con menor grado de contaminación (Almeida *et al.*, 2003), otras especies tienen la capacidad de aislarse por horas cerrando sus valvas herméticas, cuando las condiciones ambientales se tornan adversas, siendo ese un comportamiento característico, que se produce como reacción en los bivalvos ante estímulos ambientales y principalmente antropogénicos (Galtsoff, 1964).

De acuerdo a Klerks & Weis, (1987)., se han llegado a identificar 3 estrategias producto de la persistencia de poblaciones de bivalvos en aguas contaminadas, siendo: tolerancia, aclimatación y adaptación, estas estrategias de supervivencia ante la presencia de contaminantes, se desencadenaron a partir de la exposición previa de los organismos a dosis subletales de metales pesados, que permitió a las poblaciones evolucionar resistencia genética por medio de selección natural de individuos con resistencias diferenciales.

1.1.1 Morfología

Los representantes de esta Clase, tienen características morfológicas tanto externas (las partes que conforman las valvas) como internas (dentro de las valvas) que los diferencian; siendo las primeras las más determinantes al momento de identificar un organismo taxonómicamente.

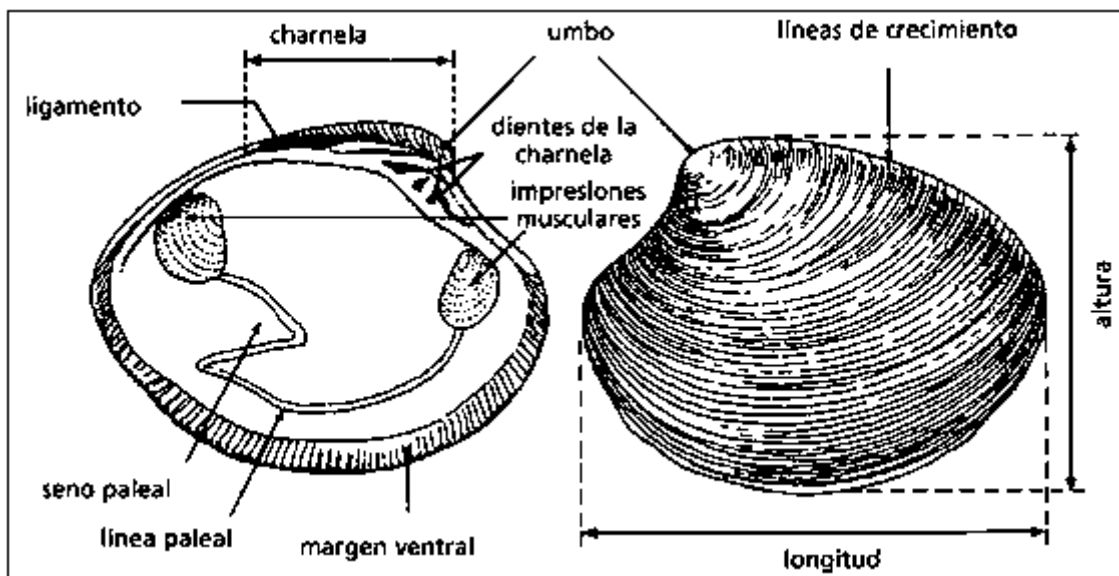


Figura 1.- Características internas y externas de las valvas del bivalvo chirla mercenaria.

Fuente: FAO, (2006)

Modificado: de Cesari y Pellizzato, 1990

1.1.1.1 Morfología externa

En el exterior se puede apreciar líneas en las conchas que son las estrías de crecimiento. Las valvas se articulan unas con otras por medio de un eje o charnela y los músculos aductores se encargan del cierre de las mismas. El pie es utilizado por estos animales para la locomoción, en muchos casos esta función es prácticamente inexistente por lo que su pie está muy reducido e incluso puede desempeñar otras funciones (Castillejo, 1998).

Las conchas de los bivalvos presentan una superficie externa con una serie de líneas concéntricas al umbo, que se encuentran marcadas en unas especies más que en otras y se denominan líneas de crecimiento, en estas líneas anteriormente mencionadas se superponen líneas radiales que parten del umbo en dirección ventral (Alonso *et al.*, 2011).

1.1.1.2 Morfología interna

Cuerpo blando no segmentado, acéfalos; poseen un manto que es una lámina de tejido formada por dos lóbulos, los cuales están fusionados dorsalmente con la masa visceral. A su vez los bordes de los dos lóbulos pueden estar parcialmente fusionados entre si formando sifones.

Otra estructura que nace del interior es el denominado pie muscular, que es un cuerpo musculoso en forma de hacha, razón por la que se llaman también Pelecypoda que sirve indispensablemente para desplazarse en los bentos y para excavar en arena o rocas. La gran mayoría de los bivalvos poseen un par de branquias (Lamelibranchia) de característica laminar (Castillejo, 1998).

1.1.2 Tejido Blando

El tejido blando en bivalvos se puede visualizar, una vez se han retirado las valvas. Entre los órganos pertenecientes al tejido blando se encuentran: el músculo aductor, branquias, gónada, testículo, ligamento, manto y umbo. Así mismo, también pueden observarse las cámaras inhalante y exhalante de la cavidad del manto (Helm *et al.*, 2013).

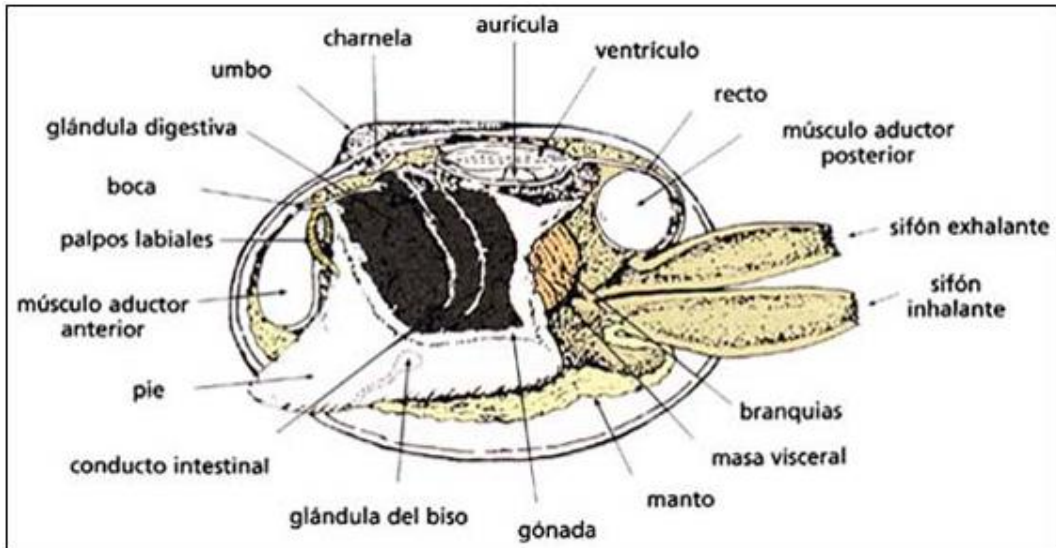


Figura 2.- Anatomía del tejido blando interno de una almeja del género *Tapes*.

Fuente: FAO, (2006)

Modificado: de Cesari y Pellizzato, 1990

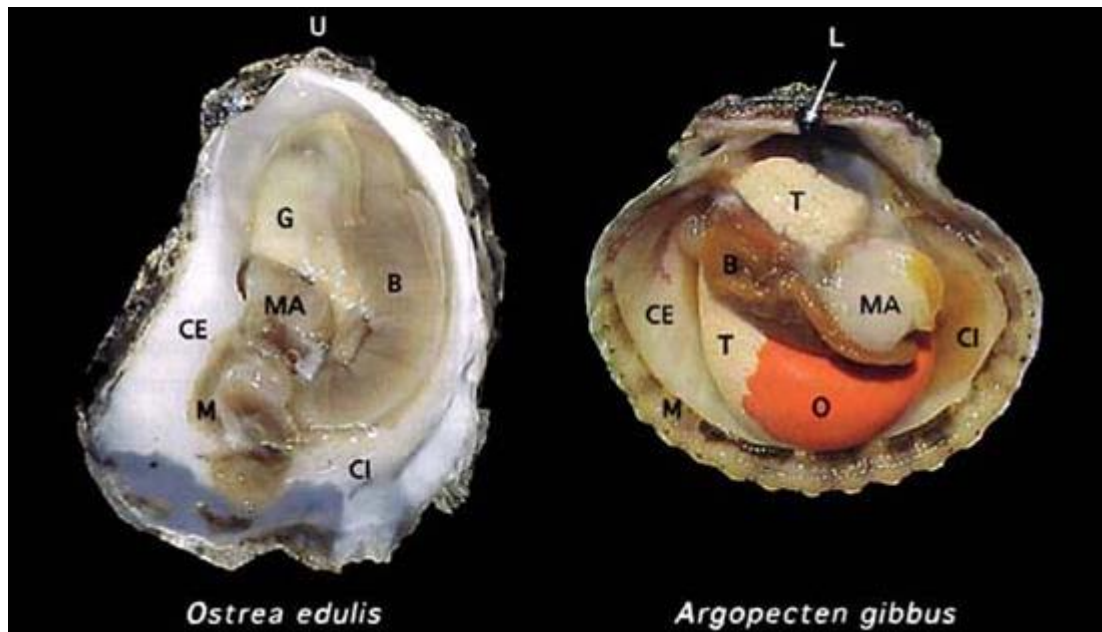


Figura 3.- Anatomía del tejido blando de la ostra plana, *Ostrea edulis*, y de la vieira Calico, *Argopecten gibbus*, visible después de haber retirado una de las valvas de la concha. **MA** - músculo aductor; **B** - branquias; **G** - gónada (diferenciada en **O** - ovario y **T** - testículo en la vieira Calico); **L** - ligamento; **M** - manto y **U** - umbo. Las cámaras inhalante y exhalante de la cavidad del manto se identifican como **CI** y **CE** respectivamente.

Fuente: FAO, (2006)

Modificado: de Cesari y Pellizzato, 1990.

1.1.3 Hábitat

La gran mayoría de los bivalvos son parte de la fauna de los ecosistemas marinos asociados principalmente al medio bentónico blando donde excavan para enterrarse a una profundidad considerable, también denominados bivalvos infaunales (Brusca y Brusca, 2005). Existen otros bivalvos como los mejillones que viven adheridos al sustrato denominados epifaunales; mientras otros pueden ser nadadores o libres perdiendo casi por completo el músculo aductor (Darrigran, 2013).

Se ha llegado a determinar que, para establecer el hábitat para bivalvos se consideran tres aspectos de relevancia y que están interrelacionados entre sí, estos son: forma de vida, forma de locomoción y forma de alimentación (Stanley, 1970).

1.1.4 Reproducción

La gran mayoría de los bivalvos son dioicos, es decir, que biológicamente presentan dimorfismo sexual con sexos separados, el órgano principal del sistema reproductor de los bivalvos son las gónadas; en los organismos maduros sexualmente las gónadas ocupan la mayor parte del cuerpo, alojándose principalmente en el manto. Las paredes de los folículos se encargarán de sintetizar las células sexuales que son espermatozoides en machos y ovocitos en hembras, en el momento del apareamiento, los productos sexuales son expulsados a la cavidad paleal por el poro genital, saliendo al exterior por el sifón exhalante; esta expulsión de esperma y ovocitos tiene varios patrones ya que, pueden realizarse de golpe o en varias veces de forma sincronizada, tras la finalización de las puestas los bivalvos tienden a perder casi la mitad de su peso (Castillejos, 1998).

1.1.5 Ciclo de vida

Una vez que se ha dado la fecundación y creación del huevo, en su ciclo biológico pasarán por dos estadíos larvarios que son la larva trocófora y la larva velíger (Castillejos, op. cit.); posteriormente se convierten en *crías* hasta llegar a la adultez.

1.1.6 Alimentación

Los bivalvos se alimentan a través de un sistema de filtración; casi todos dependen de la actividad de las corrientes ciliares que se producen por acción de las branquias, siendo su alimentación a base de fitoplancton, zooplancton y detrito de la columna de agua (Castillejos, 1998).

En los bivalvos juveniles y adultos, se encuentran mucho más desarrollados los ctenidios o branquias, los mismos que ejercen la doble función de alimentación y respiración (Helm *et al.*, 2011).

1.2 Metales pesados

Los metales pesados son definidos dentro del ámbito ambiental como aquellos elementos químicos metálicos con pesos atómicos altos, entre los que se ha comprobado su peligro al medio natural. Algunos de estos metales son: mercurio, cadmio, arsénico, plomo, cromo y cobre; los cuales resultan nocivos para los seres vivientes en pequeñas concentraciones y presentan la particularidad de bioacumularse desde organismos de menor tamaño a organismo de mayor tamaño, acorde a la cadena trófica (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2012).

De acuerdo a Rosas (2005), los medios acuático, estuarino y marino son los más expuestos a elementos extraños y, a diversos contaminantes como los metales pesados, que provienen de las tres principales vías que se mencionó anteriormente:

Vía Atmosférica. - Se da principalmente por la sedimentación de partículas emitidas a la atmósfera a través de fenómenos naturales como las erupciones volcánicas o los incendios forestales; así como por factores antropogénicos como lo son los productos de industrialización, principalmente quema de combustible fósiles y procesos de fundición de metales.

Vía Terrestre. - Por esta vía, se ha determinado que las escorrentías superficiales transportan metales pesados principalmente en terrenos contaminados derivados de minas, lixiviación de residuos sólidos, precipitación atmosférica y otras diversas causas.

Vía Directa. - Se menciona la intervención directa del ser humano con el vertido de aguas residuales industriales y de aguas residuales urbanas cercanos en los cauces fluviales.

Acorde a Nordberg *et al.*, (2009), se asignan y emplean términos específicos para explicar o describir la conducta de los contaminantes (metales pesados) en relación con los sistemas biológicos (tejidos/metabolismo de organismos).

1.2.1 Mercurio

Acorde a Miller, (2002), el grado de toxicidad, en el que pueda afectar el mercurio depende de la forma química en que se halle en el medio; puede estar en mercurio elemental (Hg^0), mercurio iónico (Hg^{+2} , Hg^{+1}) y por último como mercurio orgánico metálico (HgCH_3), este último es también conocido como metilmercurio el cual se considera como la forma química más nociva para los animales y el ser humano.

Otras de las formas químicas en que se pueden encontrar el mercurio son el mercurio orgánico y el inorgánico, los cuales a pesar de su menor toxicidad poseen la tendencia de acumularse por largos períodos de tiempo en los organismos. Es importante recalcar que dentro de los ecosistemas marinos, la bioacumulación de mercurio, se razón por la que se emplea a bivalvos como organismos monitores de contaminación, y producto de la biomagnificación del

Hg en sus tejidos, lo que puede posteriormente, afectar al consumidor (Barwick & Maher, 2003).

Se había ya mencionado que una de las formas orgánicas en que se halla el Mercurio en el medio acuático, es como metilmercurio, el cual es el resultado de la biometilación en los ciclos biológicos de los organismos, dada la participación específica de la metil-B12, siendo la coenzima encargada de realizar la transformación de las sales del mercurio inorgánico a metilmercurio y dimetilmercurio (Suk *et al.*, 2009).

1.2.2 Plomo

Dentro de la rama química el plomo, Pb, presenta el número 82 y un peso atómico de 207; este es utilizado como herramienta en la fabricación de elementos azulosos, y también de muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos. Cabe destacar que dentro de las diferentes industrias los compuestos más importantes son óxidos y tetraetilo de plomo, que a su vez puede formar aleaciones con estaño, cobre, arsénico, bismuto, cadmio y sodio (Rahimi, 2013).

Es importante señalar que los minerales que se comercializan ya fundidos, suelen tener plomo en un rango del 3% al 10%, mientras que estos mismos minerales antes de fundirse pueden acumular hasta 40% o incluso más contenido de plomo (Rahimi, 2013). Lanphear *et al.* (2012) reportan que los productos creados o derivados del plomo para las actividades humanas poseen un aditivo antidetonante en la gasolina, baterías, en monitores de computadores y pantallas de televisión, así como otros productos cotidianos de uso diario.

La absorción de cantidades considerables de plomo trae un grave riesgo de salud pública; es así que se ha determinado que llega a causar retraso del desarrollo mental e intelectual en los niños, mientras que en los adultos provoca hipertensión y enfermedades cardiovasculares; la ingestión de plomo por

alimentos como bivalvos provoca intoxicaciones, procedentes de áreas contaminadas (Agency for toxic substances and disease control, 2011).

De acuerdo a International Programme on Chemical Safety, (PCF, 1998), la absorción de plomo por vía oral se acumula en un 10% en adultos, cuyas cantidades pueden incrementarse alarmantemente hasta un 50% en niños; una vez absorbido el plomo en el cuerpo, se distribuye en riñón, hígado, encéfalo y huesos por semejanza con el calcio, el plomo encuentra como su mayor depósito a los huesos hasta por 20 años; interfiriendo en la síntesis y función del calcio, inhibe la síntesis de hemoglobina y causa daño neurológico.

1.2.3 Arsénico

Este metal con número atómico 33, tiene la propiedad de perpetuarse y distribuirse con facilidad en el medio ambiente, siendo uno de los metales más radioactivos, su forma metálica se caracteriza por ser un conductor térmico y eléctrico fácil de romper y de baja ductibilidad (ACSA, 2009).

En el medio natural, el Arsénico, As, se encuentra como un mineral del arsénico, siendo el FeAsS (arsenopirita), el mismo que se usa en tratamiento de maderas, herbicidas, pesticidas, bronceadores de piel y otros (ACSA, 2009).

Los síntomas agudos en animales como cerdos y aves tras la ingestión del arsénico o sus derivados, aparecen en un lapso de tres a cinco días después de exposición a niveles elevados, entre los síntomas registrado están la falta de coordinación, ataxia, llegando posteriormente a causar la parálisis del cuerpo (Melanen *et al.*, 2012)

El As está clasificado en el grupo I de sustancias cancerígenas por IARC. Los registros de enfermedades por arsénico en humanos, citan la toxicidad crónica por arsénico, que causa lesiones en piel (queratosis, hiperqueratosis, hiperpigmentación) y provoca tras su ingestión lesiones vasculares en sistema nervioso e hígado (Moreno, 2013). Cuando las exposiciones al As son dosis

elevadas, estas son letales, provocando fiebre, hepatomegalia, melanosis, arritmia cardíaca, neuropatía periférica, anemia y leucopenia (WHO, 2005).

1.2.4 Cadmio

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

Existen problemas en la salud a largo plazo, tras la ingesta de cadmio, posterior a su exposición están la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y enfisema, así como enfermedad crónica de los túbulos renales. Además, entre los mecanismos de absorción del cadmio se la vía gastrointestinal, la absorción aumenta por deficiencias de calcio y hierro en la dieta, y por dietas con bajo contenido de proteína.

También puede haber efectos sobre los sistemas cardiovascular y esquelético (Klaassen *et al.*, 2001), el cadmio se transporta en la sangre por la unión a eritrocitos y proteínas de alto peso molecular en el plasma, en particular la albúmina (Klaassen *et al.*, 2001). Alrededor de 50 a 75% de la carga corporal de cadmio se encuentra en el hígado y los riñones. Aunque se desconoce con exactitud la vida media en el organismo, esta puede ser de hasta 30 años (Scoullou *et al.*, 2001).

1.2.5 Cobre

Posee número atómico 29, es un metal no ferroso, su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas y eléctricas, además gran parte del cobre natural a nivel mundial se obtiene de los sulfuros minerales como la calcocita, covelita, calcopirita, bornita y enargita, de cientos de compuestos

fabricados de manera industrial, el más importante es el sulfato de cobre (Ramakritinan, 2012).

Tras haber estado expuesto a altas cantidades de sulfato de cobre se puede producir necrosis hepática y muerte. Se han reportado lesiones a partir de la conservación de alimentos en recipientes de cobre generando lesiones hepáticas en niños (Ramakritinan, 2012). También se ha reportado investigaciones alegando que, puede generar diversas alteraciones como: anemia hipocrómica, disminuyendo la tasa de crecimiento, diarreas, cambios de coloración del pelo o de lana, ataxia neonatal, alteración del crecimiento, infertilidad temporal e insuficiencia cardíaca (García *et al.*, 2012; Dhir & Kumar, 2012).

1.2.6 Cromo

Es un metal pesado que se localiza en el grupo VI-B de la tabla periódica, dentro de las industrias posee varias formas de aplicación y, a menudo, causa contaminación ambiental tanto de ecosistemas marinos como acuíferos (Losi *et al.*, 1994).

El cromo, siendo un metal de transición, puede existir en numerosos estados de oxidación, las más estables de este metal es el cromo trivalente y el cromo hexavalente, la forma trivalente del cromo, afecta de forma intracelular, ya que puede alterar la replicación y transcripción del ADN causando efectos mutagénicos (Beyersmann & Hartwig, 2008), sin embargo, el cromo (VI) es considerado la especie más tóxica y carcinogénica (Codd *et al.*, 2001).

1.3 Bioacumulación

La bioacumulación es una particularidad que tienen determinados organismos como bivalvos para concentrar contaminantes en sus tejidos, lo cual implica el aumento progresivo de la cantidad de sustancia en los tejidos de un organismo. Es importante señalar que se considera bioacumulación cuando la velocidad de absorción de un contaminante supera la capacidad del organismo para eliminar

la sustancia ajena a estos; sin embargo, el grado de acumulación de un contaminante dependerá de factores tales como: la naturaleza química del contaminante, el tipo de organismo, su estado fisiológico, la temperatura del agua y la salinidad (Coto, 2014).

Existe un mayor riesgo de intoxicación por metales pesados por la ingestión de alimentos contaminados (sobre todo productos marinos bioacumuladores), ya que estos se van acumulando y biotransformando a través de la cadena trófica, mientras que los riesgos derivados de la ingestión de agua contaminada por metales pesados son mínimos por su baja solubilidad en agua (Coto, 2014).

1.3.1 Moluscos como bioindicadores de metales pesados.

Todo organismo es un indicador de las condiciones del medio en el cual se desarrolla y, ya que solo su existencia en un espacio y momento determinado responde a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales (Layana, 2013).

Para que un organismo sea determinado como bioindicador ideal tiene que tener ciertos requisitos: ser abundante, sedentario, de fácil identificación, poder muestrearlos durante todo el año y aclimatables a condiciones experimentales (Phillips & Rainbow, 1993).

Viarengo *et al.* (1998), mencionan que las propiedades de los metales pesados han permitido que logren asociarse a una serie de modificaciones y adaptaciones fisiológicas en los moluscos, especialmente en bivalvos, puesto que están capacitados para tolerar estos compuestos y adaptarse al medio de forma selectiva. En función de esto a creciente selección de moluscos bivalvos como objeto de estudio, los visualiza como organismos centinelas (Kimbrough, 2008).

Por otro lado, Mero (2010) señala la importancia que tiene el estudio de los metales pesados en aguas, sedimentos y que como ya se ha señalado, los

bivalvos, tiene una alta capacidad de acumular estos metales en sus tejidos blandos, aunque los efectos de su toxicidad no se puedan detectar fácilmente a corto plazo: sin embargo, si puede haber una incidencia muy importante a mediano y largo plazo.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Recopilación bibliográfica

Se realizó la recopilación de información bibliográfica en temas referentes a la contaminación ambiental, haciendo énfasis en la incidencia de los metales pesados que se han encontrado en moluscos de la Clase Bivalvos en diferentes zonas dentro del margen marino-costero del Ecuador.

Aplicando un análisis comparativo se logró cumplir con el primer objetivo, a partir de los resultados de estudios referentes a metales pesados que se han registrado de diferentes Instituciones de Educación Superior, siendo utilizados para su elaboración: 7 tesis de grados, 4 tesis de maestría, 2 revistas científicas y 2 artículos científicos (Tabla 1).

La información empleada para realizar los análisis, se recolectaron de diferentes ecosistemas de las provincias de Esmeraldas, Guayas y El Oro, así mismo, se consideró las cantidades promedios en mg/Kg de los diferentes metales pesados tales como: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Cobre (Cu) y Cromo (Cr) que, se bioacumulan en el tejido blando de los bivalvos, los mismos datos que servirán para determinar si las cantidades establecidas por los estudios realizados exceden el Límite Máximo de Permisibilidad (LMP) para los bivalvos de los ecosistemas estudiados, cumpliendo de esa forma el segundo objetivo específico establecido por este estudio.

El cumplimiento del tercer objetivo específico, se basó en la elaboración de un cuadro comparativo, citando a cada una de las especies de bivalvos que se hayan registrado con niveles de metales pesados, especificando cada uno de los metales pesados que se encontraron, considerando la susceptibilidad que tienen los diferentes bivalvos para concentrar un determinado metal por sobre otro.

Tabla 1.- Número de estudios realizados con respecto a metales pesados por Provincias, de acuerdo a las Universidades o Instituciones y los investigadores implicados.

Provincia	No. de estudios	Institución / Universidad	Investigadores	
Esmeraldas	3	1	Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE).	Mendoza, H. (2014).
		1	Universidad Agraria del Ecuador.	Arizaga, R., & Lemos, E. (2016)
		1	Universidad de Guayaquil.	Cedeño, M., & Zambrano, D. (2017).
El Oro	5	1	Universidad Técnica de Machala	Castro, K. (2015).
		1	Universidad Técnica de Machala – Universidad Estatal Península de Santa Elena	Senior, W. (2015).
		1	Revista Ciencia UNEMI- Universidad Estatal de Milagro.	Collaguazo, Y.; Ayala, H. & Machuca, G. (2017).
		1	Centro de Investigaciones Biológicas.	Tobar, J.; Ramírez-Muñoz, M.; Fermín, I. & Senior, W. (2017).
		1	Universidad del Azuay	Siguenza, J. (2016).
Guayas	7	6	Universidad de Guayaquil	<ul style="list-style-type: none"> • Arcos V. y R. Castro, (2000) • Mero, M. (2010). • Jiménez, D. (2012). • Kuffó, A. (2013). • Rodríguez, F. (2013). • Castro, R. (2017).
		1	Universidad del Azuay	Carrasco, R., & Webster, R. (2016).

Elaborado por: Chalen, 2021.

Zonificación de estudio

Las zonas que presentaron estudios con respecto a la bioacumulación de metales pesados en bivalvos, se distribuyeron en 3 provincias costeras del Ecuador, con distintos ecosistemas, distribuyéndose en 6 esteros, 4 puertos, 4 manglares y 2 ríos, especificando que el Estero Salado y el Estero Huaylá son los más estudiados con 3 y 4 investigaciones respectivamente (Figura 1).



Figura 4.- Zonas seleccionadas para el estudio de metales pesados en las provincias de Esmeraldas, Guayas y El Oro; con sus respectivos números de estudios por sitio.

Fuente: Google sites

Modificado: Chalen, 2021.

2.2 Límites de concentración de metales pesados en bivalvos

Los niveles de concentración de metales pesados en las especies de bivalvos se ejemplificarán en valores de mg/Kg, cuyos niveles se compararon con los límites permisibles establecidos por diversas Legislaciones a nivel Mundial.

2.2.1 Límite Máximo de Permisibilidad (LMP)

Los valores correspondientes a los límites máximos permisibles de metales pesados en bivalvos, se recopilaron de las Legislaciones de varias Regiones/Países, entre los cuales se encuentran: Legislación de Unión Europea, Legislación China, Legislación de FAO-OMS, Legislación de Brasil y la Legislación de Australia-Nueva Zelanda.

Esta legislación varía de una región a otra, siendo el metal pesado con mayor caracterización acorde a sus valoraciones respectivas, el Arsénico (As), presente en más de 5 Legislaciones de distintas regiones con un margen de 0,2-2,0 mg/Kg (Tabla 2).

Tabla 2.- Valores expresados en mg/Kg, correspondientes a los Límites Máximos de Permisibilidad (LMP) de metales pesados en bivalvos con fines alimenticios de acuerdo varias Legislaciones.

Metal Pesado	Límites Máximos de permisibilidad			
Arsénico (As)	0,2 mg/Kg (FAO-OMS)	0,5 mg/Kg (UE)	1,0 mg/Kg (Aus- NZ)	2,0 mg/Kg (China)
Cadmio (Cd)	1,0 mg/Kg (UE)	2,0 mg/Kg (Aus-NZ)		
Cobre (Cu)	5,0 mg/Kg (Aus-NZ)	30,0 mg/Kg (Brasil)	50,0 mg/Kg (China)	
Cromo (Cr)	1,2 mg/Kg (UE)	2,0 mg/Kg (China)		
Mercurio (Hg)	0,5 mg/Kg (UE)			
Plomo (Pb)	1,5 mg/Kg (UE)			

Fuentes: Unión Europea, (2014).; Legislación China, (2015); FAO-OMS, (2012).; Legislación brasileña (2014).; Legislación de Australia y Nueva Zelanda, S/F.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Metales pesados registrados en bivalvos en el Ecuador

Se han llevado a cabo el estudio de metales pesados en 3 provincias costeras del Ecuador (Esmeraldas, El Oro y Guayas), la Provincia del Guayas presentó 7 estudios realizados, establecida como la mayor cantidad registrada por provincia, siendo el Golfo de Guayaquil y varios de sus esteros (El Salado, Chupadores, Cruces y Loras) los más estudiados. En la Provincia de El Oro se presentaron 5 estudios realizados, la gran mayoría de ellos se realizaron en el estero Huaylá, un sitio altamente contaminado ubicado al suroeste de Machala. Mientras en la Provincia de Esmeraldas se han realizado solo 3 estudios en varios ecosistemas manglares siendo únicamente los manglares de San Lorenzo y Muisne donde se registraron valores de Arsénico superiores a los permitidos por las legislaciones ambientales a nivel mundial.

La especie que se evaluó en mayor cantidad de acuerdo a las investigaciones realizadas fue *Anadara tuberculosa* (concha prieta), presente en estudios en las tres provincias mencionadas. La importancia en la determinación de metales pesados que se bioacumulan en este organismo, se debe a la importancia dentro de los ámbitos sociales, ambiental y económico que representa en el país. De acuerdo a Prado *et al.* (2020) comentan que esta especie aporta cerca de 15 millones al Producto Interno Bruto (PIB) del Ecuador y posee potencial para producción a gran escala, de ahí la importancia de su valoración.

3.1.1 Metales pesados registrados en la Provincia de Esmeraldas

En la provincia ubicada al Noroeste del Ecuador, se ha evaluado únicamente la especie *Anadara tuberculosa*, dada la importancia del organismo en el ámbito local y comercial.

3.1.1.1 Arsénico

Acorde a Mendoza (2014), los niveles de Arsénico estuvieron dentro de un rango 1,23-1,5 mg/Kg, cantidades de bioacumulación en tejido blando de bivalvos que excede el LMP en legislaciones de la Unión Europea, FAO-OMS y Australia-Nueva Zelanda donde el límite está por debajo de 1,0 mg/Kg; sin embargo, este rango de valores es aceptable dentro de la legislación china.

3.1.1.2 Cadmio

Los niveles de Cadmio se evaluaron en distintas zonas correspondientes a ecosistemas de manglar de la Provincia de Esmeraldas, en los manglares de la Reserva Ecológica Cayapas los valores fueron de 0,42 mg/Kg (Arizaga & Lemos, 2016), en los manglares de San Lorenzo y Muisne el rango estuvo entre 0,3-0,6 mg/Kg (Mendoza, 2014), mientras en el manglar Salto-Esmeraldas la determinación de Cadmio fue de 0,3 mg/kg (Cedeño & Zambrano, 2017); cuyos valores no excedieron el LMP para Cadmio acorde a la Unión Europea y Australia-Nueva Zelanda, cuyos límites son de 1, 0 mg/Kg y 2,0 mg/Kg respectivamente.

3.1.1.3 Plomo

En la Reserva Ecológica Cayapas no se detectaron niveles de Plomo (Pb), a pesar de que su estudio y determinación era primordial, así mismo en el estudio llevado a cabo por Mendoza, (2014), no se evidenció la presencia de Pb en los tejidos blandos de los bivalvos: no obstante, en los organismos del manglar Salto-Esmeraldas, si se registró valores de Plomo (Pb) menores a 0,2 mg/Kg, cuyo valor está lejos de alcanzar el LMP (Unión Europea), que es de 1,5 mg/Kg.

3.1.1.4 Mercurio

No hubo presencia de este metal en dos de los tres sitios evaluados, únicamente se registraron valores de Mercurio menores a 0,2 mg/Kg en el manglar Salto-

Esmeraldas (Cedeño & Zambrano, 2017), cuyos valores no exceden el LMP (Unión Europea) para mercurio que es de 0,5 mg/Kg.

3.1.2 Metales pesados registrados en la Provincia de El Oro

En la provincia de El Oro, ubicada al suroeste de la costa ecuatoriana, se desarrollaron evaluaciones de bioacumulación de metales pesados en distintas zonas de la provincia a tres especies de bivalvos: *Anadara tuberculosa*, *Anadara similis* y *Cassostrea columbiensis*, los valores determinados en ciertos metales superaron los valores establecidos por el LMP de diferentes legislaciones.

3.1.2.1 Arsénico

Se obtuvieron valores promedio de Arsénico para *A. tuberculosa* del estero Huaylá que variaron de 1,54 mg/Kg (Collaguazo *et al.*, 2017) y de 1,55 mg/Kg (Tobar *et al.*, 2017; Senior, 2015); en la especie *A. similis* el promedio fue de 1,42 mg/Kg; en la investigación de Siguenza, (2016) y Senior, (2015); mientras para *A. tuberculosa* los valores de Arsénico fueron muy bajos ante la detección instrumental.

Los valores que se obtuvieron en el estero Huaylá en las dos investigaciones mencionadas con valores de 1,54-1,55 mg/Kg, nos indica que exceden los niveles del LMP de la Unión Europea (0,5 mg/Kg), de FAO-OMS (0,2 mg/Kg) y de Australia-Nueva Zelanda (1,0 mg/Kg), que da a entender la influencia y contaminación del estero por químicos derivados del Arsénico.

3.1.2.2 Cadmio

Los niveles de Cadmio en el estero Huaylá para *A. tuberculosa* tuvieron un promedio de 1,68 mg/Kg (Senior, 2015; Collaguazo *et al.*, 2017; Tobar *et al.*, 2017); en *Anadara similis* los niveles de Cd tuvieron promedio de 1,21 mg/Kg (Tobar *et al.*, 2017; Senior, 2015). En Siguenza, (2016)., los niveles de Cd en *A. tuberculosa* tuvieron promedio de 0,28 mg/Kg en el Río Pital de Santa Rosa. En

el bivalvo *Cassostrea columbiensis*, los niveles de Cd tuvieron promedios de 5,8-6,5 mg/Kg en cuatro de los puertos pertenecientes a la provincia de El Oro (Castro, 2015).

Los niveles promedios de Cadmio determinados en el Estero Huaylá y en los 4 puertos de El Oro fueron mayores a 1,21 mg/Kg y menores a 6,5mg/Kg, cantidades que sobrepasan el nivel de máximo límite permisible de Cd de la Unión Europea que es de 1,0 mg/Kg, sin embargo, los valores del estero Huaylá son menores al máximo límite permisible de Australia-Nueva Zelanda de 2,0 mg/Kg. Los valores altos de Cadmio que se obtuvieron de los 4 puertos de El Oro (Castro, 2015); nos indica que estos sectores están fuertemente influenciados por las actividades antropogénicas que generan contaminación en los cuerpos de agua y ecosistemas.

3.1.2.3 Plomo

Los valores correspondientes al Pb, no pudieron ser detectados por los instrumentos de medición en los 4 puertos de El Oro (Castro, 2015) para *C. columbiensis*; sin embargo, en el Río Pital de Santa Rosa los valores promedio de este metal fueron de 0,12 mg/Kg para *Anadara tuberculosa* (Siguenza, 2016). Mientras que los niveles promedios de Pb en Tobar *et al.*, (2017) y Senior, (2015), fueron sumamente altos, con promedios de 7,7 mg/Kg para *Anadara Tuberculosa en el estero Huaylá*; en el mismo estero, para la especie *A. similis* el promedio fue de 8,51 mg/Kg (Collaguazo *et al.*, 2017; Senior, 2015).

Los valores promedios de Pb fueron de 7,52 mg/Kg para *Anadara tuberculosa*, valores altos que exceden el Límite Máximo de Permisibilidad de 0,5 mg/Kg de la Unión Europea, que nos demuestra que el mencionado estero está altamente contaminado por este metal.

3.1.2.4 Mercurio

Con respecto a este metal, en los 4 puertos de El Oro (Castro, 2015), los niveles promedio de Mercurio fueron de 0,32-0,45 para *C. columbiensis*; para *A.*

tuberculosa en Collaguazo *et al.*, (2017), la concentración promedio de Hg en los organismos fue de 364,38 mg/kg; mientras que en Tobar *et al.*, (2017) y Senior, (2015), ambos realizados también en el estero Huaylá, los niveles promedio fueron de 364,3 mg/Kg en *A. tuberculosa* y de 618,7 mg/Kg en *A. similis*.

Estos valores de mercurio en este estero son extremadamente altos puesto que el LMP de la Unión Europea es de 0,5 mg/Kg. El valor de concentración de mercurio de *A. similis* es sumamente más alto que en *A. tuberculosa* y demuestra la capacidad poseen estos organismos para captar este metal

3.1.3 Metales pesados registrados en la Provincia de Guayas

La provincia del Guayas tuvo registros de bioacumulación de metales pesados en 6 especies de bivalvos, evaluados en varias zonas que se encuentran delimitando en el Estero Salado del Golfo de Guayaquil, se evaluó también bivalvos de los esteros del Cantón Balao y del Río Taura, pertenecientes a Guayas.

3.1.3.1 Arsénico

Este metal fue registrado únicamente en la almeja *Protothaca aspérrima* con valores promedio de 0,11 mg/Kg en los esteros del Cantón Balao (Carrasco & Webster, 2016). Dicho valor no excede el LMP de 0,2 mg/Kg (OMS-FAO) ni el 0,5 mg/Kg (UE).

3.1.3.2 Cadmio

Los valores de Cd fueron variados; en Jiménez, (2012), detectó un promedio de 0,17 mg/Kg para *C. columbiensis* en el Estero Salado; así mismo, en esta amplia zona se registraron valores promedio de 0,19 mg/Kg en *Mytella guayanensis* (Rodríguez, 2013) y un valor promedio de 0,07 mg/Kg para *M. strigata* (Kuffó, 2013). En otros esteros como “Chupadores”, “Las cruces” y “Las Loras” los

valores fueron de 7,24 mg/Kg para *C. columbiensis* y de 1,82 mg/Kg para *M. strigata* (Mero, 2010).

En el Río Taura se determinó un valor promedio de 3,23 mg/Kg para *Donax sp* de acuerdo a Arcos & Castro, (2000); mientras que en los esteros de Balao los valores promedio de Cadmio fueron de 0,54 mg/Kg para *P. aspérrima*, de 0,13 mg/Kg para *M. guayanensis* y de 2,3 mg/Kg para *A. tuberculosa* (Carrasco & Webster, 2016).

Los niveles de Cadmio en el estero Salado no superaron el LMP de 1,0 mg/Kg (UE) ni de 2,0 mg/Kg (A-NZ); en el estero de Balao solo *Anadara tuberculosa* (2,3 MG/Kg) presentó nivel de acumulación superior al LMP de ambas legislaciones, en el Río Taura los niveles promedio de Cd fueron superiores al LMP con 3,23 mg/Kg, mientras que, en el trabajo de Mero, (2010), llevado a cabo en 4 distintos esteros del Golfo de Guayaquil los niveles promedio de Cadmio fueron alarmantes, donde se evidenció la capacidad del ostión *C. columbiensis* en la captación del Cadmio con (7,24 mg/Kg).

3.1.3.3 Plomo

En el Estero Salado los valores promedio fueron de 0,78 mg/Kg para *C. columbiensis* (Jiménez, 2012); de 3,24 mg/Kg para *M. guayanensis* (Castro, 2017); de 0,3 mg/Kg para *M. strigata* (Kuffó, 2013) y de 1,75 mg/Kg para *M. guayanensis* (Rodríguez, 2013). Los niveles de Pb evaluados en el estero Salado dejaron en evidencia que *M. guayanensis*, tiene mayor capacidad para la captación de este metal en sus tejidos blandos, al presentar cantidades de bioacumulación superiores al LMP de 1,5 (UE).

En la zona correspondiente a los esteros de Balao, los niveles promedio de Pb fueron de 0,13 mg/Kg en *A. tuberculosa* y de 0,34 mg/Kg en *P. aspérrima* (Carrasco & Webster, 2016); valores que no superan el LMP de 1,5 mg/Kg de Unión Europea. En los esteros de “Chupadores Grande, Chico, Cruces y Loras” los promedios de Pb fueron de 3,02 mg/Kg en *C. columbiensis* y de 1,51 mg/Kg

en *M. strigata* (Mero, 2010), cuyos niveles exceden el LMP (UE) de 1,5 para Plomo.

3.1.3.4 Mercurio

El único estudio donde se evidenció la presencia de Hg fue el realizado por Carrasco & Webster en el 2016, donde registraron un promedio de 0,19 mg/Kg para la concha negra (*A. tuberculosa*), valor que está lejos del LMP de 0,5 mg/Kg de la Unión Europea.

3.1.4 Otros metales pesados

Se evidenció el registro de otros tipos de metales pesados en las investigaciones a bivalvos bioacumuladores, tales como: Cromo (Cr) y Cobre (Cu), aunque no fueron abordados casi por la gran mayoría de investigadores, hubo resultados considerables, especificando así, los niveles promedios de cobre fueron altos y pudiendo representar peligro para la salud humana ante el consumo de alimentos que se extraen de los esteros del Cantón Balao (Carrasco & Webster, 2016).

3.1.4.1 Cobre

Se registró una investigación de este metal, donde los niveles promedio de cobre fueron de 15,34 mg/Kg para *Anadara tuberculosa*, de 26,4 *Mytella guayanensis* y de 14,04 para *Protothaca aspérrima* (Carrasco & Webster, 2016). Estos valores superan el LMP establecido por la Legislación de Australia-Nueva Zelanda de 5,0 mg/Kg, pero, sin embargo, no superan los valores LMP de 30 mg/Kg y 50 mg/Kg establecidos por Brasil y China respectivamente.

3.1.4.2 Cromo

Los valores de Cromo fueron de 0,24 para *C. columbiensis* (Jiménez, 2012), de 0,6 mg/Kg para *M. guayanensis*, de 2,2 mg/Kg para *A. tuberculosa* y de 1,1 para *P. aspérrima*; en este caso los niveles se mantienen en equilibrio con respecto a los niveles de LMP de 1,2 mg/Kg (UE) y de 2,0 mg/Kg (China).

3.2 Cuadro comparativo de las especies de bivalvos con respecto a los metales pesados que se han registrado en cada provincia.

Se observó un total de 7 especies de bivalvos, 2 especies del Género *Anadara* sp., 2 especies del Género *Mytella* sp., así mismo 1 solo representante de los Género *Crassostrea* sp., *Protothaca* sp. y *Donax* sp, donde se evaluaron un total de 6 metales pesados (Hg, Cd, Pb, As, Cr, Cu) en 3 provincias de la Costa del Ecuador (Tabla 3).

Tabla 3.- Diferentes metales pesados presentes en las especies de bivalvos y sus cantidades respectivas en mg/Kg.

	Mercurio (Hg) mg/Kg	Cadmio (Cd) mg/Kg	Plomo (Pb) mg/Kg	Arsénico (As) mg/Kg	Cromo (Cr) mg/Kg	Cobre (Cu) mg/Kg
<i>Anadara tuberculosa</i> (Concha negra)	0,2 (Esmeraldas) 0,32-364,3 (El Oro) 0,19 (Guayas)	0,3-0,6 (Esmeraldas) 1,68-6,5 (El Oro) 2,3 (Guayas)	0,2 (Esmeraldas) 0,12-7,7 (El Oro) 0,13 (Guayas)	1,2-1,5 (Esmeraldas) 1,55 (El Oro)	0,2-0,25 (Esmeraldas) 2,2 (Guayas)	1,13-1,20 (Esmeraldas) 15,34 (Guayas)
<i>Anadara similis</i> (Concha prieta)	618,7 (El Oro)	1,21 (El Oro)	8,5 (El Oro)	1,42 (El Oro)	ND	ND
<i>Cassostrea columbesis</i> (Ostiones)	0,32-0,45 (El Oro)	5,8-6,5 (El Oro) 0,17-7,24 (Guayas)	0,78-3,02 (Guayas)	ND	0,24 (Guayas)	ND
<i>Mytella guayanensis</i> (Mejillón)	ND	0,13-0,19 (Guayas)	1,75-3,24 (Guayas)	ND	0,6 (Guayas)	26,4 (Guayas)
<i>Mytella strigata</i> (Mejillón)	ND	0,07-1,82 (Guayas)	0,3-1,51 (Guayas)	ND	ND	ND
<i>Donax sp.</i>	ND	3,23 (Guayas)	ND	ND	ND	ND
<i>Protothaca asperrima</i> (Almeja)	ND	0,54 (Guayas)	0,34 (Guayas)	0,11 (Guayas)	1,1 (Guayas)	14,04 (Guayas)

Elaborado por: Chalen, 2021.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- En los ecosistemas de las provincias de Esmeraldas, El Oro y Guayas fueron detectados en mayores proporciones los metales pesados como: Arsénico, Cadmio, Plomo y Mercurio, mientras, otros metales pesados como Cromo (Cr) y Cobre (Cu), fueron únicamente detectados en la provincia de Guayas en el estero Salado y de Balao, en cuanto al nivel de captación; en el estero Huaylá (El Oro) los altos niveles de contaminación por Pb y Hg, demostraron que *A. tuberculosa* tiene tendencia a captar en mayores proporciones el Plomo, mientras *A. similis* presenta tendencia a captar Mercurio. La especie *C. columbiensis* presentó mayor tendencia en la captación del Cadmio, mientras que, las especies *M. guayanensis* y *C. columbiensis*, presentaron tendencia a la bioacumulación de Plomo en sus tejidos blandos en el Golfo de Guayaquil.
- En la provincia de Esmeraldas la especie *A. tuberculosa* presentó niveles de Arsénico superiores al Límite Máximo de Permisibilidad de (en los manglares de San Lorenzo y Muisne. En la provincia de El Oro, principalmente en el estero Huaylá, los niveles de As fueron superiores al LMP de (Unión Europea, FAO-OMS y Australia-Nueva Zelanda), los niveles de Cd fueron superiores al LMP de (UE y Aus-NZ), por último, los niveles de Pb y Hg superaron los niveles establecidos por el LMP de la Unión Europea. Mientras en la provincia del Guayas mayoritariamente en el Golfo de Guayaquil, el Cd presentó niveles superiores al LMP de Unión Europea y Australia-Nueva Zelanda, el Cu obtuvo niveles mayores al LMP de (Aus-NZ), mientras el Pb mostró niveles superiores al LMP de (UE).

- En la región costera del Ecuador se han llevado a cabo estudios en las especies *Anadara tuberculosa*, *Anadara similis*, *Cassotrea columbiersis*, *Mytella guayanensis*, *Mytella strigata*, *Donax sp* y *Protothaca aspérrima*, se han estudiado solo siete metales pesados en el tejido blanco de los bivalvos del Ecuador. La mayor cantidad de estudios con respecto a metales pesados se realizaron en la Provincia de Guayas, seguido por El Oro y Esmeraldas, la entidad o institución con mayor participación fue la Universidad de Guayaquil, las Universidades de Machala y Azuay registraron pocos estudios. En Guayas el sitio más estudiado fue el estero Salado, en El Oro fue el estero Huaylá y en Esmeraldas los estudios se distribuyen en varios de sus ecosistemas de manglar.
- En Esmeraldas se han analizado niveles de bioacumulación únicamente en la especie *Anadara tuberculosa* (concha negra) en distintas zonas con ecosistemas de manglar dentro de la provincia, de los seis metales pesados estudiados fue exclusivamente el Arsénico, el que presentó niveles superiores al Límite Máximo de Permisibilidad en los manglares de San Lorenzo y Muisne.
- En la Provincia de El Oro se determinó la presencia cuatro metales pesados, mercurio, cadmio, arsénico y plomo siendo tres especies evaluadas, en el estero Huaylá las especies *A. similis* y *A. tuberculosa* presentaron niveles de Arsénico superiores al LMP; el Cadmio, presente en las tres especies en el estero Huaylá y en puertos de la provincia presentó niveles altos de bioacumulación mayor al LMP. Los altos niveles de contaminación por Pb y Hg en el estero Huaylá, nos demuestra que *A. tuberculosa* tiene tendencia a captar en mayores proporciones el Pb, mientras *A. similis* presenta tendencia a captar Hg.
- En Guayas se registraron niveles de bioacumulación en seis especies de bivalvos en distintas zonas cercanas a distintos esteros del Golfo de Guayaquil, dado los valores altos de Cadmio en *A. tuberculosa*, *Donax sp* y *C. columbiersis*, se evidenció la capacidad de bioacumular Cd de los organismos, siendo *C. columbiersis* la especie con mayor tendencia de

captación; con respecto al plomo, se registraron en *M. strigata*, *M. guayanensis* y *C. columbiensis*, siendo estas dos últimas especies las que mayor cantidad de plomo bioacumulan en sus tejidos blandos.

4.2 Recomendaciones

En función de los resultados de la presente investigación se puede recomendar no extraer especies de bivalvos con fines de consumo o comercialización en los Manglares de San Lorenzo-Muisne de Esmeraldas (contaminado por Arsénico), de igual forma no se recomienda extraer bivalvos en el estero Huaylá de El Oro (contaminado por Cobre y Mercurio), ni organismos de la especie *Anadara tuberculosa* de ningún estero de El Oro dada la presencia de Cadmio en todos sus muestreos, mientras en el Golfo de Guayaquil es mayor la cantidad de especies bivalvos contaminados con Cadmio y Plomo, principalmente en el estero Salado.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Catalana de Seguridad alimentaria (ACSA). (2009). Reevaluación de sustancias. Cadmio. Departamento de Salud Pública [online]. Recuperado el 9 de Marzo de 2021 de: <http://www.gencat.cat/salut/acsa/>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (20 de Abril de 2012). Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Recuperado el 9 de Marzo de 2021, de Glosario: www.epa.gov
- Agency for toxic substances and disease control. (2011). División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Washington (USA): Servicio de Salud Pública. pp. 269.
- Alay, G. F., Lomas, M. N., Mallafré, J. M. L., & Roig, J. L. D. (2012). Riesgo tóxico por metales presentes en los alimentos: Toxicología alimentaria. Editorial Díaz de Santos, S.A. Retrieved from <https://books.google.co.cr/books?id=XjgaxZ6FY7QC>
- Almeida, E.; Bainy, A.; Medeiros, M. & Di Mascio, P. (2003). Effects of trace metal and exposure to air on serotonin and dopamine levels in tissues of the mussel *Perna perna*. Marine Pollution Bulletin 46:1485–1490. Recuperado el 9 de Mayo del 2021 de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=6481372&pid=S1870-3453200700030000100005&lng=es.
- Alonso, J.; Aguirre, A.; Arillo, A.; Arriero, E.; Berzosa, J.; Benito, J.; Buencuerpo, V.; Cano, J.; Díaz, D. J.; Díaz, J.; Elvira, B.; Fernández, G.; García, A.; García, I.; Gómez, J.; González, M.; Gutiérrez, M.; Jesús, J.; Martín, C.; Martínez, M.; Mínguez, M.; Monserrat, V.; Muñoz, B; Ornos, C.; Outerelo, R.; Pardos, F.; Parejo, C.; Pérez, J.; Pérez, P.; Pulido, F.; Ramírez, A.; Refoyo, P.; Roldán, C.; Ruiz, E. Santos, T.; Sañudo, F.; Subías, L.; Tellería, J.; Trigo, D. & M, Vázquez. (2011). Prácticas de Zoología Estudio y diversidad de los Moluscos Disección de mejillón. Departamento de Zoología y Antropología Física-Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid. Zoología. Zoología. Vol.4 (2). pp. 64. Recuperado el 9 de Marzo del 2021 de: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/568-2013-12-16-04-Moluscos.pdf>

- Arcos V. & R. Castro, (2000). Metales pesados en agua, sedimentos y organismos, proyecto BID-420 "Acumulación de pesticidas y metales pesados en los principales eslabones de la cadena trófica de la cuenca del Río Taura". Revista Científica Ciencias Naturales y ambientales. Universidad de Guayaquil. pp. 103-120.
- Arizaga, R., & Lemos, E. (2016). Determinación del grado de contaminación por metales pesados en bivalvos (*Anadara tuberculosa*) en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje Cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas 2015. El Misionero Del Agro, 48–59. Recuperado el 10 de Marzo del 2021 de: [file:///C:/Users/dj/Downloads/INFORME%20FINAL%20PROMETEO%20II%20\(2015_09_05%2022_43_22%20UTC\).pdf](file:///C:/Users/dj/Downloads/INFORME%20FINAL%20PROMETEO%20II%20(2015_09_05%2022_43_22%20UTC).pdf)
- Brusca, R. C y Brusca, G. J. (2005). Invertebrados. McGraw-Hill. Interamericana. Madrid. pp. 1005.
- Bussani, M. (1990). Guía Práctica del Cultivo del Mejillón. Ed. Acribia. Zaragoza.
- Buxadé, C. (1997). Zootecnia, Bases de Producción Animal. Tomo XII. Producciones Cinegéticas, Apícolas y Otras. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Barwick M & W Maher. 2003. Biotransference and biomagnification of selenium, copper, cadmium, zinc, arsenic and lead in a temperate seagrass ecosystem from Lake Macquarie Estuary, NSW, Australia. Marine Environmental Research. Vol. 56: pp. 471-502.
- Carrasco, R., & Webster, R. (2016). Capacidad bioacumuladora de metales pesados en moluscos bivalvos de los esteros del cantón Balao. Tesis de Maestría. Universidad de Azuay. pp. 13-16. Recuperado el 10 de Marzo del 2021 de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6480/1/12619.pdf>
- Castillejo, J. (1998). Tema 2. Moluscos II (Bivalvos): Mitilicultura. Biología aplicada. Facultad de Biología USC. pp. 8-11, 30-38.

- 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. Tesis de Grado, Universidad Técnica de Machala. pp. 51-55. Recuperado el 10 de Marzo del 2021 de: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2842/2/CD000018-TRABAJO%20COMPLETO-pdf>
- Castro, R. (2017). Contaminación por metales pesados cadmio y plomo en agua, sedimento y en mejillón Mytella guyanensis (LAMARCK, 1819) en los puentes 5 de junio y perimetral (Estero Salado, Guayaquil- Ecuador). Tesis de grado. Universidad de Guayaquil. pp. 32, 33. Recuperado el 10 de Marzo del 2021 de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20970/1/TESIS%2018%20AGOSTO%20ROBERTO%20CARLOS%20CASTRO%20GUERRERO.pdf>
- Cedeño, M., & Zambrano, D. (2017). Determinación de metales pesados Cd, Hg, Pb, en concha negra (Anadara tuberculosa) del manglar El Salto-Esmeraldas y comparación para exportación al mercado europeo. Tesis de grado, Universidad de Guayaquil. pp. 31-35. Recuperado el 10 de Marzo del 2021 de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23012/1/BCIEQ-T-0226%20Cede%c3%b1o%20Valdez%20Margarita%20Elizabeth%3b%20Zambrano%20Demera%20Daniel%20Eduardo.pdf>
- Cesari, P. & Pellizzato, M. 1990. Biology of Tapes Philippinarum, p 21-46. In: Tapes Philippinarum: Biologia e Sperimentazione. Regione Veneto, Ente di Sviluppo Agricolo, Venice: 299 pp. (text in Italian and English).
- Codd, R.; Dillon, C.; Levina, C. & Lay, P. (2001). Studies on the genotoxicity of chromium: from the test tube to the cell, Coord. Chem. Rev. Vol. 216. pp 537.
- Collaguazo, Y.; Ayala, H. & Machuca, G. (2017). Cuantificación de metales pesados en Anadara tuberculosa (Mollusca: Bivalvia) del estero Huaylá de Puerto Bolívar, por espectrofotometría de absorción atómica. Revista Ciencia UNEMI. Volumen 10, Número 24. pp. 4-8. Recuperado el 10 de Marzo del 2021 de: [file:///C:/Users/dj/Downloads/545-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1457-1-10-20171212%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/dj/Downloads/545-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1457-1-10-20171212%20(1).pdf)
- Coto, J. (2014). Estudios de bioacumulación de un metal de interés en contaminación ambiental (plomo) en larvas de lubina de gran valor

comercial. Tesis de grado, Universidad de Cádiz. pp. 5. Recuperado el 10 de Marzo del 2021 de: <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/17347/TFG%20-%20Jose%20Oscar%20Coto%20Reyes%20Dic%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Darrigran, G. (2013). Los moluscos bivalvos. Aportes para su enseñanza: Teoría-métodos. La Plata: EDULP. (Libros de cátedra. Sociales). Volumen 10, Número 24. pp. 4-8. pp. 35, 36. Recuperado el 7 de Marzo del 2021 de: <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/libros/pm.388/pm.388.pdf>

Della Lucía, T. M. C.; Reis Júnior, R. & Cássia de Oliveira, M. (2002). Zoología dos Invertebrados II. Cuaderno Didactico. Ciências Biológicas, 88. Editora UFV. 193 pp.

Dhir, B. & Kumar, R. (2012). Adsorption of Heavy Metals by Salvinia Biomass and Agricultural Residues, Journal of Environmental. Vol. 4(3). pp. 427.

Eisler, R. (2000). Handbook of chemical risk assessment. Health Hazards to Humans, Plants and animals (Vol. 1). CRC Press.

Galtsoff, P. S. (1964). The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. US Department of the Interior Fishery Bulletin. Vol. 64. pp 1–480. Recuperado el 9 de Mayo del 2021 de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=6481380&pid=S1870-3453200700030000100013&lng=es

García, J.; méndez, J.; Pásaro, E. & Laffon, B. (2012). Genotoxic effects of lead: An updated review. Environment International. Vol. 2(4). pp. 623.

Gosling, E. 2002. Bivalve Molluscs, Biology, Ecology and Culture. Fishing News Books. Blackwell Publishing, UK: 440-450 pp.

Hall, J.E. (2002). Bioconcentration, Bioaccumulation and Biomagnification in Puget Sound Biota: Assessing the Ecological Risk of Chemical Contaminants in Puget Sound. University of Washington Tacoma. Recuperado el 9 de Mayo del 2021 de: <http://courses.washington.edu/uwtjuelissues>.

Helm, M.; Bourne, N. & Lovatelli, A. (2006). Segunda parte, Biología básica de los bivalvos: Taxonomía, anatomía y ciclo vital. Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico. *FAO Documento Técnico de Pesca*. No. 471. Roma, FAO. 2006. pp. 21, 21. Recuperado el 8 de Marzo del 2021 de: <http://www.fao.org/3/y5720s/y5720s06.htm#bm06>

Helm, M.; Bourne, N. & Lovatelli, A. (2006). Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico. *FAO Documento Técnico de Pesca*. No. 471. Roma, FAO. 2006. 184 pp. Recuperado el 9 de Mayo del 2021 de: <http://www.fao.org/3/y5720s/y5720s06.htm#bm06>

Klerks, P. L. & Weis, J. (1987). Genetic adaptation to heavy metals in aquatic organisms: a review. *Environmental Pollution*. Vol. 45. pp. 173–205.

International Programme on Chemical Safety. (1998). Environmental health criteria: Copper. Geneva (Suiza): World Health Organization. pp. 104.

Jiménez, 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). Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil. pp. 21, 22, 24. Recuperado el 9 de Marzo del 2021 de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/reduq/1683/1/Cuantificaci%c3%b3n%20de%20metales%20pesados%20%28Cadmio%2c%20cromo%2c%20n%c3%adquel%20y%20plomo%29%20en%20agua%20superficial%2c%20sedimentos%20y%20organismos...%20Jim%c3%a9nez%2c%20Dav id.pdf>

Kimbrough K. L., Johnson, W.E., Lauenstein, G.G., Christensen, J.D y Apeti, D.A. (2008). An Assessment of two decades of contaminants monitoring in the nation's coastal zone. Silver Spring, MD. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 74. pp. 105. citado en Mero, M., 2010, Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos 46 bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del golfo de Guayaquil. (Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil).

Klaassen, C. D., Casarett, L. J., Watkins, J. B., & Doull, J. (2001). Manual de toxicología: Casarett & Doull : la ciencia básica de los tóxicos. McGraw-Hill Interamericana. Recuperado el 10 de Marzo del 2021 de: <https://books.google.co.cr/books?id=oQJDAQAACAAJ>.

Kuffó, K. (2013). Niveles de cadmio, cromo, plomo, y su bioacumulación por *Mytella strigata* delimitando la zona urbano-marginal en el Estero Salado de Guayaquil. Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil. pp. 42-50. Recuperado el 9 de Marzo de 2021 de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/reduq/3310/2/TESIS%20-%20KUFF%20C3%93%20NIVELES%20DE%20CADMIO%20CROMO%20PLOMO%20Y%20SU%20BIOACUMU.pdf>

Lanphear, B.; Dietrich, K. & Auinger, P. (2012). Cognitive deficits associated with blood lead concentration $\mu\text{g}/\text{dL}$ in: U.S. children and adolescents. Pub Health. Vol. 4(1). pp. 521.

Layana, E. (2013). Estudio de la calidad del agua del río Babahoyo y sus afluentes: Índice saprobio. Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil. pp. 18. Recuperado el 9 de Marzo de 2021 de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/reduq/794/1/Estudio%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20del%20r%C3%ado%20Babhoyo%20y%20sus%20afluentes%20%20c3%afndice%20Saprobio.pdf>

Losi, M.; Amrhein, C. & Frankenberger, W. (1994). Environmental biochemistry of chromium, Rev. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 136. pp. 91.

Melanen, M.; Ekqvist, M.; Mukherjee, A.; Aunela-Tapola, L.; Verta, M.; Salmikangas, T. & Raskasmetallien, P. (2012). Suomessa 1990-luvulla (Atmospheric emissions of heavy metals in Finland in the 1990s). Suomen Ympäristö. Vol. 1(3). pp. 92.

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. Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. pp. 28-37. Recuperado el 10 de Marzo de 2021 de: <file:///C:/Users/dj/Downloads/MENDOZA%20ANGULO%20HAYDEE.pdf> [OZA ANGULO HAYDEE.pdf](#)

Mero, M. (2010). Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del golfo de Guayaquil. Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil. pp. 23-27. Recuperado el 10 de Marzo del 2021 de: <file:///C:/Users/dj/Downloads/UNIVERSIDAD%20DE%20GUAYAQUIL%20FACULTAD%20DE%20CIENCIAS%20NATURALES.pdf>.

Moreno, G.D. (2013). Toxicología Ambiental. 1 ed. Madrid (España): Interamericana de editores. pp. 361

Nordberg, M., Templeton, D.M., Andersen, O., Duffus, J.H. (2009). Glossary of terms used in ecotoxicology (IUPAC Recommendations 2009). Pure and Applied Chemistry 81. pp. 829.

OMS. (2012). Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 10 de Marzo de 2021, de Arsénico: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>.

Phillips, D. & Rainbow, P. (1993). Biomonitoring of trace aquatic contaminants. Elsevier, New York. pp. 371.

Prado Carpio, E., Martínez Soto, M., Morris Díaz, A., Castro Armijos, C., Renteria Minuche, P., Coronel Reyes, J., & Rodríguez Monroy, C. (2020). Importancia de la producción de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en las costas ecuatorianas. Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103, 11(1), 34.

Rahimi, E. (2013). Lead and cadmium concentrations in goat, cow, sheep, and buffalo milks from different regions of Iran. Food Chemistry. pp. 389–391.

Ramakritinan, C.; Chandurvelan, R. & Kumaraguru, A. (2012). Acute toxicity of metals: Cu, Pb, Cd, Hg and Zn on marine mollusks. *Cerithedia cingulata* G, and *Modiolus philippinarum* H. Indian Journal of Geo-Marine Sciences. Vol.1(2). pp. 141-145.

Rand, G.M., Wella, P.G. & McCarthy, L.S. (1995). Introduction to Aquatic Ecology In: Rand., G.M. Fundamentals of Aquatic Toxicology. Taylor and Francis, London.3 p.

Rodriguez, F. (2013). Cuantificación de Cadmio, Plomo y Niquel en agua superficial, sedimento y organismo (*Mytella guayasensis*) en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado (Guayaquil). Tesis de grado, Universidad de Guayaquil. pp. 30, 31. Recuperado el 9 de Marzo del 2021 de:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/reduq/1682/1/Cuantificaci%C3%B3n%20de%20cadmio%2C%20plomo%20y%20n%C3%ADquel%20en%20agua%20superficial%2C%20sedimento%20y%20organismo..Rodr%C3%ADguez%2C%20Florencia.pdf>

Rosas, H. (2005). Contaminación de sedimentos del río Anoia por metales pesados (Barcelona – España). Investigación & Desarrollo, 5. pp. 75–89. Recuperado el 8 de Marzo del 2021 de: <http://www.upb.edu/sites/default/files/7RosasN5.pdf>

Scoullos, M. J., Vonkeman, G. H., Thornton, I., & Makuch, Z. (2001). Handbook for sustainable heavy metals policy and regulation. Springer science business media.

Senior, W. (2014). Contenido de metales pesados en organismos acuícolas expendidos en los mercados de la ciudad de Machala, provincia de El Oro. Universidad Técnica de Machala (UTMACH) – Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE). pp. 20, 21. Recuperado el 10 de Marzo del 2021 de: [file:///C:/Users/dj/Downloads/INFORME%20FINAL%20PROMETEO%20I%20\(2015_09_05%2022_43_22%20UTC\).pdf](file:///C:/Users/dj/Downloads/INFORME%20FINAL%20PROMETEO%20I%20(2015_09_05%2022_43_22%20UTC).pdf)

Siguenza, J. (2016). Determinación de metales pesados, arsénico, cadmio, y plomo en conchas prieta (*Anadara Tuberculosa*), extraídos de la desembocadura del río Pital. Tesis de Maestría, Universidad de Azuay. pp. 21-25. Recuperado el 9 de Marzo del 2021 de: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Stanley, S. M. (1970). Relation of Shell form to life habits of the bivalvis (Mollusca). The Geological Society America, Inc. Memor, pp. 125.

Subdirección General de Sanidad Exterior. (2009). Estudio comparativo de las legislaciones de la R.P. China y de la UE o Nacional aplicables a los productos de la pesca. Beijing: Ministerio de Sanidad y Cosumo.

Suk, S.; Smith, S. & Ramon, D. (2009). Bioaccumulation of mercury in pelagic sharks from the northeast Pacific Ocean. CalCOFI Rep., Vol. 50: 172-177.

Tobar, J., Ramírez-Muñoz, 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, 51(1), pp. 30-35. Recuperado el 10 de Marzo del 2021 de: <file:///C:/Users/dj/Downloads/ConcentracindeMetalesPesadosenBivalvosanadara.pdf>

Unión Europea. (2014). Contenidos maximos en metales pesados en productos alimenticios. Metales Pesados, 1-24.

Viarengo, A., Pertica, M., Caneri, I., Biasi, F., Cecchini, G., y Orunesu, M. (1998). Effects of heavy metals on lipid peroxidation in mussel (Abst). Mar. Environmental. Res., 24:3.

World Health Organization (WHO). (2005). Inorganic Lead. Environmental Health Criteria. Geneva (Suiza). pp. 165.

ANEXOS

Glosario

Bioacumulación: Es el proceso de captación de compuestos químicos que se concentran en los organismos desde un medio biótico y/o abiótico (Rand et al., 1995).

Bioconcentración: Aumento de las concentraciones de contaminantes que se acumulan en los organismos por 2 medios: flujo del agua e ingesta de alimentos, siendo esta última la principal ruta para la captación de contaminantes (Hall, 2002).

Biomagnificación: Incremento de las concentraciones producto de la transferencia de químicos xenobióticos en la cadena trófica, los eslabones que tengan superioridad en la cadena trófica tendrán mayores niveles a fuente de origen (Rand et al., 1995).

LMP: Límite Máximo de Permisibilidad

