



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

**TESINA**

**TEMA:**

Análisis de concentración de metales pesados en moluscos estuarinos en las provincias de Esmeraldas, Guayas, El Oro, Ecuador, 2009-2018.

**TRABAJO PRÁCTICO**

Previo a la obtención del título de:

**BIÓLOGO**

**AUTOR:**

JONATHAN DAVID TAMAYO LEÓN

**TUTOR:**

BLGO. RICHARD DUQUE MARÍN, M. Sc.

**LA LIBERTAD - ECUADOR**

**2021**



## TRIBUNAL DE GRADO



Financiado electrónicamente por  
MAYRA MAGALI  
CUENCA ZAMBRANO



Financiado electrónicamente por  
JIMMY AGUSTIN  
VILLON MORENO

---

Blga. Mayra Cuenca Zambrano, Mgtr.

Decana

Facultad de Ciencias del Mar

---

Ing. Jimmy Villón Moreno

Director

Carrera de Biología

Blgo. Richard Duque Marin M. Sc.

Docente Tutor

---

Blga. Ana Gabriela V. M. Sc.

Docente de Área

## **AGRADECIMIENTO**

La presente investigación representa el fruto del esfuerzo realizado por mi familia, en especial el apoyo brindado por mi esposa Karla Cristina Vera Maldonado, la guía de mis docentes a lo largo de los años de estudios quienes han sabido guiar mis pasos para poderme convertir en un profesional.

Me gustaría agradecer a la Bióloga Gladis Torrez Chuquimarca por su apoyo y enseñarme que no es la cantidad si no la calidad del trabajo realizado, a la bióloga Tanya González Banchón quien me inculco que el conocimiento es lo mejor que se puede heredar y compartir en nuestra sociedad, al biólogo Richard Duque Marín quien me enseñó a caminar sobre hombros de gigantes sin olvidar ser humilde.

Así mismo, me gustaría expresar mi gratitud hacia la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por abrirme las puertas de su alma mater y poder llamarle mi segundo hogar al darme la oportunidad de ser un mejor ser humano responsable, respetuoso y agradecido por la vida que nos rodea.

A mi madre por su amor y cariño incondicional

A mis hermanos por su apoyo y aliento

A mis amigos Roger Castro y Leonor Vera por su amistad sincera.

# ÍNDICE

<b>Análisis de concentración de metales pesados en moluscos estuarinos en las provincias de Esmeraldas, Guayas, El Oro, Ecuador, 2009-2018. ....</b>	<b>I</b>
RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. OBJETIVOS .....	4
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
4. MARCO TEÓRICO .....	5
4.1 Importancia del Estudio de Metales Pesados.....	5
5. METALES PESADOS O METALES TRAZA .....	10
5.1 Descripción.....	10
5.2 Arsénico (As).....	10
5.3 Cadmio (Ca).....	10
5.4 Cobalto (Co).....	11
5.5 Cobre (Cu).....	11
5.6 Cromo (Cr).....	12
5.7 Mercurio (Hg).....	12
5.8 Níquel (Ni).....	12
5.9 Plomo (Pb).....	13
5.10 Zinc (Zn).....	13
6 LOS METALES PESADOS Y SU ROL EN EL MEDIO AMBIENTE.....	14
7 NIVELES DE TOXICIDAD EN METALES PESADOS .....	19
8 ESPECIES DE MOLUSCOS EMPLEADOS COMO BIOINDICADORES .....	19
8.1 <i>Anadara grandis</i> .....	19
8.2 <i>Anadara similis</i> .....	21
8.3 <i>Anadara tuberculosa</i> ,.....	22
8.4 <i>Cirithiodea mazatlanica</i> .....	24
8.5 <i>Littoraria varia</i> .....	25
8.6 <i>Mytella guayanensis</i> .....	26
8.7 <i>Mytella strigata</i> .....	28
8.8 <i>Ostrea columbiensis</i> .....	29
8.9 <i>Pomacea cuniculata</i> .....	30
8.10 <i>Protothaca aspérrima</i> .....	32

9	METALES PESADOS EN MOLUSCOS .....	33
9.1	Bioacumuladores y Biomagnificación .....	33
10	MARCO LEGAL.....	35
9.1	Orden Jerárquico.....	35
9.2	Constitución ecuatoriana .....	35
9.3	Tratados internacionales .....	39
9.4	INDICACIONES DE LA NORMATIVA ECUATORIANA.....	40
10	METODOLOGÍA.....	41
11	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	42
11.1	Niveles de Arsénico.....	49
11.2	Niveles de Cadmio.....	52
11.3	Niveles de Cobalto .....	54
11.4	Niveles de cobre.....	55
11.5	Niveles de cromo.....	56
11.6	Niveles de Mercurio.....	57
11.7	Niveles de Níquel .....	59
11.8	Niveles de Plomo.....	60
11.9	Niveles de Zinc.....	62
12	CONCLUSIONES .....	68
13	BIBLIOGRAFÍA.....	70
14	ANEXOS.....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Manejo agronómico para reducir la absorción de cadmio en plantas.....	6
<b>Tabla 2:</b> Clasificación de la dinámica de los metales pesados. ....	8
<b>Tabla 3:</b> Elementos tóxicos en el medio ambiente.....	15
<b>Tabla 4:</b> Metales pesados esenciales para la vida en cantidades traza.....	16
<b>Tabla 5:</b> Enfermedades producidas por deficiencia o toxicidad de metales esenciales. .....	17
<b>Tabla 6:</b> Metales de interés en el agua.....	19
<b>Tabla 7.</b> Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flor y fauna en aguas dulces, frías, y en aguas marinos y de estuarios. ....	40
<b>Tabla 8:</b> Investigaciones anuales. ....	43
<b>Tabla 9:</b> Especies de moluscos empleados como bioindicadores. ....	44
<b>Tabla 10:</b> Investigaciones realizadas por provincia .....	45
<b>Tabla 11:</b> Detalle de las investigaciones realizadas de acuerdo a su año de publicación y su fecha de realización, organismo empleado con referencia a su talla y peso registrado. ....	48
<b>Tabla 12:</b> Niveles de Arsénico registrados 2013-2017 mg/Kg. ....	49
<b>Tabla 13:</b> Niveles de Arsénico en la provincia de El Oro mg/Kg. ....	50
<b>Tabla 14:</b> Niveles de Arsénico en la provincia de Esmeraldas mg/Kg. ....	51
<b>Tabla 15:</b> Niveles de Cadmio registrados 2009-2018 mg/Kg.....	52
<b>Tabla 16:</b> Niveles de Cobalto 2013-2016 mg/kg.....	55
<b>Tabla 17:</b> Niveles de Cobre registrados 2013-2016 mg/kg.....	56
<b>Tabla 18:</b> niveles de Cromo registrados 2013-2016 mg/Kg. ....	57
<b>Tabla 19:</b> Niveles de Mercurio registrados 2013-2018 mg/kg. ....	58
<b>Tabla 20:</b> Niveles de Níquel registrados 2013 mg/Kg.....	59
<b>Tabla 21:</b> Niveles de Plomo registrados 2009- 2018 mg/kg.....	60
<b>Tabla 22:</b> Niveles de Zinc registrados 2013-2014 mg/Kg. ....	62
<b>Tabla 24:</b> Especie de moluscos de interés comercial más afectadas por concentraciones de metales pesados. ....	64

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura 1:</b> Estaciones De investigación en la costa ecuatoriana durante el periodo 2009 – 2018. ....	42
<b>Figura 2:</b> Estaciones De investigación en la Provincia de Esmeraldas durante el periodo 2009 – 2018,.....	46
<b>Figura 4:</b> Estaciones De investigación en la Provincia de El Oro durante el periodo 2009 – 2018.....	47
<b>Figura 5:</b> Vista geográfica del área de muestreo Bajo Alto.....	78
<b>Figura 6:</b> Vista geográfica del área de muestreo Puerto Bolívar (Estero Huaylá).....	78
<b>Figura 7:</b> Vista geográfica del área de muestreo Puerto Hualtaco.....	79
<b>Figura 8:</b> Vista geográfica del área de muestreo Isla Jambelí.....	79
<b>Figura 9:</b> Mapa de la subcuenca del Cantón Balao.....	80
<b>Figura 10:</b> Ubicación geográfica del Área de estudio Ciudad de Guayaquil .....	80
<b>Figura 11:</b> Ubicación Geográfica Puente Portete .....	81
<b>Figura 12:</b> Ubicación Geográfica Puente 5 de Junio .....	81
<b>Figura 13:</b> Ubicación Geográfica del estero Huaylá. ....	82
<b>Figura 14:</b> Ubicación Geográfica manglar El Salto.....	82
<b>Figura 15:</b> Ubicación Geográfica del Área de estudio <i>Pomácea caniculata</i> .....	83
<b>Figura 16:</b> Ubicación de los Puntos de Muestreo en el Golfo de Guayaquil .....	84
<b>Figura 17:</b> Zona de estudio Rio Chaguana Estuario la puntilla, perteneciente a Bajo Alto, cantón El Guabo, provincia de El Oro, Ecuador.....	84



## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1:</b> Morfología interna y externa de <i>A. grandis</i> .....	21
<b>Imagen 2:</b> Vista exterior e interior de <i>Anadara similis</i> . ....	22
<b>Imagen 3:</b> Vista exterior e interior de dos especímenes de <i>Anadara tuberculosa</i> .....	23
<b>Imagen 4:</b> <i>Cerithidea mazatlanica</i> . ....	25
<b>Imagen 5:</b> Especimen de <i>L. varia</i> recolectado en La Libertad 2018. ....	26
<b>Imagen 6:</b> Vista exterior e interior de Mejillón <i>Mytella guayanensis</i> .....	27
<b>Imagen 7:</b> Valvas de espécimen de <i>Mytella strigata</i> .....	29
<b>Imagen 8:</b> Valvas de <i>Ostrea columbiensis</i> . ....	30
<b>Imagen 9:</b> Caracol manzana ( <i>Pomacea canaliculata</i> ).....	31
<b>Imagen 10:</b> Especimen de <i>Protothaca asperrima</i> modificado de Cruz 2003.....	33

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Investigaciones realizadas por año durante el periodo 2009-2018. ....	43
<b>Gráfico 2:</b> Especies de moluscos empleadas durante las investigaciones. ....	44
<b>Gráfico 3:</b> Cantidad de investigaciones realizadas por provincia, .....	45
<b>Gráfico 4:</b> Niveles de Arsénico registrados durante 2013-2017. ....	50
<b>Gráfico 5:</b> niveles de Arsénico registrado en la provincia de El Oro durante 2013-2017. ....	51
<b>Gráfico 5:</b> Niveles de Arsénico registrados en la provincia de Esmeraldas durante 2014-2016 .....	52
<b>Gráfico 6:</b> Niveles de cadmio registrados en las provincias de Guayas, El Oro, Esmeraldas. ....	54
<b>Gráfico 7:</b> Niveles de cobalto 2013-2016 .....	55
<b>Gráfico 8:</b> Niveles de Cobre registrados durante 2013-2016. ....	56
<b>Gráfico 9:</b> Niveles de Cromo Registrados durante 2013-2016.....	57
<b>Gráfico 10:</b> Niveles de Mercurio registrados durante 2013-2018. ....	59
<b>Gráfico 11:</b> Niveles de Níquel registrados en el 2013. ....	60
<b>Gráfico 12:</b> Niveles de Plomo registrados durante 2009-2018.....	62
<b>Gráfico 13:</b> Niveles de Zinc registrados durante 2013-2014. ....	63
<b>Gráfico 14:</b> Concentraciones de metales pesados en el molusco de interés comercial <i>Anadara similis</i> .....	65

<b>Gráfico 15:</b> Concentraciones de metales pesados en el molusco de interés comercial <i>Anadara grandis</i> .....	66
<b>Gráfico 16:</b> Concentraciones de metales pesados en el molusco de interés comercial <i>Anadara tuberculosa</i> .....	66
<b>Gráfico 17:</b> Concentraciones de metales pesados en el molusco de interés comercial <i>Mytella guayanensis</i> .....	67
<b>Gráfico 18:</b> Concentraciones de metales pesados en el molusco de interés comercial <i>Ostrea columbiensis</i> .....	67

# **Análisis de concentración de metales pesados en moluscos estuarinos en las provincias de Esmeraldas, Guayas, El Oro, Ecuador, 2009-2018.**

**Autor: Jonathan David Tamayo León**

**Tutor: Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc**

## **RESUMEN**

La presente investigación se basa en una recopilación bibliográfica y tiene como objetivo comparar los niveles crecientes de contaminación durante el periodo 2009-2018 por parte de los metales pesados, liberados al medio ambiente por actividades antropogénicas y su impacto en la cadena trófica, empleando diferentes especies de moluscos que habitan en las zonas estuarinas de la costa ecuatoriana. Se seleccionó a las provincias de Esmeraldas, Guayas, y El Oro dada su gran biodiversidad de moluscos y zonas estuarinas. La provincia de El Oro presento una mayor contaminación de metales pesados en moluscos de interés comercial principalmente especies del género *Anadara tuberculosa*, *A. similis* y *A. grandis*. Los metales con mayor presencia registrados son el Cadmio (Cd) con 1.525 mg/kg estación isla Santay; 1.304 mg/kg Urbanización Mucho Lote 2 en el año 2016, y estación La Puntilla con 37,21 mg/kg año 2014, siendo su límite Máximo Permisible 0,005 mg/kg. El Mercurio (Hg), con niveles de 618,70 mg/kg 2013 a 870 mg/kg en el 2017 registrados en la provincia de El Oro en la estación del Estero Huaylá, siendo su límite Máximo Permisible 0,0001 mg/kg. El Plomo registro un nivel máximo de 14,13 mg/kg en el año 2014 en la provincia de El Oro estación La Puntilla, siendo su límite Máximo Permisible 0,01 mg/kg.

**Palabras clave:** Moluscos, Metales pesados, Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Plomo (Pb).

## ABSTRACT

This research is based on a bibliographic compilation and aims to compare the increasing levels of contamination during the period 2009-2018 by heavy metals, released into the environment by human activities and their impact on the trophic chain, using different species of molluscs that inhabit the estuarine areas of the Ecuadorian coast. The provinces of Esmeraldas, Guayas and El Oro were selected because of their great biodiversity of molluscs and estuarine areas. The province of El Oro had a higher contamination of heavy metals in molluscs of commercial interest, mainly species of the genus *Anadara tuberculosa*, *A. similis* and *A. grandis*. The metals with the highest recorded presence are Cadmium with 1525 mg / kg at the Isla Santay station; 1.304 mg / kg Urbanization Mucho Lot 2 in 2016, and the La Puntilla station with 37.21 mg / kg in 2014, its maximum admissible limit being 0.005 mg / kg. El Mercurio, with levels from 618.70 mg / kg in 2013 to 870 mg / kg in 2017 recorded in the province of El Oro in the Estero Huaylá station, its maximum allowable limit being 0.0001 mg / kg. Lead recorded a maximum level of 14.13 mg / kg in 2014 in the province of El Oro, station of La Puntilla, its maximum allowable limit being 0.01 mg / kg. with levels from 618.70 mg / kg in 2013 to 870 mg / kg in 2017 recorded in the province of El Oro in the Estero Huaylá station, its maximum allowable limit being 0.0001 mg / kg. Lead recorded a maximum level of 14.13 mg / kg in 2014 in the province of El Oro, station of La Puntilla, its maximum allowable limit being 0.01 mg / kg. with levels from 618.70 mg / kg in 2013 to 870 mg / kg in 2017 recorded in the province of El Oro in the Estero Huaylá station, its maximum allowable limit being 0.0001 mg / kg. Lead recorded a maximum level of 14.13 mg / kg in 2014 in the province of El Oro, station of La Puntilla, its maximum allowable limit being 0.01 mg / kg.

**Keywords:** Molluscs, Heavy metals, Cadmium, Mercury, Lead

# 1. INTRODUCCIÓN

El consumo de moluscos a nivel mundial tiene antecedentes prehistóricos desde mucho antes de la aparición del ser humano constituyéndose en una de las principales fuentes de proteína animal, y esto se da gracias a su fácil extracción y consumo, lo cual los ha situado en la dieta alimenticia de muchas familias.

En la actualidad la producción acuícola mundial de moluscos fue de 17.510,9 toneladas, mientras que la extracción para el 2018, teniendo como principal productor a China fue de 47.550,1 toneladas (FAO, 2020).

Por ser organismos de fácil manejo y con gran capacidad adaptativa al medio en donde se desarrollan los vuelven ideales para la acuicultura, y dado su hábito alimenticio filtrador no requieren más que un buen balance de microalgas presentes en la columna de agua y una buena calidad de la misma con buenos niveles físicos y químicos para que puedan desarrollarse a plenitud.

Las actividades antropogénicas como el desarrollo de las industrias, la sobrepoblación, el aumento del parque automotor, la siempre demandante pesca extractiva ha llevado a un aumento de descarga de metales pesados en las zonas costeras, y estos mismos metales los cuales no pueden ser empleados en procesos biológicos se acumulan en los tejidos de los moluscos.

La concentración de metales pesados en el medio ambiente, son de gran preocupación a nivel mundial, ya que la mayor parte de la población se asienta en zonas costeras, y una de las principales actividades de extracción en los estuarios es la recolección de moluscos para el consumo, y estos procesos de bioacumulación tiene mucha dificultad para eliminarse del tejido (Galan & Romero 2013).

Las concentraciones excesivas de metales pesados en cursos fluviales afectan a los organismos acuáticos de diferentes maneras, desde la disminución de su metabolismo y crecimiento o incluso la muerte en elevadas concentraciones provocadas por la coagulación de las mucosidades sobre las branquias en el caso de los peces (Villanueva *et al.*, 1988; Castañé *et al.* 2003; Argota *et al.*, 2012).

Al encontrarse en contacto con el sedimento, los moluscos son utilizados como organismos centinelas, biomonitores para realizar estudios de seguimiento de metales pesados y otros tipos de contaminantes. El proceso de filtración de los moluscos favorece la bioacumulación de metales en tejidos y sirven para monitorear el estado actual del medio ambiente en especial en causas de ríos, estuarios, zonas costeras (Baqueiro–Cárdenas *et al.*, 2011; Zambrano *et al.*, 2012).

## 2. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad recopilar y analizar de forma retrospectiva mediante análisis de documentos la concentración de metales pesados acumulados en moluscos provenientes de zonas estuarinas en las provincias de Esmeraldas, Guayas, El Oro, con la finalidad de poder entender cuál ha sido el nivel de acumulación de estos metales a lo largo de los años y que especies de moluscos ha sido más empleada para su verificación.

Además, para poder entender que metales tienen mayor presencia y cuáles serían sus repercusiones en la biodiversidad de los estuarios, así como las afectaciones a la cadena trófica y la salud humana que podrían generarse por el consumo de moluscos estuarinos, teniendo en consideración la gran cantidad de moluscos que son comercializados anualmente en el territorio ecuatoriano.

Debido a la poca información que ofrece el gobierno nacional y las autoridades competentes se desconoce los alcances y las repercusiones que pueden tener estos metales pesados sobre la salud de los consumidores y en especial en mujeres embarazadas, y niños.

El poder determinar la presencia de metales en moluscos provenientes de zonas estuarinas también puede ayudar a determinar si en las cuencas altas de los ríos que forman los estuarios hay presencia de zonas mineras y si estas cumplen con la normativa de regulación o no.

El presente documento también pretende ser el punto de partida para una gran variedad de estudios que pudieran realizarse a nivel de toda la cadena trófica y sus consecuencias futuras.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar la concentración de metales pesados en moluscos provenientes de zonas estuarinas de las provincias de Esmeraldas, Guayas y El Oro, mediante el análisis de repositorios digitales, determinando la bioacumulación en estos organismos.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Comparar la concentración de metales pesados registrados en publicaciones durante los años 2009-2018 y que permitan georreferenciar las zonas con mayor afectación.
2. Describir la importancia de los moluscos de interés comercial como bioindicadores de los metales pesados, que son empleados en la gastronomía ecuatoriana.
3. Identificar los límites permisibles de metales pesados de acuerdo a la normativa vigente.



## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Importancia del Estudio de Metales Pesados

Los metales pesados se definen como aquellos metales cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que el agua ( $\geq 5 \text{ g/cm}^3$ ) (Flexner, 1987; Lozet y Mathieu, 1991; Fu y Wang, 2011). Dichos elementos se encuentran de forma natural en la corteza terrestre a diferentes concentraciones. Algunos metales son naturalmente abundantes y tienen altas concentraciones de fondo (Al, Fe...), y otros son más escasos, presentando bajas concentraciones naturales (Hg, Cd, Ag, Se, ...), (El Mai, H. 2014).

Una forma opcional de nombrar a los metales pesados es como “elementos tóxicos” y de acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental (USEPA) de los Estados Unidos estos metales están incluidos en la lista de contaminantes prioritarios e incluye a los elementos Arsénico (As), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Níquel (Ni), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Plata (Au), Cadmio (Ca), Mercurio (Hg), Titanio (Ti), Selenio (Se) y Plomo (Pb), (Toledo, 2016).

Según la International Union Of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), para referirse a los metales pesados se toman ciertas propiedades para definirlos tales como la densidad, peso atómico, masa atómica, y desde el punto de vista químico los metales pesados están constituidos por elementos de transición y post-transición incluyendo algunos metaloides como el arsénico y el selenio (Schinitman, N, 2004).

Otra característica de estos metales son la gravedad específica superior al sodio (Na), Calcio (Ca), y otros metales ligeros. Estos elementos también presentan en diferentes estados de oxidación en agua, aire y suelo con diferentes grados de reactividad, tóxico y eco tóxicos o venenosos en concentraciones bajas o altas (Toledo, 2016).

El Mai, H. 2014. Indica que los metales pesados ocupan una posición única, ya que no pueden ser degradables, y una vez depositados, permanecerán en el medio acuático prácticamente sin ningún cambio cualitativo. Su gran importancia sobre el medioambiente radica en su resistencia a la biodegradación, su tendencia a la bioacumulación en organismos vivos y en ciertos casos su elevada toxicidad a bajas concentraciones siendo un riesgo para los organismos vivos.

Rodríguez, Mc Laughlin, & Pennock, (2019). Indican que el Cadmio es el metal más estudiado en función de la contaminación de la cadena alimentaria y existe una serie de opciones para minimizar la absorción de cadmio presente en el suelo por parte de las plantas y puede darse por mediante la manipulación de los cultivos (especies, variedades y rotación), modificación de las condiciones del suelo y los atributos del agua empleada para el riego.

**Tabla 1:** Manejo agronómico para reducir la absorción de cadmio en plantas.

<b>Manipulación de los cultivos</b>	<b>Manipulación del suelo</b>	<b>Manipulación del agua</b>
Especies de plantas a cultivar	Selección del emplazamiento	Uso de aguas con bajas concentraciones de salinidad
Variedades de plantas	Cultivo (Dilución/entierro)	
Rotación de cultivos	Adición de cal	
Fitoextracción	Adición de zinc	
	Adición del absorbente	

**Elaborado por:** Tamayo, 2021.

**Fuente:** Modificado de Rodríguez, McLaughlin, & Pennock, 2019.

Las diferentes especies de plantas varían su capacidad para acumular Cd en sus tejidos comestibles, los vegetales de hojas verdes generalmente acumulan altas concentraciones a diferencia de los granos o frutas. Dado que el cadmio es un metal catiónico, la adición de cal permite elevar el pH del suelo y aumentar la capacidad de intercambio de cationes del suelo aumentando la capacidad de adsorción del suelo y reducir la captación por el cultivo, normalmente se requieren altas tasas de aplicación (toneladas por hectárea) y la duración en el tiempo de la remediación es desconocida.

La adición de Zn también ha demostrado reducir las concentraciones de Cd de los cultivos a través de una absorción competitiva del Zn sobre el Cd en los tejidos comestibles, si la contaminación por Cd es antropogénica y no geogénica, es probable que la contaminación quede restringida a la capa superficial del suelo tal como sucede con muchos contaminantes, el cultivo y entierro o dilución de la capa contaminada puede reducir la absorción de Cd por los cultivos ya que la mayoría de las raíces son activas únicamente entre los 10-20 centímetros superiores del suelo.

Siavichay, 2013; Cousillas, 2007; Alcívar y Mosquera, 2011. Reportan que el cadmio se ha detectado en más de 100 especies de flora y fauna acuática y terrestres por igual y que los organismos marinos son menos sensibles a la toxicidad del cadmio disuelto que los organismos estuarinos o de agua dulce.

También se reportan anomalías en anfibios como la reducción de la metamorfosis y en reptiles una clara reducción de la hormona tiroidea, Burguer, (2008). En el caso de aves se ha reportado un retardo en su crecimiento, hiperplasia en los huesos, anemia hipoplasia testicular (Richardson *et al.*, 1974) reporto inmunosupresión (Voleda *et al.*, 1997), arteriosclerosis e hipertensión (Revisé *et al.*, 1981) la disminución en la ingesta de alimentos, una marcada reducción de la ovoposición con adelgazamiento de la cascara calcárea de los huevos (Burguer, 2008).

Los insectos tampoco han escapado de los efectos tóxicos del cadmio (Lijun *et al.*, 2005) reportó la activación de enzimas antioxidantes sugiriendo una producción de especies reactivas de oxígeno, las cuales generan daños en las membranas celulares.

Otro contaminante de suelos es el metaloide Arsénico (As), presente en arrozales, siendo las fuentes geogénicas más generalizadas que las fuentes antropogénicas y se presenta principalmente en suelos inundados en los cuales las bajas condiciones de oxido-reducción movilizan al As, al solubilizar los minerales de óxido de hierro que sirven de enlace con el As, y a su vez reducen el ion arsenato convirtiéndolo en arsenita, el cual es más móvil. (Rodríguez, 2001).

Metales como el Mercurio (Hg) y Plomo (Pb), son de gran persistencia en el medio ambiente al igual que otros contaminantes metálicos siendo desfavorables para la flora y fauna con repercusiones en la salud humana, dado que en sistemas acuáticos las reacciones de estos elementos se magnifican en sus formas más tóxicas. Esto da lugar a la amplificación biológica de los elementos en la cadena trófica como es el caso del mercurio y sus derivados los cuales pueden producir una serie de desórdenes neurológicos, fisiológicos, de actividad enzimática, efectos teratogénicos, mutagénicos, y problemas de reproducción (Granda, 2012).

La tendencia de los metales pesados a formar asociaciones, con sustancias minerales (carbonatos, sulfatos, etc.) y en mayor grado con sustancias orgánicas, mediante fenómenos de intercambio iónico, absorción, quelación, y la formación de combinaciones químicas les permiten acumularse en el medio ambiente principalmente en los sedimentos de ríos, mares, lagos, permitiendo la solubilización incorporándose a la cadena trófica (Forstner y Wittmann, 1981; Dekov et al., 1998; Murray, 1996; Rosas, 2000).

Esto también les permite pasar fácilmente de fases líquidas a sólidas o viceversa dentro de los sistemas acuáticos debiéndose a las variaciones de los componentes bióticos como abióticos, convirtiendo a los sedimentos en compartimientos estancados de los metales pesados (Rosa, 2005).

Otra característica de los metales pesados es su dinámica, dado que el principal receptor de los metales pesados proveniente de la contaminación antropogénica es el suelo y estos no se comportan como elementos estáticamente inalterables, y su dinámica puede clasificarse en cuatro vías (Navarro A.L., 2007). Tabla 2.

**Tabla 2:** Clasificación de la dinámica de los metales pesados.

<b>Medios</b>	<b>Descripción</b>
Movilización	Aguas superficiales o subterráneas
Transferencia	Por volatilización hacia la atmósfera
Absorción	Por las plantas y su posterior incorporación a la cadena trófica.

Retención	Presencia de metales pesados en distintas formas: Disueltos en la disolución del suelo o pueden estar fijados por procesos de absorción y precipitación.
-----------	--

**Elaborado por:** Tamayo, 2021.

**Fuente:** Modificado de Ordoñez, 2015.

Como es sabido las actividades humanas han contribuido entre un 70-75% de la contaminación global siendo principalmente en la superficie terrestre, de hecho, un 90% de los contaminantes son transportados por los ríos el mar y más en épocas de lluvias, dado que el 70-80% de la población mundial se ubican en las zonas costeras o cercanas a ellas y gran parte de sus desechos se depositan de forma directa o indirecta en el mar (Escobar, 2002).

Aún se desconocen las consecuencias de las explotaciones de las actividades agrícolas o mineras a largo plazo, sin embargo, ya se comienza a notar el deterioro de muchos ecosistemas marinos y costeros, generando grandes impactos negativos en la biodiversidad y la reducción de la abundancia de especies marinas, provocado por el uso descontrolado de agroquímicos, antibióticos y extracción material minero ya que el agua empleada en dicha industria es desechada en los cauces de los ríos aledaños afectando todo el recorrido del río hasta llegar a los estuarios marinos (Espinoza, 2014).

La agricultura por su parte ha causado grandes impactos en el medio ambiente, y uno de los contaminantes más severos es el superfosfato el cual contiene un nivel alto de impurezas como Cd, Co, Cu y Zn, el sulfato de cobre y el sulfato de hierro presentan grandes cantidades de Pb (Gil *et al.*, 2002).

El uso continuo de plaguicidas ha contaminado cuerpos de agua superficiales y subterráneas por escurrimiento, infiltración, y erosión del suelo en lugares en los que se han aplicado (Hernández-Antonio and Hansen, 2011). Actualmente la toxicidad de los elementos no solo se relaciona con su concentración, movilidad, disponibilidad biológica y tiempo de exposición, sino que también dependen de la forma química en la que se encuentren (Caruso, Klaue, Michalke, & Rocke, 2003).

Como ejemplo tenemos la forma orgánica del arsénico el cual es mucho más tóxica que sus formas metiladas, y siguiendo esta línea la forma más tóxica del mercurio es el metilmercurio (Fernández & Jiménez. 2012).

## **5. METALES PESADOS O METALES TRAZA**

### **5.1 Descripción.**

#### **5.2 Arsénico (As).**

Mandal, & Suzuki, 2002. El arsénico se encuentra distribuido ampliamente en la naturaleza (cerca de  $5 \times 10^{-4}$  % de la corteza terrestre), su símbolo es As, su número atómico es 33 y su peso molecular es 74.922 g. fue descubierto en 1250 por Alberto magno y desde entonces ha sido ampliamente utilizado por sus propiedades medicinales y tóxicas. Naturalmente está presente en alimentos y bebidas, alcanza concentraciones altas en crustáceos y otros mariscos. Si bien se asocia con la muerte, es un elemento esencial para la vida y su deficiencia puede llegar a diversas complicaciones.

En el entorno marino se encuentra en grandes concentraciones en su forma orgánica, en concentraciones de 50mg/Kg de arsénico de peso fresco, está presente en algas marinas, el pescado. Los metilados de arsénico tienen una toxicidad aguda baja, la arsenobetaína principal forma de arsénico presente en pescados y crustáceos, se considera no tóxica. En los crustáceos, moluscos y algas presentan derivados del dimetilarsinoilribosido (“arsenoazúcares”) cuya toxicidad no se conoce en detalle. El arsénico inorgánico es la única forma para la cual el JECFA ha establecido una ISTp. Los datos epidemiológicos humanos utilizados para hacer esta evaluación de riesgos se basan en la exposición a arsénico inorgánico presente en el agua potable Toledo, S., & Darwin, J. (2016).

#### **5.3 Cadmio (Ca).**

Elemento químico relativamente raro que algunas actividades humanas liberan a la atmósfera, la tierra y el agua Toledo, S., & Darwin, J. (2016). Su símbolo atómico es 48, tiene una relación estrecha con el Zinc, con el que se encuentra relacionado en la naturaleza. Es un metal muy dúctil, de color blanco argentino con un ligero matiz azulado. Es más blando y maleable que el zinc, mayor dureza que el estaño. Su peso atómico es de 112.40 y su densidad relativa es

de 8.65 a 20°C u (68°F). alcanza un punto de fusión de 320.9°C y de ebullición 765°C (1410°F), son inferiores a los del zinc.

En la naturaleza hay ocho isotopos estables y se han descrito once radiosótopos inestables de tipo artificial, convirtiéndolo en el elemento más biotóxico, y un contaminante principal por su variedad de usos, los aportes antropogénicos de cadmio son considerados la principal fuente de este elemento al medio ambiente marino entrando por deposición (Senior, 2014).

#### **5.4 Cobalto (Co).**

El símbolo químico del cobalto es Co, su número atómico es 27 y su peso atómico de 58.93. Se parece al hierro y níquel, tanto en estado libre como combinado. Se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza formando el 0.001% del total de las rocas ígneas de la corteza terrestre. Se encuentra en las rocas, el suelo, el agua, plantas y animales.

El cobalto se usa para producir aleaciones usadas en la manufactura de motores de aviones, imanes, herramientas para triturar y cortar, fabricación de articulaciones artificiales para la rodilla y la cadera además de uso industrial para colorear vidrio, cerámicas, pinturas y secador de esmaltes. La población está expuesta a niveles bajos de cobalto en el aire, agua y alimentos Llori O, & Romero T. (2017).

#### **5.5 Cobre (Cu).**

Su símbolo químico es Cu, su número atómico es 29, es uno de los metales de transición e importante metal no ferroso, tienen una densidad de 8.96g/cm<sup>3</sup> a 20°C, mientras que el cobre de tipo comercial varia con el método de manufactura, oscilando entre 8.90 y 8.94. su punto de fusión es de 1038 °C o 1981 °F y su punto de ebullición es de 2595°C o 4703°F.

El cobre es de color rojo pardo brillante, maleable y dúctil, más pesado que el níquel y más duro que el oro y la planta. Su presencia en la naturaleza es de forma natural en rocas, el suelo, agua, aire, es esencial para plantas y animales quienes deben ingerirlo de los alimentos o bebidas que ingieren.

En la agricultura se emplea ampliamente para combatir hongos, enfermedades de plantas, para tratar agua y como preservante de alimentos, cueros y telas (ATSDR, 2004).

### **5.6 Cromo (Cr).**

Su símbolo químico es Cr, su número atómico es 24, su peso atómico es 51,996, posee un color blanco plateado, duro y quebradizo, es relativamente suave y dúctil cuando no está tensionado o cuando no está en estado puro. Sus principales usos son la producción de aleaciones anticorrosivas de gran dureza y resistencia al calor y como recubrimiento para galvanizados.

Se encuentra de forma natural en el suelo, plantas y animales pudiendo existir en varias formas como líquido, sólido o gas. Las formas más comunes son cromo (0), cromo (III), cromo (VI). Los compuestos de cromo no tienen sabor u olor especial.

### **5.7 Mercurio (Hg).**

El símbolo químico del mercurio es Hg, su número atómico es 80, anteriormente se llamó Hydrargyrum, es un elemento pesado, de color plateado, es el único metal en estado líquido a temperatura ambiente. Metales como el bromo, cesio, galio y rubidio tienden a fundirse justo por encima de la temperatura ambiente. El mercurio se produce a nivel mundial como cinabrio (sulfuro de mercurio). El pigmento rojo bermellón se obtiene moliendo cinabrio natural o sulfuro mercúrico sintético (Duran, 2014).

### **5.8 Níquel (Ni).**

Su símbolo atómico es Ni. Su número atómico es el 28. Es un metal duro, blanco plateado, dúctil y maleable, en la naturaleza el Níquel presenta una masa atómica de 58.71, con cinco isótopos naturales con masas atómicas de 58, 60, 61, 62, 64. En su mayoría es empleado en la fabricación del acero inoxidable y otras aleaciones resistentes a la corrosión, también se encuentra presente en



pequeñas cantidades en plantas, animales, agua de mar, petróleo y en mayor cantidad en el carbón (LENNTECH, 2020).

### **5.9 Plomo (Pb).**

Su símbolo químico es Pb, su número atómico es 82 y su peso atómico es 207.19. El plomo es un metal pesado, su densidad relativa, o gravedad específica es de 11.4 s, 16 C (289,16°K) de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con relativa facilidad a 327.4 °C o (600.56°K) y su punto de ebullición es de 1725°C o 1998.16 °K. (LENNTECH, 2020)

El plomo forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos además de sales plúmbicas, es un metal que tiene un aporte antropogénico, cuya magnitud ha alcanzado niveles globales, siendo su principal fuente la atmósfera (Toledo, 2016)

De acuerdo a la FAO y la OMS (2007). El plomo y sus compuestos pueden penetrar en el medio ambiente durante la minería, la fundición, procesamiento, utilización y reciclado o como desechos de la quema de combustibles. La principal exposición de adultos no fumadores procede de los alimentos y el agua. Los alimentos, el aire, el agua, polvo, suelo son las principales fuentes potenciales de exposición a lactantes y niños pequeños.

### **5.10 Zinc (Zn).**

Su símbolo químico es Zn, su número atómico es 30 y su peso atómico 65.37, es un metal maleable y dúctil de color gris. Se conocen 15 isótopos, cinco de los cuales son estables y tienen masas atómicas de 64, 66,67, 68 y 70. Cerca de la mitad del zinc común se encuentra como isótopo de masa atómica 64 (LENNTECH, 2020).

Se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, adopta la forma de sulfuro (esfalerita), carbonato, óxido o silicato (calamina) de zinc, combinado con muchos minerales.

El cromato de zinc ( $ZnCrO_4$ ), o amarillo de zinc, se utiliza en pigmentos, pinturas, barnices, lacas y en la fabricación de linóleo, también se utiliza como inhibidor de la corrosión para metales y laminados epoxi. Como nutriente esencial es un

componente de las mataloenzimas que participan en el metabolismo de los ácidos nucleicos y en la síntesis de las proteínas, su absorción es más fácil a partir de las proteínas animales que de los productos vegetales (Mendoza, 2014).

## **6 LOS METALES PESADOS Y SU ROL EN EL MEDIO AMBIENTE**

Los metales pesados se encuentran de forma natural en el medio ambiente, estos son aportados a los suelos y al ciclo hidrológico durante la erosión de rocas ígneas y metamórficas debido a la acción atmosférica, física y química (Mendoza, 2014). Algunos metales pesados son esenciales para la vida y otros son beneficiosos, pero muchos de ellos son altamente tóxicos (O'Shea Y Geraci, 1999; Jerez y Col., 2010).

Desde el punto de vista de la contaminación ambiental, los elementos tóxicos pueden clasificarse como: no críticos, tóxicos, pero poco disponibles y altamente tóxicos y muy accesibles (Peterle, 1991).

Las concentraciones en las cuales los metales pueden ser considerados tóxicos cambian de una especie a otra, es decir un elemento puede ser esencial a niveles bajos para una especie, pero puede ser tóxico para otras. El Mai, H. (2014) establece Los criterios para establecer si un metal pesado es esencial o no para el crecimiento normal de las planta o animales incluyen:

1. El organismo no puede crecer ni puede completar su ciclo biológico sin un suministro adecuado del metal.
2. El metal no puede ser totalmente reemplazado por otro metal.
3. El metal tiene una influencia directa en el organismo y está involucrado en su metabolismo.

**Tabla 3:** Elementos tóxicos en el medio ambiente.

No críticos			Tóxicos, pero poco disponibles o insolubles			Altamente tóxicos y muy accesibles		
Na	C	F	Ti	Ga	Hf	Be	As	Au
K	P	Li	La	Zr	Os	Co	Se	Hg
Mg	Fe	Rb	W	Rh	Nb	Ni	Te	Cu
Ca	S	Sr	Ir	Ta	Ru	Pd	Pb	Zn
H	Cl	Al	Re	Ba		Ag	Bi	Sn
O	Br	Si				Cd	Sb	Pt
N						Tl		

**Elaborado por:** Tamayo, 2021.

**Fuente:** Peterle, 1991.

Para los seres vivos, los iones metálicos juegan un doble rol en la fisiología, mientras que unos son indispensables para la vida (compuestos orgánicos esenciales), otros pueden llegar a ser tóxicos en función de la dosis ingerida, en cualquiera de los casos en altas dosis cualquier metal es tóxico (Repetto, 1995).

Los metales pesados que se encuentran de forma natural en la corteza terrestre también pueden convertirse en contaminantes si su distribución en el ambiente se altera mediante actividades humanas, a estos elementos se los denominan “metales traza” porque presentan bajas concentraciones en organismos de 1mg/Kg o menos, aunque dicho termino puede implicar la presencia de un requerimiento esencial (Rosas, 2001).

Altas concentraciones de metales pueden ocurrir por el vertido de materiales durante la extracción de la minería, el refinamiento de productos derivados del petróleo o su extracción, la inadecuada disposición final de residuos metálicos también ocasiona contaminación del suelo, aguas superficiales y subterráneas y ambientes acuáticos. Las fuentes naturales y antropogénicas pueden contribuir de manera importante a la emisión de elementos metálicos a la atmosfera (Moreno, 2003).

Metales como As, Cd, Cr, Hg, Ni, Zn, presentan alta toxicidad a bajas salinidades atribuida a una rápida acumulación teniendo una gran importancia en los estuarios y su cuenca hidrográfica en zonas altas (Senior, W. 2014). Y de acuerdo a Martines, 2000 & Castañe, 2003, estos 6 metales son los de mayor importancia por su toxicología y eco toxicológica para la mayoría de organismos

residentes en zonas estuarinas y la exposición por encima de la concentración umbral puede ser perniciosa.

**Tabla 4:** Metales pesados esenciales para la vida en cantidades traza.

<b>Metal pesado en cantidad traza</b>	<b>Aspecto Biológico</b>
Zinc	Participa en la activación de varias enzimas de las plantas y es necesario para la síntesis del ácido indolacético, regulador de crecimiento.
Cobalto	Activa muchas enzimas, presentes en la vitamina B12.
Cobre	Esencial en enzimas oxidativas y otras, también en la hemocianina.
Cromo	Esencial en animales superiores, relacionado con la actividad de la insulina.
Estaño	Esencial en ratas, aunque se desconoce su función.
Hierro	Esencial en la hemoglobina y muchas encimas; es el ión metálico de transición más importante
Manganeso	Activa varias enzimas importantes en el uso de las vitaminas B y C, activa la enzima responsable de la transformación de la glucosa en glicógeno por fosforilación.
Molibdeno	Activa varias enzimas, es un componente de dos enzimas que intervienen en el metabolismo del Nitrógeno.
Vanadio	Esencial para plantas inferiores, ciertos animales marinos y el hombre.

**Elaborado por:** Tamayo, 2021.

**Fuente:** Orozco-Barrenetxea & Col., 2008.

La tabla cinco muestra los estragos en la salud humana producidos tanto por deficiencia como una sobre exposición a los diferentes metales ya sea por ingesta o contacto prolongado.

**Tabla 5:** Enfermedades producidas por deficiencia o toxicidad de metales esenciales.

<b>Metal</b>	<b>Deficiencia</b>	<b>Toxicidad</b>
Arsénico	Disminución del crecimiento, fertilidad reducida y alta mortalidad perinatal en animales	Tóxico en piel y sistema nervioso. Posible cancerígeno.
Bario	Deficiencia en el crecimiento, desarrollo del Hígado e incremento en la mortalidad perinatal en animales. Disminución de la actividad enzimática de muchas enzimas.	Sistema circulatorio.
Zinc	Enanismo, crecimiento retardado de las gónadas "Acrodermatitis enteropática" Dermatitis periorificial y acral, alopecia y diarrea.	Fiebre metálica. Diarrea
Cobalto	Anemia. Enfermedad del hígado blanco (fotosensibilización, anemia y adelgazamiento)	Fallos cardíacos. Policitemia eritrocitosis (trastorno el cual aumenta la proporción de glóbulos rojos por volumen sanguíneo).
Cobre	Anemia. Mareos	Envenamiento crónico de cobre, enfermedad de "Wilson-Bedlinton" (Toxicosis hereditaria por cobre: trastorno progresivo generalmente mortal del metabolismo del cobre).
Cromo	Trastorno en el metabolismo de la glucosa	Daños en el riñón "Nefritis"
Hierro	Anemia	Hemocromatosis
Magnesio	Disfunción de las gónadas, convulsiones, malformaciones del esqueleto. Enfermedad del	Ataxia (trastorno caracterizado por la disminución de la

	musculo blando (Degeneración no inflamatoria de los músculos esqueléticos).	capacidad de coordinar los movimientos).
Selenio	Necrosis del hígado. Distrofias musculares, enfermedad del musculo blanco.	Enfermedad alcalina (erosión de las articulaciones de los huesos largos, atrofia y cirrosis hepática, atrofia cardiaca, anemia y ascitis). Ceguera tambaleante, parálisis y fallos cardiacos.

**Elaborado por:** Tamayo, 2021.

**Fuente:** El Mai. 2014.

La toxicidad de los metales pesados influye de diversas formas en los procesos fisiológicos de los organismos, los cuales al exceder las cantidades necesarias de ingestión se puede llegar a un grado alto de envenenamiento, dañando y reduciendo las funciones nerviosas y neurológica, alterando la composición sanguínea perjudicando órganos como los pulmones, riñones, hígado. Una larga exposición a su consumo puede provocar una degeneración muscular y neurológica progresiva, que pueden derivar en Alzheimer, Parkinson, Atrofia muscular o esclerosis múltiple. En general no suelen causar reacciones alérgicas, pero el contacto repetido y prolongado puede ser causa de cáncer (Glance,1996).

Ferrer, 2013 explica que la toxicidad se relaciona con las proteínas, muchas de ellas con actividad enzimática, las cuales afectan diversos procesos bioquímicos, membranas celulares y orgánulos por interacción entre el ion metálico libre y la proteína, por mecanismos específicos entre los que se destacan las siguientes interacciones:

- Interacción con metales esenciales por similitud electrónica.
- Formación de complejos metal-proteína con inactivación de su función.
- Inhibición enzimática de proteínas con grupos sulfhidrilo
- Afectación de los orgánulos celulares: mitocondrias, lisosomas, microtúbulos.

## 7 NIVELES DE TOXICIDAD EN METALES PESADOS

De acuerdo a Jimenes (2001) en ingeniería ambiental, no todos son metales y no todos son pesados, dado que en química los metales de mayor importancia en el agua, en la que se encuentran en forma iónica, se los clasifica en prioritarios y no prioritarios.

Tabla 6: Metales de interés en el agua.

Metales no prioritarios, pero de interés en el agua		Metales Prioritarios	
Nombre	Densidad g/m <sup>3</sup>	Nombre	Densidad g/m <sup>3</sup>
Aluminio	2.70	Antimonio	6.62
Bario	3.50	Arsénico	5.53
Calcio	1.55	Berilio	1.85
Hierro	7.86	Cadmio	8.64
Manganeso	7.30	Cromo	6.93
Potasio	0.86	Mercurio	13.60
Sodio	0.97	Níquel	8.80
Vanadio	6.10	Plomo	11.40
		Selenio	4.82
		Talio	16.60
		Zinc	7.14

Elaborado por: Tamayo, 2021.

Fuente: Cisneros, 2001.

## 8 ESPECIES DE MOLUSCOS EMPLEADOS COMO BIOINDICADORES

### 8.1 *Anadara grandis*.

También conocida en el Pacífico Colombiano como “Sangara”, “Casco de mula” (Broderip & Sowerby 1829), Riascos, en el 2011 indica que se la considera dentro de la fauna de importancia económica.

Morfológicamente tiene una forma sub-cuadrada, con valvas convexas de consistencia gruesa, posee una concha equivalva con una dentificación taxodonta, su superficie externa presenta entre 24 a 29 costillas, presentando

una escultura radial, un periostraco de color gris oscuro, casi negras, un umbo ortogiro y un marguen interno crenulado.

Las valvas internamente son de color blanco porcelanado con dos impresiones musculares dimiario, isomiarios y una línea paleal, integro paleal.

(Miranda, 2006) establece que su distribución va desde bahía magdalena en el océano pacifico al sur de baja california, en el golfo de California, La paz baja California sur y Guayana, desde Sinaloa en México hasta la Bahía de Tumbes en el Perú e isla del Coco, Costa Rica.

### **Taxonomía.**

**Phyllum:** Mollusca

**Clase:** Bivalvia

**Subclase:** Autobranchia

**Infraclase:** Autobranchia

**Infraclase:** Pteriomorphia

**Orden:** Arcida

**Superfamilia:** Arcoidea

**Familia:** Arcidae.

**Género:** *Anadara*

**Especie:** *tuberculosa*

(Broderip y GB Sowerby I, 1829) MolluscaBase eds. (2020).





**Imagen 1:** Morfología interna y externa de *A. grandis*.  
**Fuente:** Morales, 2015.

### 8.2 *Anadara similis*.

También conocida como piangua la *A. similis* es un molusco bivalvo el cual habita en las zonas meso litorales en asociación con las raíces del mangle rojo (*Rhizophora sp.*) su distribución geográfica va desde Baja California hasta el sur de Perú (Borda, C. & Cruz, R., 2004).

#### **Taxonomía:**

**Phyllum:** Mollusca

**Clase:** Bivalvia

**Subclase:** Autobranchia

**Infraclase:** Pteriomorpha

**Orden:** Arcida

**Superfamilia:** Arcoidea

**Familia:** Arcidae.

**Género:** *Anadara*

**Especie:** *similis*

(CB Adams, 1852) MolluscaBase eds. (2020).



**Imagen 2:** Vista exterior e interior de *Anadara similis*.  
**Fuente:** WoRMS, 2020.

### **8.3 *Anadara tuberculosa*,**

Comúnmente conocida como concha prieta la *Anadara tuberculosa* de acuerdo a (Renge et al., 2010) los moluscos representan en la acuicultura uno de los grupos más importantes desde el punto de vista productivo y económico. (Mite, D. & Gonzabay.,2009) lo describe como un molusco de concha grande, equivalva con forma oblicuamente ovalada y un margen dorsal angulado el cual posee entre 34-37 costillas radiales y con nudos dispersos sobre el lado anterior.

Sus umbos son anchos frecuentemente erosionados de concha blanda cubierta por perios-tracos café negruzcos con finas cerdas entre las costillas, su cara interna es blanca con un tono rozado bajo la charnela y un borde crenulado. Su longitud es de 58 mm por 44,5 mm de alto.

**Taxonomía:**

**Phyllum:** Mollusca

**Clase:** Bivalvia

**Subclase:** Autobranchia

**Infraclase:** Pteriomorpha

**Orden:** Arcida

**Superfamilia:** Arcoidea

**Familia:** Arcidae.

**Género:** *Anadara*

**Especie:** *tuberculosa*

(GB Sowerby I, 1833) MolluscaBase eds. (2020).



**Imagen 3:** Vista exterior e interior de dos especímenes de *Anadara tuberculosa*

**Fuente:** WoRMS, 2020

Esta especie se encuentra distribuida desde laguna ballena, en baja California hasta Tumbes Perú tal como indica (Mora S. E., 2002). Y en Ecuador su distribución va desde Palma Real, San Lorenzo, Tambillo en Limones, Muisne,

San José de Charanga, Campo Alegre, Bahía de Caráquez, Puná, Puerto Bolívar, Puerto Pitahaya, Hualtaco.

#### **8.4 *Cerithidea mazatlanica*.**

Amaguaya, V., & Ruby, J. (2015). Describen a *C. mazatlanica* con una concha de forma turreteliforme, color café oscuro a negro, de tamaño mediano, su escultura en forma de malla debido a las estrías axiales y espirales que forman nudos en toda la concha de espira alta y cancelada, con abertura semicircular, pequeña, un labio interno corto y recto con un canal sifonal en su extremo a manera de una ligera hendidura. El labio externo es delgado y cortante y su opérculo quitinoso. Habita en fondos lodosos, desde baja California hasta el sur de Ecuador.

#### **Taxonomía**

**Phyllum:** Mollusca

**Clase:** Gastropoda

**Subclase:** Caenogastropoda

**Orden:** Caenogastropoda

**Superfamilia:** Cerithioidea

**Familia:** Potamididae

**Género:** *Cerithidea*

**Especie:** *mazatlanica*

(Carpente, 1857) MolluscaBase eds. (2020).



**Imagen 4:** *Cerithidea mazatlanica*.

**Fuente:** Poppe, 2017.

### **8.5 *Littoraria varia*.**

Presenta una concha enrollada de forma turbiforme a ovalada, de tamaño pequeño a mediano con escultura casi lisa que presenta rugosidades, nunca hay espinas. La abertura circular sin canal sifonal, su opérculo es quitinoso paucispiral. Esta especie prefiere hábitats como la zona mezo supralitoral (sobre el límite de la pleamar) en variados tipos de sustratos desde el concreto de las estructuras, madera, arboles de mangle, estructuras metálicas etc. (Cruz, 2013).

### **Taxonomía**

**Phyllum:** Mollusca

**Clase:** Gastropoda

**Subclase:** Caenogastropoda

**Orden:** Littorinimorpha

**Superfamilia:** Littorinoidea

**Familia:** Littorinidae

**Género:** Littorarea

**Especie:** *varia*

(*Littoraria varia*, Sowerby, 1832). MolluscaBase eds. (2020).



**Imagen 5:** Especimen de *L. varia* recolectado en La Libertad 2018.

**Fuente:** WoRMS, 2018.

### **8.6 *Mytella guayanensis*.**

El molusco bivalvo *Mytella guayanensis* descrito por Lamarck en 1819 presenta una concha moderadamente delgada, con una porción posterior termina en un ángulo obtuso, su superficie externa presenta numerosas líneas concéntricas bien definidas en la pendiente posterior, la cual divide una porción de color café brillante (antero-ventral) y una coloración verdosa (postero-dorsal). Su longitud máxima es de 9cm alcanzando un promedio de vida de 20 meses, su madures sexual está alrededor de los 2,5 cm de acuerdo a los registros realizados por (Sibaja, 1986; Poutiers, 1995). Su distribución va desde México hasta Puerto Bolívar en los ecosistemas de manglar adherido las raíces de los mangles y estructuras de cemento o enterrado en sustratos areno fangoso hasta los 20cm (Siguencia, 2010; Rodriguez, 2013).

## **Taxonomía**

**Phyllum:** Mollusca

**Clase:** Bivalvia

**Subclase:** Autobranchia

**Infraclase:** Pteriomorpha

**Orden:** Mytilida

**Superfamilia:** Mitilioidea

**Familia:** Mytilidae.

**Subfamilia:** Arcuatulinae

**Género:** *Mytella*

**Especie:** *guayanensis*

(Lamarck, 1819) MolluscaBase eds. (2020).



**Imagen 6:** Vista exterior e interior de Mejillón *Mytella guayanensis*.

**Fuente:** Modificado de Castro, 2017.

### **8.7 *Mytella strigata*.**

Común mente conocido como mejillón *Mytella strigata* (Hanley, 1843), presenta una concha alargada, con un margen dorsal arqueado y ñor su parte ventral es ligeramente cóncavo, su escultura es concéntrica, sus umbos terminales, el periostraco es lustroso de color café, la charnela consta de dos o tres dientecillos y lúnula con ribetes radiales. Puede alcanzar una talla de 45 mm de longitud.

La distribución en el Ecuador va desde San Lorenzo Esmeraldas hasta puerto Pitahaya en la Provincia de El Oro. Habita en los ecosistemas estuarinos adheridos a las raíces de los mangles, sobre estructuras de cemento o enterrada en sustrato areno fangoso.

Su captura se da de manera artesanal de forma manual y se comercializa en fresco, los principales puertos de desembarco son Esmeraldas, Guayas y Puerto Bolívar (Mero, 2010).

### **Taxonomía**

**Phyllum:** Mollusca

**Clase:** Bivalvia

**Subclase:** Autobranchia

**Infraclasse:** Pteriomorpha

**Orden:** Mytilida

**Superfamilia:** Mitilioidea

**Familia:** Mytilidae.

**Subfamilia:** Arcuatulinae

**Género:** *Mytella*

**Especie:** *strigata*

(Hanley, 1843) MolluscaBase eds. (2020).





**Imagen 7:** Valvas de espécimen de *Mytella strigata*.

**Fuente:** Modificado de Mero, 2010.

### **8.8 *Ostrea columbiensis*.**

Normalmente conocida como Ostión, la *Ostrea columbiensis* (Hanley, 1846). Presenta una concha con forma triangular a trapezoidal, algo frágil de textura rugosa y lamelas irregulares, su interior es de color blanco nacarado con una franja color gris oscuro bordeando las valvas. Tiene una talla media aproximada de 53 mm de longitud.

Su distribución en el Ecuador va desde el interior del golfo de Guayaquil hasta Hualtaco, habita principalmente en ecosistemas estuarinos adherido a las raíces de los mangles rojos. Los principales puertos de descarga son Guayaquil y Puerto Bolívar. Es capturado de manera artesanal mediante la utilización de herramientas corto punzantes y se comercializa en fresco (Mero, 2010).

#### **Taxonomía.**

**Phylum:** Mollusca

**Clase:** Bivalvia

**Subclase:** Autobranchia

**Infraclase:** Pteriomorpha

**Orden:** Ostreida

**Superfamilia:** Ostreoidea

**Familia:** Ostreidae

**Subfamilia:** Ostreinae

**Género:** *Ostrea*

**Especie:** *Columbiensis*

(Hanley, 1846) MolluscaBase eds. (2020).



**Imagen 8:** Valvas de *Ostrea columbiensis*.

**Fuente:** Modificado de Mero, 2010.

### **8.9 *Pomacea caniculata*.**

Es un representante de los gasterópodos dulceacuícola su nombre científico es *Pomacea caniculata* (Lamarck, 1828), es conocido comúnmente como caracol manzana, caracol de milagro, caracol lunar, churo de agua o caracol amularía (Agrocalidad S/F).

**Taxonomía.**

**Phyllum:** Mollusca

**Clase:** Gastropoda

**Subclase:** Prosobranchia

**Orden:** Caenogastropoda

**Superfamilia:** Ampullarioidae

**Familia:** Ampullariidae.

**Género:** *Pomacea*

**Especie:** *caniculata*



**Imagen 9:** Caracol manzana (*Pomacea canaliculata*).

**Fuente:** Ramírez, 2016.

De acuerdo a información de la Agencia Ecuatoriano De Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD) (SF) el caracol manzana, *P. caniculata* es una especie Sudamericana la cual ha sido introducida al sudeste de Asia cerca de 1980 para uso alimentario y aperitivo gourmet y de exportación. Esta especie de caracol puede permanecer sumergido y oculto durante el día entre la vegetación cercana a la superficie, su actividad es mayor durante las noches en las cuales realiza su ovoposición en racimos de color rosado a rojo con 200 huevos los cuales tardan dos semanas en eclosionar.

Su actividad se ve muy regulada por la temperatura del agua puesto que a 18 °C su movilidad es limitada, pero a temperaturas elevadas.

En aguas con temperaturas superiores a 32°C presenta alta mortalidad, pero puede sobrevivir de 15 a 20 días a 0 °C, 2 días a °C y a -6 °C solo puede sobrevivir 6 horas. Tienen una alta tasa de reproducción y pueden sobrevivir

condiciones ambientales severas como la contaminación o bajos niveles de oxígeno.

Esta especie de caracol es extremadamente polífago, se alimentan de material vegetal, detritos y materia animal, además de ser macro fitófago con preferencias por las plantas flotantes o sumergidas que las emergentes. Puede ser encontrado en densidades desde 1-5 individuos/m<sup>2</sup> hasta densidades de 150 individuos/m<sup>2</sup>.

### **8.10 *Protothaca aspérrima*.**

Presenta dos valvas de forma ovalada, de tamaño mediano, el umbo es prosogiro, con un ligamento externo opistodetico, su charnela está compuesta por tres dientes cardinales sin dientes laterales, con músculos aductores dimiarios isomiarios, senopaleados, el interior de sus valvas es porcelanado.

En la zona anterior predominan las estrías radiales, en la zona media son similares y en la posterior predominan las estrías concéntricas. Este tipo de especies se ha encontrado en ambientes de alta salinidad a lo largo de la costa ecuatoriana, además se la puede encontrar en ambientes de baja salinidad como en el Estero Salado de Guayaquil lo cual demuestra que es una especie eurihalina con un amplio rango de distribución. El en Estero Salado se reporta frecuente mente cerca al puente Portete durante la baja mar (Cruz, 2003).

#### **Taxonomía.**

**Phyllum:** Mollusca

**Clase:** Bivalvia

**Subclase:** Autobranchia

**Infraclase:** Heteroconchia

**Subclase:** Euterodonta

**Superorden:** Imparidentia

**Orden:** Venerida

**Superfamilia:** Veneroidea

**Familia:** veneridae

**Género:** *Protothaca*

**Especie:** *Aspérima*

(Sowerby, 1835) MolluscaBase eds. (2020).



**Imagen 10:** Especimen de *Protothaca asperrima* modificado de Cruz 2003.

**Fuente:** Cruz, 2003.

## 9 METALES PESADOS EN MOLUSCOS

### 9.1 Bioacumuladores y Biomagnificación

Las sustancias químicas o metales pesados propensas a la bioacumulación alcanzan concentraciones crecientes a medida que estas avanzan en el nivel trófico de la cadena alimenticia, y en función de cada sustancia o metal, su acumulación se produce a partir de fuentes abióticas como el suelo, el aire, el agua y en el medio biótico como los organismos vivos, y en especial en organismos filtradores a corto plazo y a largo plazo en depredadores. (Zambrano M., Casanova, Prada, Arencibia, & Capetillo, 2012) indican que las principales vías de introducción de una sustancia química o metales pesados en un organismo vivo son la respiratoria, y la digestiva.

Para realización de estudios de seguimiento a estos tipos de contaminantes es muy empleado el uso de moluscos como organismos de biomonitoreo y en especial de bivalvos, que además han sido ampliamente utilizados como bioindicadores en programas internacionales de contaminación (Gil M, 2006; Chase et. al. 2001; Green & Knutzen, 2003; Andral et. al. 2004; Camus *et al.*, 2004).

Gracias a su proceso de alimentación mediante filtración, favorece la bioacumulación de los diferentes xenobióticos presentes en el ambiente, siendo de gran importancia en evaluaciones de la calidad y condiciones del medio en el cual habitan. (Zambrano M., Casanova, Prada, Arencibia, & Capetillo, 2012). También se los considera como organismos centinelas, lo cual responde a su gran capacidad para acumular una variedad de sustancias químicas, compuestos orgánicos, y metales pesados (Kimbrough, 2008)

Chahid *et al.*, 2014. Destacan que la acumulación en los tejidos de los animales acuáticos puede llegar a ser tóxico para los peces y para las personas cuando es consumido y llega a un nivel alto. (Gewurtz *et al.*, 2011) comúnmente se cree que se produce una relación de permanencia de los contaminantes en el cuerpo de los peces a mayor edad teniendo un periodo de exposición más largo a los contaminantes (Mero, 2010).

Tal como indican Phillips y Raimbow (1993), un bioindicador ideal tiene que tener ciertos requisitos como ser abundante, sedimentario, de fácil identificación, poder muestrearlos durante todo el año y ser aclimatables a condiciones experimentales y los moluscos cumplen con todos estos requisitos. Además, los metales han logrado asociarse en una serie de modificaciones y adaptaciones fisiológicas en los moluscos, permitiéndoles su tolerancia y adaptación de forma selectiva (Roesijadi, 1986; Viarengo *et al.*, 1998).

## **10 MARCO LEGAL**

### **9.1 Orden Jerárquico.**

La constitución de la República del Ecuador (2008) establece en su artículo 425 que el orden jerárquico jurídico de aplicación de las normas será el siguiente: La Constitución, los tratados y convenios internacionales, las leyes orgánicas, las leyes ordinarias, las normas regionales y las ordenanzas distritales, los decretos y reglamentos, las ordenanzas, los acuerdos y las resoluciones, y los demás actos y decisiones de los poderes públicos.

En caso de conflicto entre normas de distinta jerarquía, la Corte Constitucional, las juezas y jueces, autoridades administrativas y servidoras y servidores públicos, lo resolverán mediante la aplicación de la norma jerárquica superior.

La jerarquía normativa considerará, en lo que corresponda, el principio de competencia, en especial la titularidad de las competencias exclusivas de los gobiernos autónomos descentralizados. Concordancias: CODIGO CIVIL (TITULO PRELIMINAR), Arts. 7 CODIGO PENAL, Arts. 2 CODIGO DE PROCEDIMIENTO PENAL 2000, Arts. 2 CODIGO TRIBUTARIO, CODIFICACION, Arts. 311.

### **9.2 Constitución ecuatoriana**

El Art. 3, inciso primero indica que es deber primordial del Estado garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.

El Art. 10 establece que las personas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos son titulares y gozarán de los derechos garantizados en la Constitución y en los instrumentos internacionales. La naturaleza será sujeto de aquellos derechos que le reconozca la Constitución. Concordancias con el código civil (libro I), arts. 40, 41, 564 código penal, arts. 213 ley orgánica de garantías jurisdiccionales y control constitucional, arts. 1

El Inciso 6 indica que todos los principios y los derechos son inalienables, irrenunciables, indivisibles, interdependientes y de igual jerarquía. Y el inciso 9

establece que el más alto deber del Estado consiste en respetar y hacer respetar los derechos garantizados en la Constitución.

Por tal motivo el Art. 13 garantiza a las personas y colectividades tener derecho al acceso seguro y permanente de alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales, además que el Estado promoverá la soberanía alimentaria. Concordancias: LEY ORGANICA DE SALUD, Arts. 16

En el Art. 14, se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Y se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

El Art. 32, ratifica que la salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir. El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva

Concordancias: CODIGO DE LA NIÑEZ Y ADOLESCENCIA, Arts. 27, 30 LEY ORGANICA DE SALUD, Arts. 1.

El Art. 71 establece que La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.



Concordancias: LEY DE HIDROCARBUROS, 1978, Arts. 1 LEY ORGANICA DE LA CONTRALORIA GENERAL DEL ESTADO, Arts. 27

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas. Concordancias: CODIGO CIVIL (LIBRO IV), Arts. 1572 CODIGO ORGANICO DE LA FUNCION JUDICIAL, Arts. 15 LEY DE HIDROCARBUROS, 1978, Arts. 90.

Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado. Concordancias: LEY DE HIDROCARBUROS, 1978, Arts. 93.

El Art. 281 señala que la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente. Para ello, será responsabilidad del Estado:

Impulsar la producción, transformación agroalimentaria y pesquera de las pequeñas y medianas unidades de producción, comunitarias y de la economía social y solidaria.

Precautelara que los animales destinados a la alimentación humana estén sanos y sean criados en un entorno saludable.

Fortalecer el desarrollo de organizaciones y redes de productores y de consumidores, así como las de comercialización y distribución de alimentos que promueva la equidad entre espacios rurales y urbanos.

Prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos.

Concordancias: LEY DE AGUAS, CODIFICACION, Arts. 2, 3, 5, 21 LEY DE PROPIEDAD INTELECTUAL, CODIFICACION, Arts. 120 LEY ORGANICA DEL SISTEMA NACIONAL DE CONTRATACION PUBLICA, Arts. 67 LEY ORGANICA DE ECONOMIA POPULAR Y SOLIDARIA DEL SISTEMA FINANCIERO, Arts. 15, 112, 132, 137.

El Art. 389 establece que el Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

En el Art. 395, la Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca.

Art. 406.- El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.

Y por su parte el texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA, 2017), en su Art. 1, establece las políticas básicas ambientales y hace énfasis en el inciso 11 el cual reconoce que el ambiente y sus regulaciones

jurídicas deben afrontarse de forma integral, pero que es conveniente enfatizar en la prevención y control con la finalidad de evitar la ocurrencia de daños ambientales.

### **9.3 Tratados internacionales**

El Ecuador a lo largo de su vida política y de relaciones exteriores con países sudamericanos y diversos países a nivel mundial, ha sido participante de la adhesión, suscripción y cooperación de convenios internacionales tales como:

Convenio de Diversidad Biológica, el cual es un tratado Mundial que establece los compromisos de mantener los sustentos ecológicos mundiales dentro del desarrollo sostenible Conservación de la Diversidad Biológica, uso sostenible de sus componentes y distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de los recursos genéticos.

El Convenio de Rotterdam el cual trata sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo sobre ciertos productos químicos peligrosos objeto del comercio internacional, en el cual se establece un procedimiento voluntario de consentimiento previo fundamentado para la mejor utilización de las sustancias químicas, otorgados a los países los medios y la información que requieren para reconocer peligros potenciales y excluir productos químicos que no puedan manejarse en forma segura, y así poder desarrollar herramientas necesarias para proteger a los ciudadanos, a fin de eliminar los depósitos de plaguicidas caducos y gestionar de forma más adecuada sus productos químicos.

La Convención de Minamata la cual trata sobre el manejo del Mercurio y sus diferentes derivados con el fin de eliminar las emisiones y liberaciones del mercurio al aire, agua, tierra; así como la extracción directa del metal, su importación, exportación y el almacenamiento del mercurio de desecho en condiciones de seguridad Proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y compuestos de mercurio.

En este contexto el Ecuador también implementa el Reglamento Técnico MERCOSUR sobre Límites Máximos de Contaminantes Inorgánicos en alimentos (MERCOSUR, 2011) y el Reglamento (CE) N° 1881/2006 en el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios (Comisión Alimentaria Unión Europea, 2006).

## 9.4 INDICACIONES DE LA NORMATIVA ECUATORIANA

De acuerdo la reforma del texto unificado de la legislación secundaria, del medio ambiente, en su libro VI, mediante decreto ejecutivo 3516, publicado en el registro oficial en su suplemento 2, publicado el 31 de marzo del 2003, el cual fue modificado mediante acuerdo ministerial 97, en su registro oficial edición especial 87 del 4 de noviembre del 2015 (Ministerio de Ambiente, 2018) y con estado vigente y su posterior revisión del anexo 1 en la cual se indican la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua Cámara de industrias y producción (CIP, S/F) se señala lo siguiente:

**Tabla 7.** Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flor y fauna en aguas dulces, frías, y en aguas marinas y de estuarios.

Parámetros	Símbolo	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,2	0,2	0,5
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l			0,1
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17

Elaborado por: Tamayo, 2021.

Fuente: Cámara de industrias y Producción (CIP), 2015.

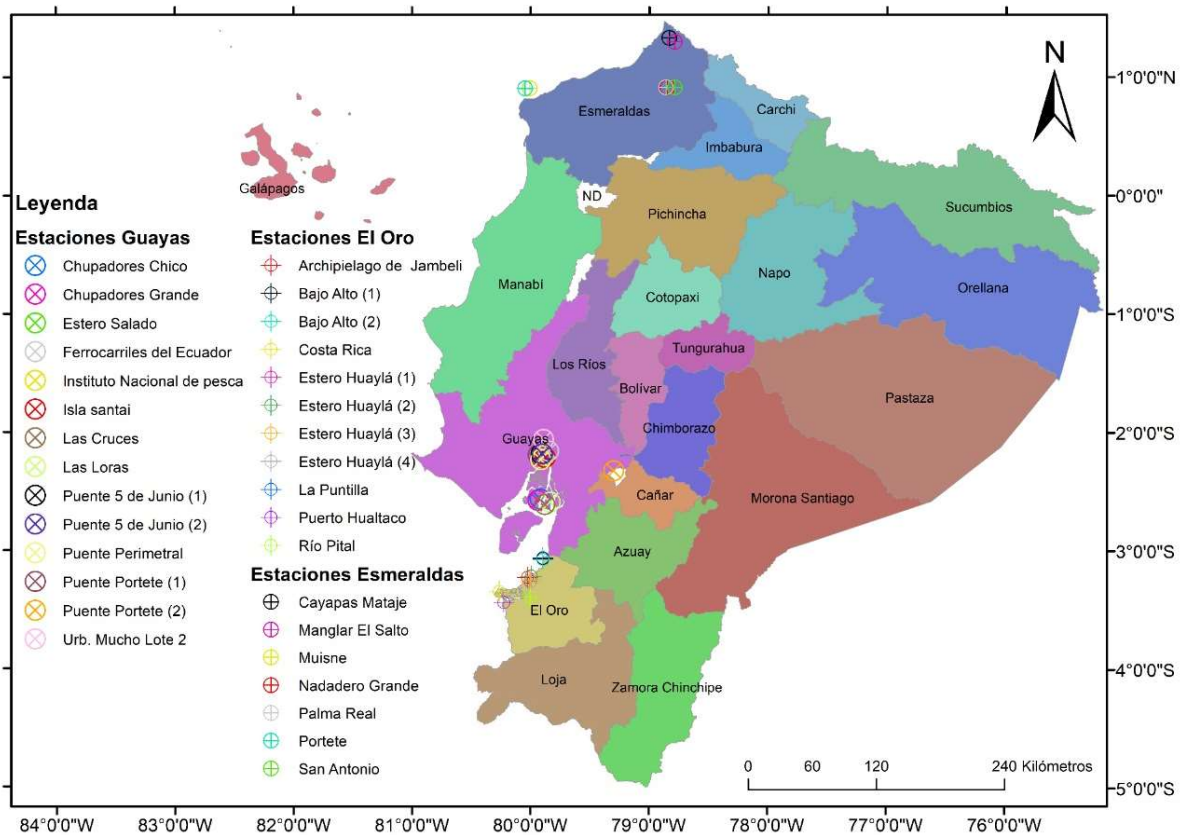
## **10 METODOLOGÍA**

Para la elaboración del presente trabajo se aplicó una metodología exploratoria descriptiva (Sampieri, 2004), en la cual se extrajo información sobre la contaminación de metales pesados en moluscos provenientes de sistemas estuarinos de las provincias de Esmeraldas, Guayas y El Oro, donde se detalló los datos recolectados en tablas y gráficos empleando el software de Microsoft Excel 2016, georreferenciando los sitios que presentan mayor bioacumulación en cada una de las tres provincias, para ello se acudió a los repositorios digitales de universidades ecuatorianas y bibliotecas virtuales de centros de investigación.

## 11 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Mediante la aplicación de la metodología se extrajo información acerca de la contaminación por metales pesados presentes en moluscos del Ecuador provenientes de zonas estuarinas, y luego de una rigurosa selección se escogieron 19 trabajos investigativos realizados en Ecuador cumpliendo con el criterio de exclusión: Artículos científicos, tesis doctorales y de grado, informes técnicos, revistas de divulgación científica entre otros, cuyos análisis sean realizados por entidades universitarias o en laboratorios certificados y que contaran con material de referencia como muestras recolectadas de especies de moluscos.

Para el análisis estadístico se obtuvo una matriz  $n \times p$ , donde  $n$  es el número total de localidades y de especies de moluscos utilizados, y  $p$  es la cantidad de metales pesados encontrados (As, Cd, Co, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn), en cada localidad, todos los datos se unificaron en una sola medida de mg/kg y sus respectivas referencias bibliográficas que respalden los datos obtenidos.



**Figura 1:** Estaciones De investigación en la costa ecuatoriana durante el periodo 2009 – 2018.

**Fuente:** Tamayo, 2021.

La tabla 8 muestra la cantidad de investigaciones realizadas por año en un periodo de 2009 al 2018 es decir un periodo de diez años, durante la revisión de las investigaciones no se encontró detalle de los meses en los que se realizó la investigación si fue época invierno o verano.

El detalle de autores y su año de investigación, así como la especie empleada para el estudio con su respectiva talla y peso se detallan en la tabla 11.

**Tabla 8:** Investigaciones anuales.

<b>Años</b>	<b>N. Investigaciones</b>
<b>2009</b>	<b>1</b>
<b>2012</b>	<b>1</b>
<b>2013</b>	<b>2</b>
<b>2014</b>	<b>4</b>
<b>2015</b>	<b>1</b>
<b>2016</b>	<b>5</b>
<b>2017</b>	<b>3</b>
<b>2018</b>	<b>2</b>

**Fuente:** Tamayo, 2021.



**Gráfico 1:** Investigaciones realizadas por año durante el periodo 2009-2018.

**Fuente:** Tamayo, 2021.

La tabla 9 muestra las especies de moluscos empleadas como bioindicadores y la cantidad de veces que ha sido empleada en las investigaciones, teniendo como la especie más empleada al bivalvo de la especie *Anadara tuberculosa* la cual fue empleada en 11 investigaciones y la que mayor comercialización presenta por parte de los concheros artesanales.

**Tabla 9:** Especies de moluscos empleados como bioindicadores y veces que han sido empleadas.

<b>Especie</b>	<b>N. Investigaciones</b>
<i>Anadara grandis</i>	1
<i>Anadara similis</i>	4
<i>Anadara tuberculosa</i>	11
<i>Cirithiodes mazatlanica</i>	1
<i>Litorina varia</i>	1
<i>Moluscos (especies no identificadas).</i>	2
<i>Mytella guayanensis</i>	2
<i>Mytella strigata</i>	2
<i>Ostrea columbiensis</i>	1
<i>Pomacea cuniculata</i>	1
<i>Protothaca asperrima</i>	1

Fuente: Tamayo, 2021.



**Gráfico 2:** Especies de moluscos empleadas durante las investigaciones.

Fuente: Tamayo, 2021.

En dos investigaciones se emplearon tres especies de moluscos, pero no se detallaron taxonómicamente dentro del escrito, por lo cual se recurrió a los anexos del documento pudiendo identificar dos especies de mediante fotografía y dada su alta comercialización, en el mercado local ecuatoriano, una tercera



especie no fue posible identificarla, pero se puede observar que es una especie de almeja.

La tabla 10 muestra las provincias costeras ecuatorianas en las cuales se ha realizado investigación sobre la presencia de metales pesados o metales traza y su acumulación en los tejidos de moluscos de interés comercial durante el periodo comprendido entre 2009 – 2018. La provincia de El oro cuenta con la mayor cantidad de investigaciones realizadas por parte de la Universidad Técnica de Machala siendo el estero Huaylá (Tabla 14) en donde se ha realizado un seguimiento continuo sobre la acumulación de metales pesados.

**Tabla 10:** Investigaciones realizadas por provincia.

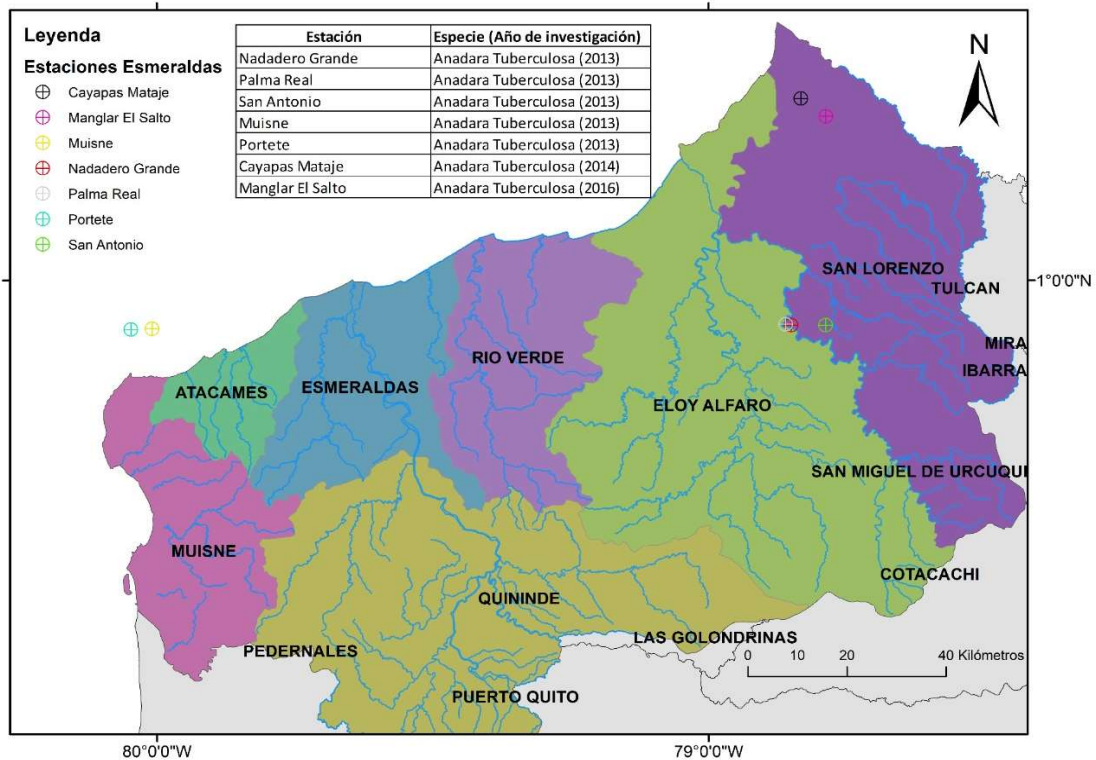
Provincia	N. investigaciones
ESMERALDAS	4
GUAYAS	6
EL ORO	9
<b>Total</b>	<b>19</b>

**Fuente:** Tamayo, 2021.

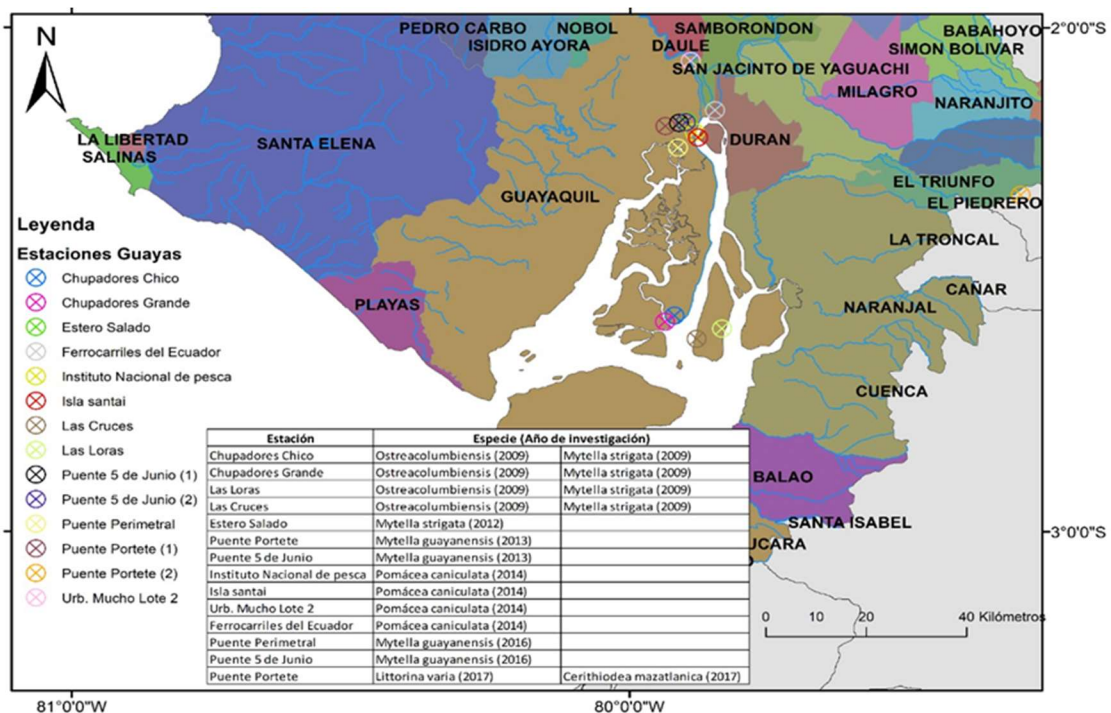


**Gráfico 3:** Cantidad de investigaciones realizadas por provincia.

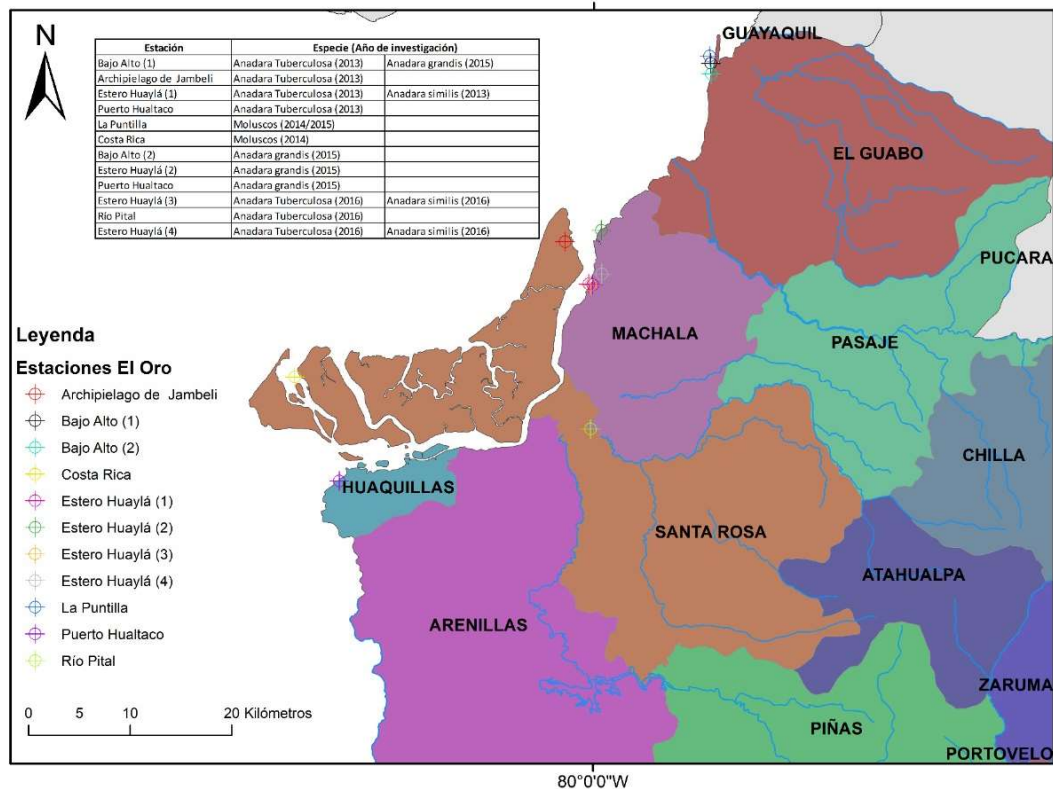
**Fuente:** Tamayo, 2021.



**Figura 2:** Estaciones de investigación en la Provincia de Esmeraldas durante el periodo 2009 – 2018. **Fuente:** Tamayo, 2021.



**Figura 3:** Estaciones de investigación en la provincia de Guayas durante el periodo 2009 – 2018. **Fuente:** Tamayo, 2021.



**Figura 4:** Estaciones De investigación en la Provincia de El Oro durante el periodo 2009 – 2018. **Fuente:** Tamayo, 2021.

En la tabla 11 se muestran los autores con su respectiva referencia y su año de publicación, el año en el cual se realizó la investigación, la especie objeto de estudio su talla y peso, las celdas vacías indican que, aunque se tomó las medidas morfométricas necesarias para la investigación no fueron colocadas dentro de la investigación y en algunos de los casos solo se colocó talla o peso.

Tobar, Fermín & Senior (2017), indicaron que las concentraciones halladas de Pb y la talla estuvieron relacionadas inversamente, el metal presentó mayor concentración en su talla más pequeña (4-5 cm), suscitándose el fenómeno conocido como "dilución biológica" por el cual crecimiento del tejido del molusco bivalvo es más rápido que la incorporación del metal, donde los moluscos más jóvenes retienen mayor cantidad de metales, a diferencia de los de mayor tamaño (5-6 cm) al entrar en la fase de la maduración sexual.

**Tabla 11:** Detalle de las investigaciones realizadas de acuerdo a su año de publicación y su fecha de realización, organismo empleado con referencia a su talla y peso registrado.

<b>Referencia</b>	<b>Año de Investigación</b>	<b>Especie</b>	<b>Talla cm</b>	<b>Peso g</b>
(Mero 2010)	<b>2009</b>	<i>Mytella strigata / Ostrea columbiensis</i>	2-6,2 / 2-8	
(Rodríguez 2013).	<b>2012</b>	<i>Mytella guyanensis</i>		50 g
(Kuffó 2014).	<b>2013</b>	<i>Mytella strigata</i>	2,9 - 4,6	6,77/4,78/7,96
(Tobar 2014).	<b>2013</b>	<i>Anadara tuberculosa, similis</i>	3-4/4-5	
(Mendoza 2014).	<b>2013</b>	<i>Anadara tuberculosa</i>		
(Tobar, Fermín & Senior. 2017).	<b>2013</b>	<i>Anadara tuberculosa, similis</i>	3- 6,9 / 4 - 5,9	12,56 - 85,45 / 18,34 - 27,1
(Pernía et al., 2018).	<b>2014/2015</b>	<i>Littorina varia /Cerithidea mazatlanica</i>		
(García 2014).	<b>2014</b>	MOLUSCOS ( <i>Anadara Similis, tuberculosa, grandis y sp.</i> )		
(Espinoza 2014).	<b>2014</b>	MOLUSCOS ( <i>Anadara Similis, tuberculosa, grandis y sp</i> )		
(Lucin 2015).	<b>2014</b>	<i>Anadara tuberculosa</i>	3 - 5,9	14 - 62
(Arizaga & Lemos 2016).	<b>2015</b>	<i>Anadara tuberculosa</i>	2,5 - 3	
(Collaguazo, Armijos, & Loja 2017)	<b>2016</b>	<i>Anadara tuberculosa</i>	3-4	5
(Toledo & Darwin 2016).	<b>2016</b>	<i>Anadara tuberculosa</i>	4,70 - 7,20	
(Castro 2017).	<b>2016</b>	<i>Mytella guayanensis</i>		
(Ramírez 2016).	<b>2016</b>	<i>Pomacea caniculata</i>		
(Riofrio 2016).	<b>2016</b>	<i>Anadara grandis</i>		
(Carrasco & Webster 2016).	<b>2016</b>	<i>Anadara tuberculosa, Mytella</i>	4,5-5,9/ 6 / 2,4 - 4,2	

		<i>guayanensis</i> , <i>Protothaca</i> <i>aspérrima</i>		
(Cedeño & Zambrano Demera 2017).	<b>2017</b>	<i>Anadara tuberculosa</i>		
(Velásquez et al., 2020).	<b>2018</b>	<i>Anadara tuberculosa</i>		100

Fuente: Tamayo, 2021.

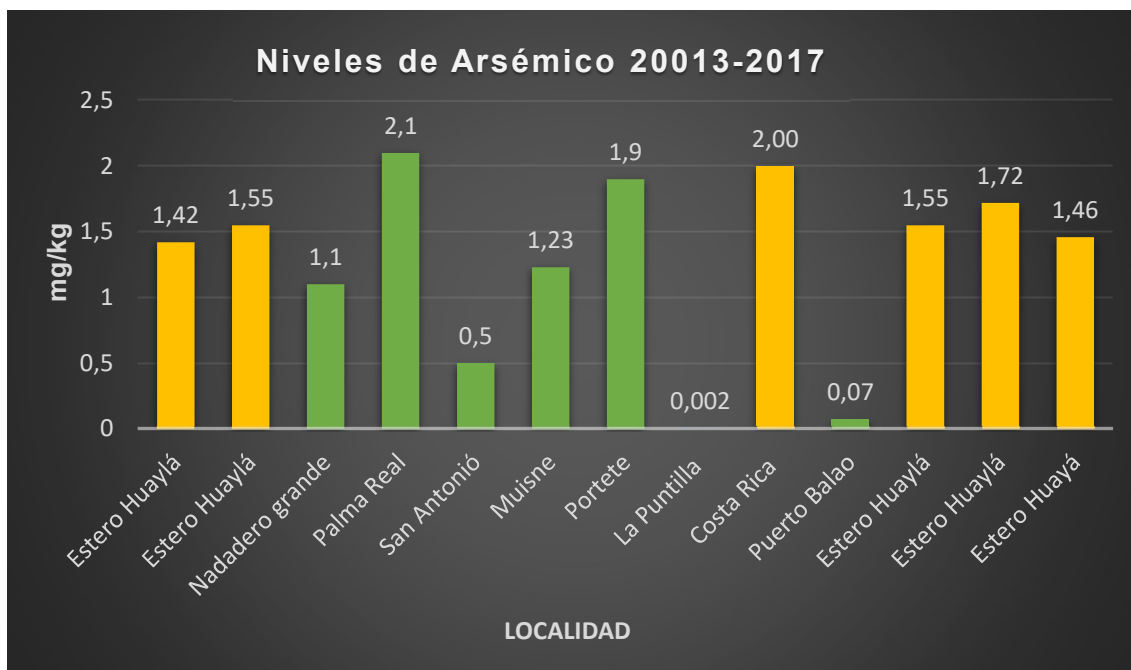
### 11.1 Niveles de Arsénico

La tabla 12 muestra los niveles de Arsénico encontrado en los tejidos de los moluscos agrupados por años en los que se realizó la investigación y el Límite Máximo Permisible.

**Tabla 12:** Niveles de Arsénico registrados en las provincias de Esmeraldas y El Oro entre los años 2013-2017.

<b>Año</b>	<b>Provincia</b>	<b>Especie</b>	<b>Estación</b>	<b>mg/kg</b>	<b>LPM</b>
2013	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	1.42	0,05
2013	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	1.55	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Nadadero Grande	1.1	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Palma Real	2.1	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	San Antonio	0.5	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Muisne	1.23	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Portete	1.9	0,05
2014	El Oro	<i>Moluscos</i>	La puntilla	0.002	0,05
2014	El Oro	<i>Moluscos</i>	Costa Rica	2.00	0,05
2016	Esmeraldas	<i>Prothothaca aspérrima</i>	Puerto Balao	0.07	0,05
2016	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	1.55	0,05
2017	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	1.72	0,05
2017	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	1.46	0,05

Fuente: Tamayo, 2021.



**Gráfico 4:** Niveles de Arsénico registrados entre los años 2013-2017.

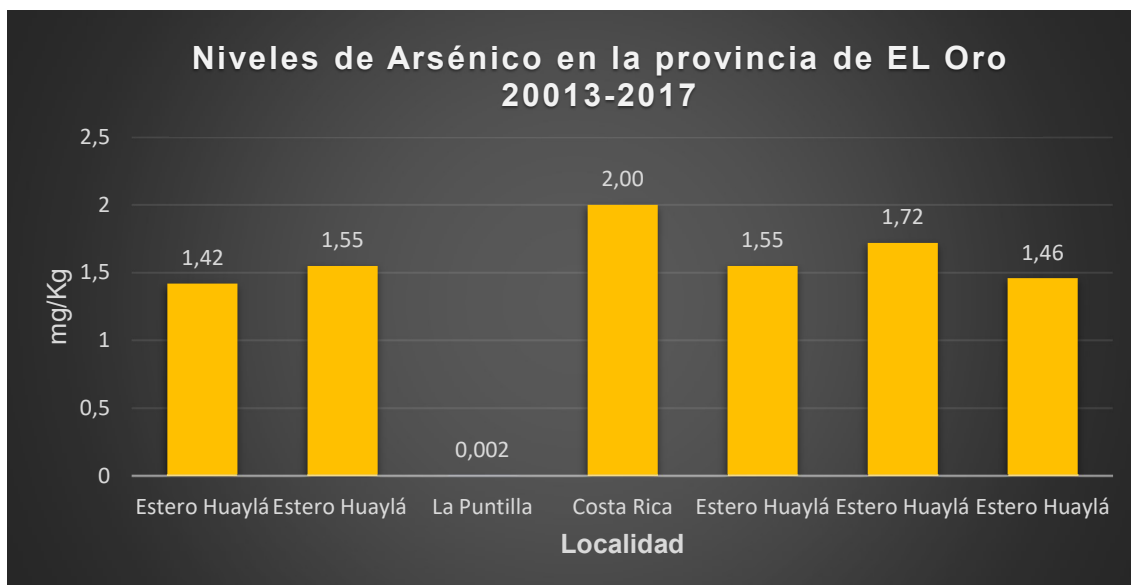
**Fuente:** Tamayo 2021.

Al realizar una separación de las provincias en las cuales se realizó determinación de Arsénico tenemos a las provincias de El Oro (Tabla 13) y Esmeraldas (Tabla 14), de acuerdo a la normativa ecuatoriana el límite permisible de es de 0,05 mg/l de acuerdo a los criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías, y en aguas marinas y de estuarios.

**Tabla 13:** Niveles de Arsénico registrados en la provincia de El Oro durante el periodo 2009-2018.

Año	Provincia	Especie	Localidad	mg/kg	LMP
2013	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	1.42	0,05
2013	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	1.55	0,05
2014	El Oro	<i>Moluscos</i>	La Puntilla	0.002	0,05
2014	El Oro	<i>Moluscos</i>	Costa Rica	2.00	0,05
2016	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	1.55	0,05
2017	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	1.72	0,05
2017	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá (A. similis)	1.46	0,05

**Fuente:** Tamayo, 2021.



**Gráfico 5:** niveles de Arsénico registrado en la provincia de El Oro entre los años 2013-2017.

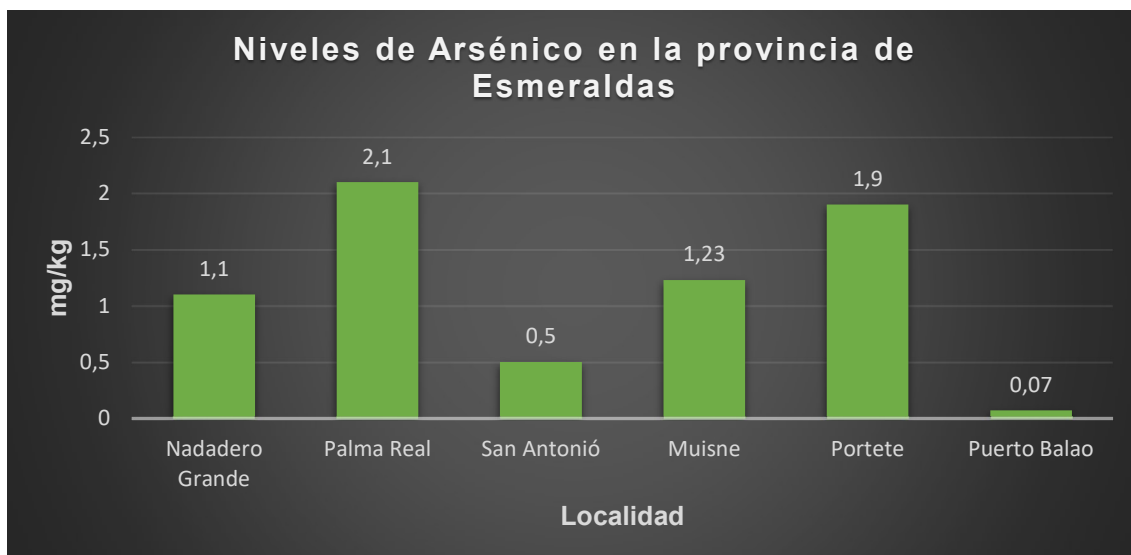
**Fuente:** Tamayo 2021.

La provincia de esmeraldas muestra niveles superiores de Arsénico por encima de lo establecido de 0,05 mg/l de acuerdo a los criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías, y en aguas marinas y de estuarios.

**Tabla 14:** Niveles de Arsénico registrados entre los años 2014-2016.

Año	Provincia	Especie	Localidad	mg/kg	LMP
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Nadadero Grande	1.1	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Palma Real	2.1	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	San Antonio	0.5	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Muisne	1.23	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Portete	1.9	0,05
2016	Esmeraldas	<i>Prothothaca aspérrima</i>	Puerto Balao	0.07	0,05

**Fuente:** Tamayo, 2021.



**Gráfico 5:** Niveles de Arsénico registrados en la provincia de Esmeraldas entre los años 2014-2016. **Fuente:** Tamayo, 2021.

## 11.2 Niveles de Cadmio

La tabla 16 muestra los niveles de Cadmio registrados durante el periodo 2009 a 2018 y según la normativa vigente el nivel permisible es de 0,005 mg/l, de acuerdo a los criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías, y en aguas marinas y de estuarios. En el año 2014 se registró en la provincia de El Oro en la localidad de la puntilla el nivel más alto de Cadmio de 37.21 mg/kg.

**Tabla 15:** Niveles de Cadmio registrados entre los años 2009-2018.

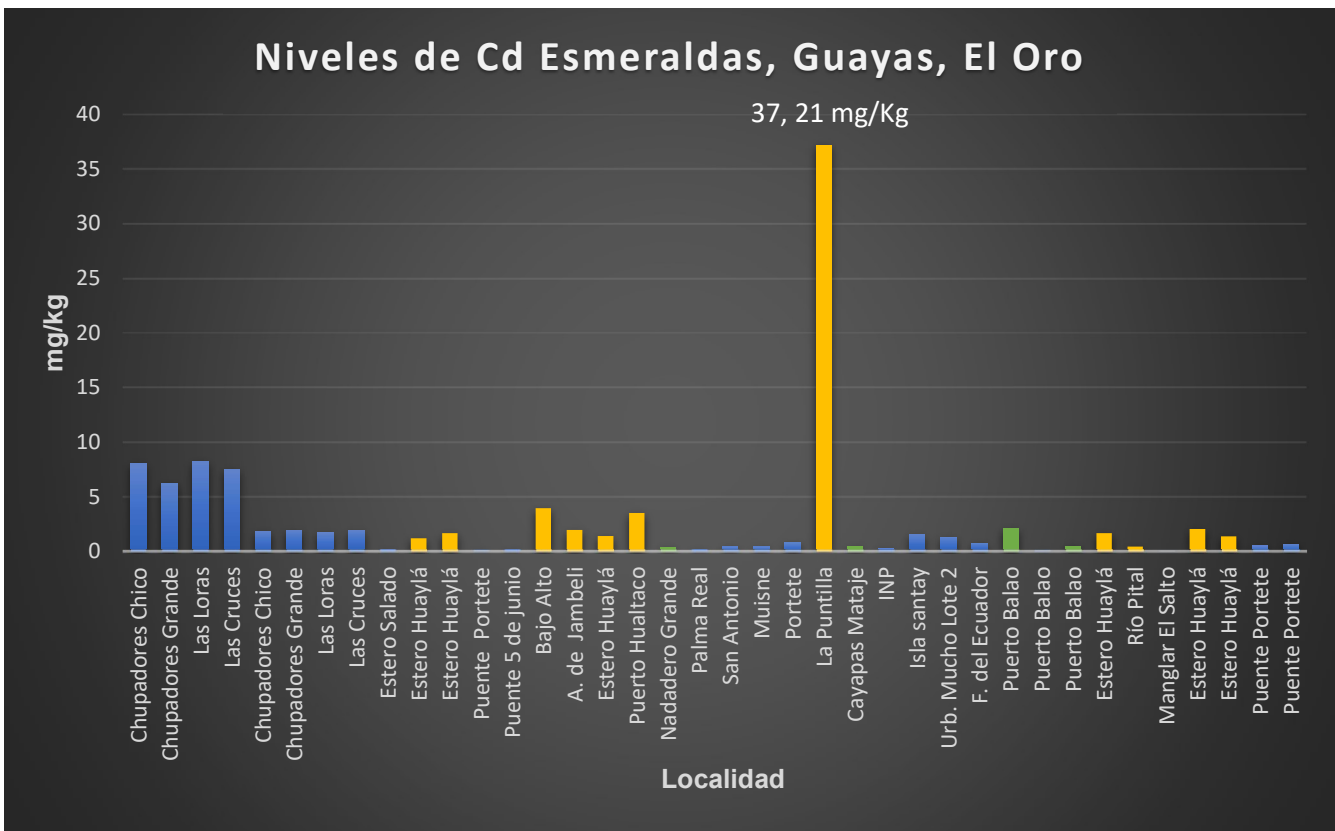
Año	Provincia	Especie	Estación	mg/kg	LMP
2009	Guayas	<i>Ostrea columbiensis</i>	Chupadores Chico	8.02	0,005
2009	Guayas	<i>Ostrea columbiensis</i>	Chupadores Grande	6.25	0,005
2009	Guayas	<i>Ostrea columbiensis</i>	Las Loras	8.24	0,005
2009	Guayas	<i>Ostrea columbiensis</i>	Las Cruces	7.49	0,005
2009	Guayas	<i>Mytella strigata</i>	Chupadores Chico	1.85	0,005
2009	Guayas	<i>Mytella strigata</i>	Chupadores Grande	1.95	0,005
2009	Guayas	<i>Mytella strigata</i>	Las Loras	1.7	0,005
2009	Guayas	<i>Mytella strigata</i>	Las Cruces	1.92	0,005
2013	Guayas	<i>Mytella strigata</i>	Estero Salado	0.17	0,005
2013	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	1.21	0,005



2013	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	1.68	0,005
2013	Guayas	<i>Mytella guayanensis</i>	Puente Portete	0.11	0,005
2013	Guayas	<i>Mytella guayanensis</i>	Puente 5 de junio	0.22	0,005
2014	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Bajo Alto	3.97	0,005
2014	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Archipiélago de Jambelí	1.96	0,005
2014	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	1.4	0,005
2014	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Puerto Hualtaco	3.52	0,005
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Nadadero Grande	0.4	0,005
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Palma Real	0.2	0,005
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	San Antonio	0.4	0,005
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Muisne	0.4	0,005
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Portete	0.8	0,005
2014	El Oro	<i>Moluscos</i>	La Puntilla	37.21	0,005
2015	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Cayapas Mataje	0.44	0,005
2016	Guayas	<i>Pomácea caniculata</i>	INP	0.309	0,005
2016	Guayas	<i>Pomácea caniculata</i>	Isla Santay	1.525	0,005
2016	Guayas	<i>Pomácea caniculata</i>	Urb. Mucho Lote 2	1.304	0,005
2016	Guayas	<i>Pomácea caniculata</i>	Ferrocarriles del Ecuador	0.738	0,005
2016	Esmeraldas	<i>Anadara tuberculosa</i>	Puerto Balao	2.14	0,005
2016	Esmeraldas	<i>Mytella guayanensis</i>	Puerto Balao	0.08	0,005
2016	Esmeraldas	<i>Prothothaca aspérina</i>	Puerto Balao	0.54	0,005
2016	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	1.68	0,005
2016	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Río Pital	0.429	0,005
2017	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Manglar El Salto	0.0323	0,005
2017	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	2.05	0,005

2017	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	1.38	0,005
2018	Guayas	<i>Littorina varia</i>	Puente Portete	0.49	0,005
2018	Guayas	<i>Cerithiodesca mazatlanica</i>	Puente Portete	0.67	0,005

Fuente: Tamayo 2021.



**Gráfico 6:** niveles de cadmio registrados en las provincias de Guayas, El Oro, Esmeraldas.  
Fuente: Tamayo 2021.

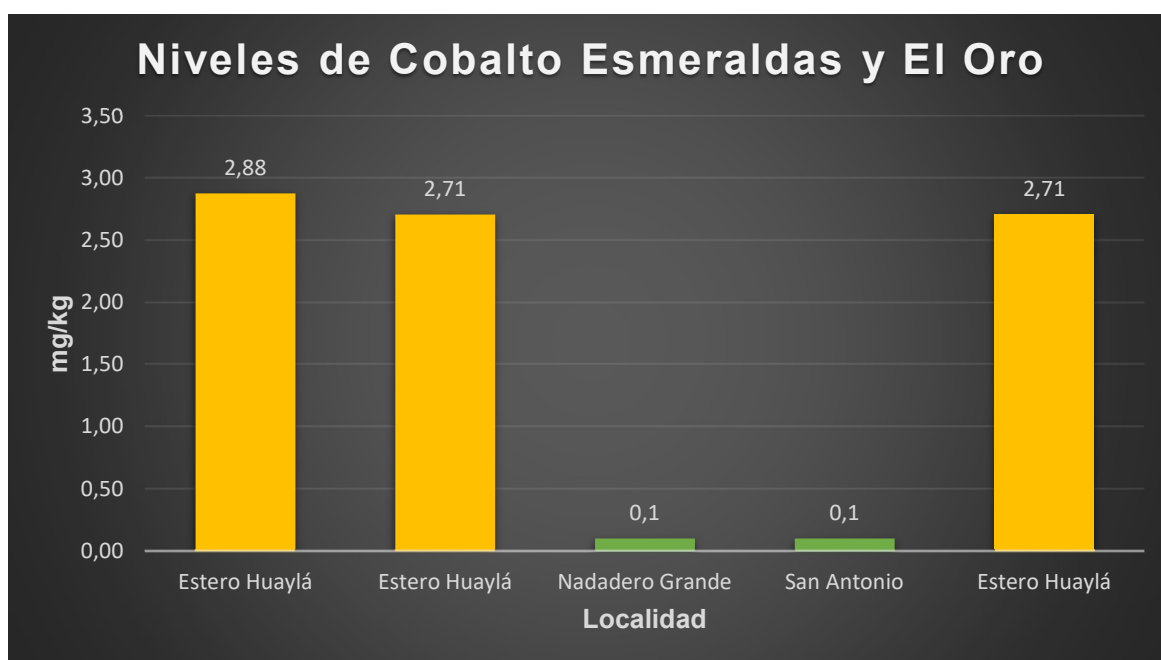
### 11.3 Niveles de Cobalto

Los niveles de Cobalto registrados para las provincias de El Oro y Esmeraldas en los años 2013-2016 indican que están por encima del nivel permisible de 0,2 mg/l de acuerdo a los criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías, y en aguas marinas y de estuarios. Las únicas excepciones son las estaciones de Nadadero Grande y San Antonio en el año 2014 en la Provincia de Esmeraldas cuyos niveles están por debajo del límite permisible.

**Tabla 16:** Niveles de Cobalto registrados entre los años 2013-2016.

<b>Año</b>	<b>Provincia</b>	<b>Especie</b>	<b>Estación</b>	<b>mg/kg</b>	<b>LMP</b>
2013	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	2.88	0,2
2013	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	2.71	0,2
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Nadadero Grande	0.1	0,2
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	San Antonio	0.1	0,2
2016	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	2.71	0,2

Fuente: Tamayo, 2021.



**Gráfico 7:** Niveles de cobalto registrados entre los años 2013-2016.

Fuente: Tamayo, 2021.

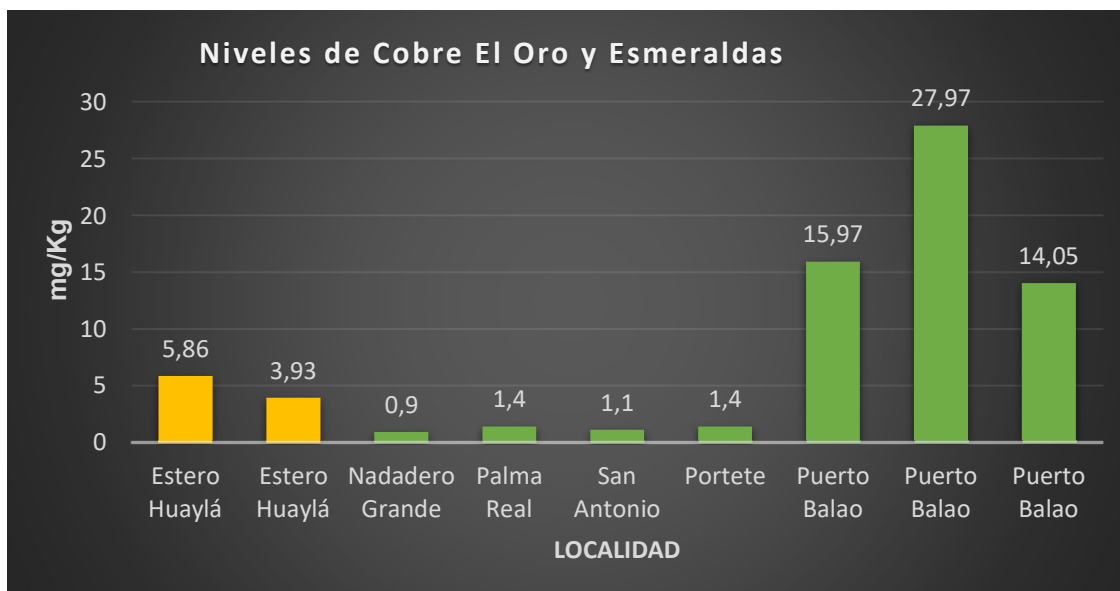
#### 11.4 Niveles de cobre

Los niveles de cobre encontrados se muestran en la tabla 17 con los niveles más altos en el año 2016 en la provincia de Esmeraldas sobrepasando así el límite máximo permisible de 0,5 mg/l de acuerdo a los criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías, y en aguas marinas y de estuarios.

**Tabla 17:** Niveles de Cobre registrados entre los años 2013-2016.

<b>Año</b>	<b>Provincia</b>	<b>Especie</b>	<b>Estación</b>	<b>mg/kg</b>	<b>LMP</b>
2013	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	5.86	0,5
2013	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	3.93	0,5
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Nadadero Grande	0.9	0,5
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Palma Real	1.4	0,5
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	San Antonio	1.1	0,5
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Portete	1.4	0,5
2016	Esmeraldas	<i>Anadara tuberculosa</i>	Puerto Balao	15.97	0,5
2016	Esmeraldas	<i>Mytella guayanensis</i>	Puerto Balao	27.97	0,5
2016	Esmeraldas	<i>Prothothaca aspérina</i>	Puerto Balao	14.05	0,5

**Fuente:** Tamayo 2021.



**Gráfico 8:** Niveles de Cobre registrados entre los años 2013-2016.

**Fuente:** Tamayo, 2021.

### 11.5 Niveles de cromo

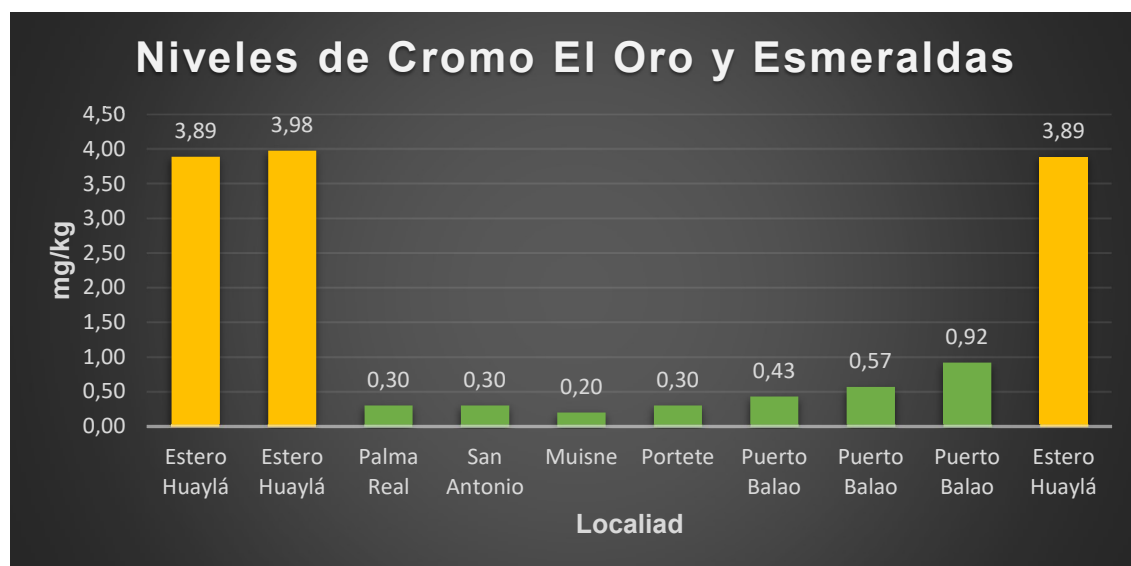
Los niveles de cromo se presentan en la tabla 19 en la misma se puede apreciar como los niveles de este metal se encuentran por encima del límite máximo

permisible de 0,05 mg/l de acuerdo a los criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías, y en aguas marinas y de estuarios. El Estero Huaylá presenta niveles altos tanto para el 2013 de 3,89 y 3,98 mg/kg en *Anadara similis*, *tuberculosa*, teniendo un leve descenso para *Anadara tuberculosa* en el 2016.

**Tabla 18:** niveles de Cromo registrados entre los años 2013-2016.

Año	Provincia	Especie	Estación	mg/Kg	LMP
2013	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	3.89	0,05
2013	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	3.98	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Palma Real	0.30	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	San Antonio	0.30	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Muisne	0.20	0,05
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Portete	0.30	0,05
2016	Esmeraldas	<i>Anadara tuberculosa</i>	Puerto Balao	0.43	0,05
2016	Esmeraldas	<i>Mytella guayanensis</i>	Puerto Balao	0.57	0,05
2016	Esmeraldas	<i>Prothothaca aspérina</i>	Puerto Balao	0.92	0,05
2016	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	3.89	0,05

Fuente: Tamayo, 2021.



**Gráfico 9:** Niveles de Cromo registrados entre los años 2013-2016.

Fuente: Tamayo, 2021.

## 11.6 Niveles de Mercurio

Los niveles de Mercurio registrados durante el periodo 2013-2018 se muestran en la tabla 19. Los mayores niveles se encuentran en la provincia de El Oro los cuales exceden el límite máximo permisible de 0,0001 mg/l de acuerdo a los

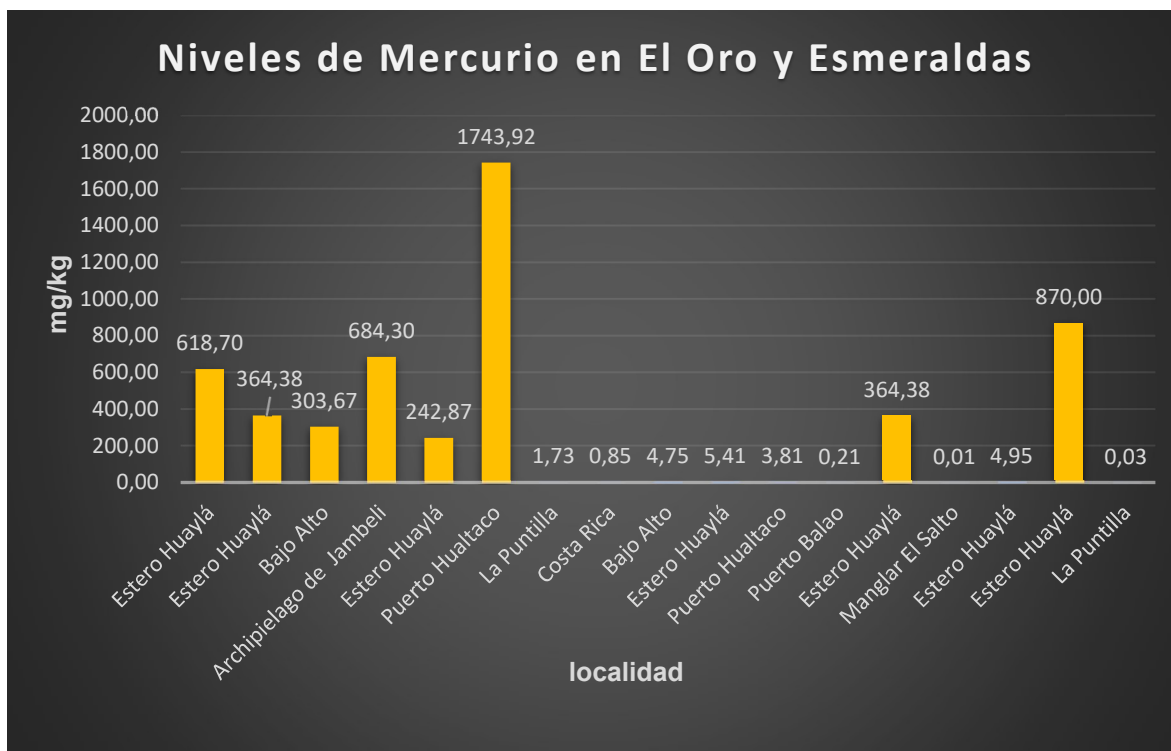
criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías, y en aguas marinas y de estuarios. Estos valores están incluso muy por encima de los registrados en la provincia de esmeraldas.

El valor más bajo de Mercurio se registró en el sector de la Puntilla en el año 2018 con 0,03 mg/Kg, estando aun así muy por encima del límite máximo permisible.

**Tabla 19:** Niveles de Mercurio registrados entre los años 2013-2018.

<b>Año</b>	<b>Provincia</b>	<b>Especie</b>	<b>Estación</b>	<b>mg/kg</b>	<b>LMP</b>
2013	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	618.70	0,0001
2013	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	364.38	0,0001
2014	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Bajo Alto	303.67	0,0001
2014	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Archipiélago de Jambelí	684.30	0,0001
2014	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	242.87	0,0001
2014	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Puerto Hualtaco	1743.92	0,0001
2014	El Oro	<i>Moluscos</i>	La Puntilla	1.73	0,0001
2014	El Oro	<i>Moluscos</i>	Costa Rica	0.85	0,0001
2016	El Oro	<i>Anadara grandis</i>	Bajo Alto	4.75	0,0001
2016	El Oro	<i>Anadara grandis</i>	Estero Huaylá	5.41	0,0001
2016	El Oro	<i>Anadara grandis</i>	Puerto Hualtaco	3.81	0,0001
2016	Esmeraldas	<i>Anadara tuberculosa</i>	Puerto Balao	0.21	0,0001
2016	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	364.38	0,0001
2017	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Manglar El Salto	0.01	0,0001
2017	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	4.95	0,0001
2017	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	870.00	0,0001
2018	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Rio Chaguana	0,034	0,0001

Fuente: Tamayo, 2021.



**Gráfico 10:** Niveles de Mercurio registrados entre los años 2013-2018.

**Fuente:** Tamayo, 2021.

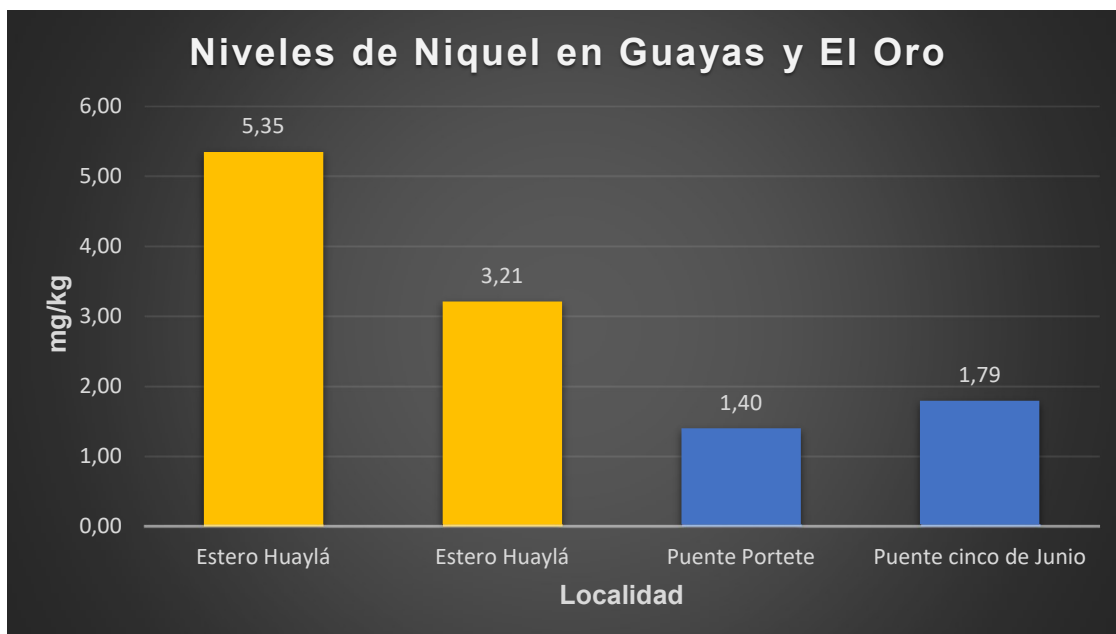
### 11.7 Niveles de Níquel

La tabla 20 muestra los niveles de Níquel registrados durante el 2013. De acuerdo a la información recolectada los niveles de Níquel en la provincia de El Oro sobrepasan el límite máximo permisible de 0,1 mg/l de acuerdo a los criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías, y en aguas marinas y de estuarios.

**Tabla 20:** Niveles de Níquel registrados en el año 2013.

Año	Provincia	Especie	Estación	mg/kg	LMP
2013	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	5.35	0,1
2013	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	3.21	0,1
2013	Guayas	<i>Mytella guayanensis</i>	Puente Portete	1.40	0,1
			Puente cinco de Junio	1.79	0,1

**Fuente:** Tamayo, 2021.



**Gráfico 11:** Niveles de Níquel registrados en el año 2013.

**Fuente:** Tamayo, 2021.

### 11.8 Niveles de Plomo

La tabla 21 muestra los niveles de plomo que se registraron durante el periodo 2009-2018, siendo uno de los más abundantes en las zonas de estudio y de acuerdo a los resultados obtenidos los niveles registrados sobrepasan los límites máximos permisibles de 0,1 mg/l de acuerdo a los criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías, y en aguas marinas y de estuarios. El único registro inferior a al límite máximo se dio en el año 2016 en la provincia de Esmeraldas en la especie *Anadara tuberculosa* en la Estación de Puerto Balao cuyo valor fue de 0.01 mg/kg, por el contrario, los valores más altos se registraron en la provincia de el Oro en los sectores de la Puntilla y el Estero Huaylá.

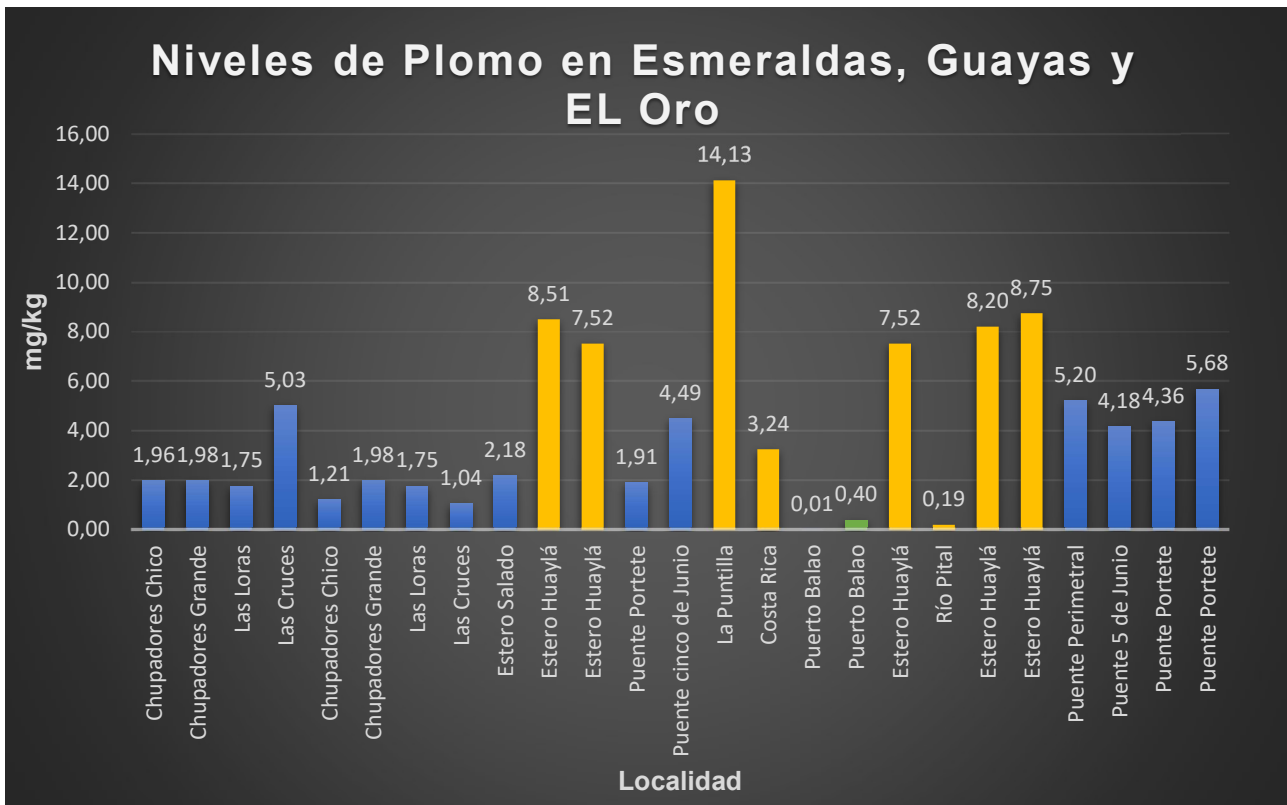
**Tabla 21:** Niveles de Plomo registrados entre los años 2009- 2018.

Año	Provincia	Especie	Estación	mg/kg	LMP
2009	Guayas	<i>Ostrea columbiensis</i>	Chupadores Chico	1.96	0,1
2009	Guayas	<i>Ostrea columbiensis</i>	Chupadores Grande	1.98	0,1
2009	Guayas	<i>Ostrea columbiensis</i>	Las Loras	1.75	0,1
2009	Guayas	<i>Ostrea columbiensis</i>	Las Cruces	5.03	0,1



2009	Guayas	<i>Mytella strigata</i>	Chupadores Chico	1.21	0,1
2009	Guayas	<i>Mytella strigata</i>	Chupadores Grande	1.98	0,1
2009	Guayas	<i>Mytella strigata</i>	Las Loras	1.75	0,1
2009	Guayas	<i>Mytella strigata</i>	Las Cruces	1.04	0,1
2013	Guayas	<i>Mytella strigata</i>	Estero Salado	2.18	0,1
2013	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	8.51	0,1
2013	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	7.52	0,1
2013	Guayas	<i>Mytella guayanensis</i>	Puente Portete	1.91	0,1
2013	Guayas	<i>Mytella guayanensis</i>	Puente cinco de Junio	4.49	0,1
2014	El Oro	<i>Moluscos</i>	La Puntilla	14.13	0,1
2014	El Oro	<i>Moluscos</i>	Costa Rica	3.24	0,1
2016	Esmeraldas	<i>Anadara tuberculosa</i>	Puerto Balao	0.01	0,1
2016	Esmeraldas	<i>Prothothaca aspérina</i>	Puerto Balao	0.40	0,1
2016	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	7.52	0,1
2016	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Río Pital	0.19	0,1
2017	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	8.20	0,1
2017	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	8.75	0,1
2017	Guayas	<i>Mytella guayanensis</i>	Puente Perimetral	5.20	0,1
2017	Guayas	<i>Mytella guayanensis</i>	Puente 5 de junio	4.18	0,1
2018	Guayas	<i>Littorina varia</i>	Puente Portete	4.36	0,1
2018	Guayas	<i>Cerithiodes mazatlanica</i>	Puente Portete	5.68	0,1

Fuente: Tamayo, 2021.



**Gráfico 12:** Niveles de Plomo registrados entre los años 2009-2018.

**Fuente:** Tamayo, 2021.

### 11.9 Niveles de Zinc

La tabla 22 muestra los niveles de zinc registrados durante los años 2013-2014. Establece el límite máximo permisible de 0,17 mg/l de acuerdo a los criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías, y en aguas marinas y de estuarios.

El nivel más alto se registró en el año 2013 en la provincia de el Oro, en la especie *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis*, durante esta investigación no se pudo encontrar más estudios que indiquen la presencia de Zinc en los últimos años.

**Tabla 22:** Niveles de Zinc registrados entre los años 2013-2014.

Año	Provincia	Especie	Estación	Zn mg/kg	LMP
2013	El Oro	<i>Anadara similis</i>	Estero Huaylá	73.15	0,17
2013	El Oro	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Estero Huaylá	74.77	0,17
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Nadadero Grande	7.80	0,17
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Palma Real	18.00	0,17

2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	San Antonio	11.00	0,17
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Muisne	8.70	0,17
2014	Esmeraldas	<i>Anadara Tuberculosa</i>	Portete	6.30	0,17

Fuente: Tamayo, 2021.

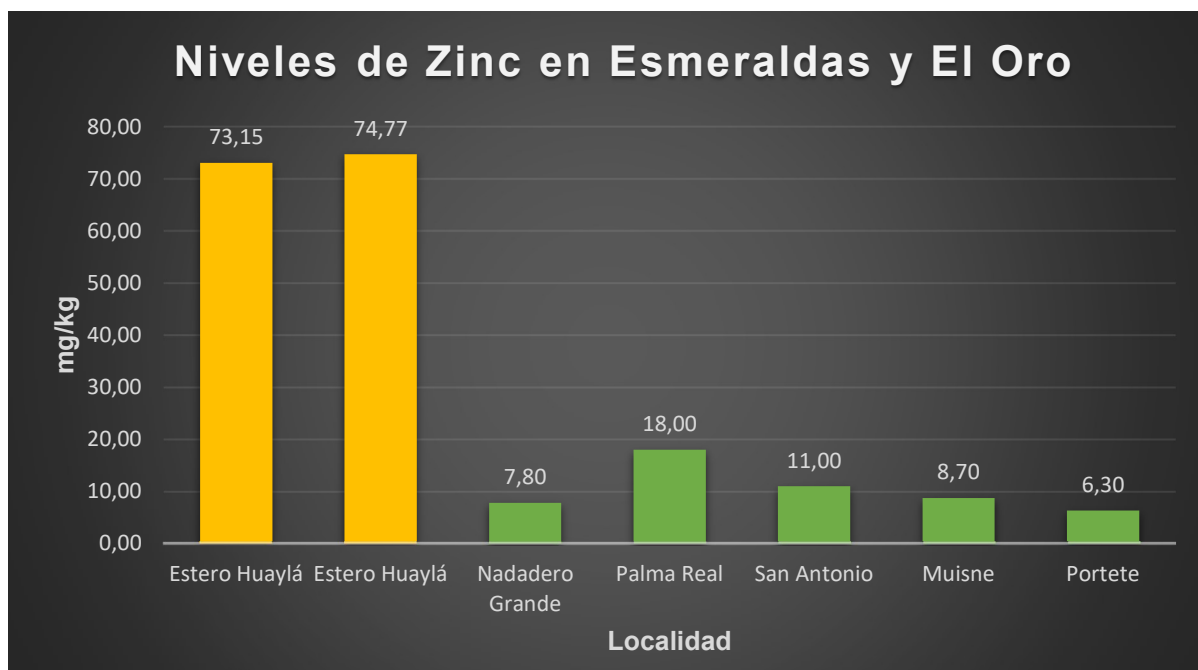


Gráfico 13: Niveles de Zinc registrados durante 2013-2014.

Fuente: Tamayo 2021.

Las especies de moluscos más afectadas por las concentraciones de metales pesados son:

Tabla 23: Especies de moluscos más afectadas por concentraciones de metales pesados.

Especie afectada	Metal	Promedio mg/kg	LMP TULSMA 2015 mg/kg
<i>Anadara similis</i>	As	1.44	0.05
<i>Anadara tuberculosa</i>	As	1.45	0.05
<i>Prothothaca asperrima</i>	As	0.07	0.05
Moluscos (sin identificar)	As	1	0.05
<i>Anadara similis</i>	Cd	1.3	0.005
<i>Anadara Tuberculosa</i>	Cd	1.34	0.005
<i>Cerithiodes mazatlanica</i>	Cd	0.67	0.005
<i>Littorina varia</i>	Cd	0.49	0.005
Moluscos (sin identificar)	Cd	37.21	0.005
<i>Mytella guayanensis</i>	Cd	0.13	0.005

<i>Mytella strigata</i>	<b>Cd</b>	1.52	0.005
<i>Ostrea columbiensis</i>	<b>Cd</b>	7.5	0.005
<i>Pomácea caniculata</i>	<b>Cd</b>	0.9	0.005
<i>Prothothaca aspérina</i>	<b>Cd</b>	0.54	0.005
<i>Anadara similis</i>	<b>Co</b>	2.88	0.2
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Co</b>	1.4	0.2
<i>Anadara similis</i>	<b>Cu</b>	5.86	0.5
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Cu</b>	4.11	0.5
<i>Mytella guayanensis</i>	<b>Cu</b>	27.97	0.5
<i>Prothothaca aspérina</i>	<b>Cu</b>	14.05	0.5
<i>Anadara similis</i>	<b>Cr</b>	3.89	0.05
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Cr</b>	0.7	0.05
<i>Mytella guayanensis</i>	<b>Cr</b>	0.57	0.05
<i>Prothothaca aspérina</i>	<b>Cr</b>	0.92	0.05
<i>Anadara similis</i>	<b>Hg</b>	744.35	0.0001
<i>Anadara grandis</i>	<b>Hg</b>	4.65	0.0001
<i>Anadara tuberculosa</i>	<b>Hg</b>	419.87	0.0001
<i>Moluscos (sin identificar)</i>	<b>Hg</b>	1.29	0.0001
<i>Anadara similis</i>	<b>Ni</b>	5.5	0.1
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Ni</b>	3.21	0.1
<i>Mytella guayanensis</i>	<b>Ni</b>	1.59	0.1
<i>Anadara similis</i>	<b>Pb</b>	8.63	0.1
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Pb</b>	4.68	0.1
<i>Cerithiodes mazatlanica</i>	<b>Pb</b>	5.68	0.1
<i>Littorina varia</i>	<b>Pb</b>	4.36	0.1
<i>Moluscos (sin identificar)</i>	<b>Pb</b>	8.68	0.1
<i>Mytella guayanensis</i>	<b>Pb</b>	3.95	0.1
<i>Mytella strigata</i>	<b>Pb</b>	1.63	0.1
<i>Ostrea columbiensis</i>	<b>Pb</b>	2.68	0.1
<i>Prothothaca aspérina</i>	<b>Pb</b>	0.4	0.1
<i>Anadara similis</i>	<b>Zn</b>	73.15	0.17
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Zn</b>	21.01	0.17

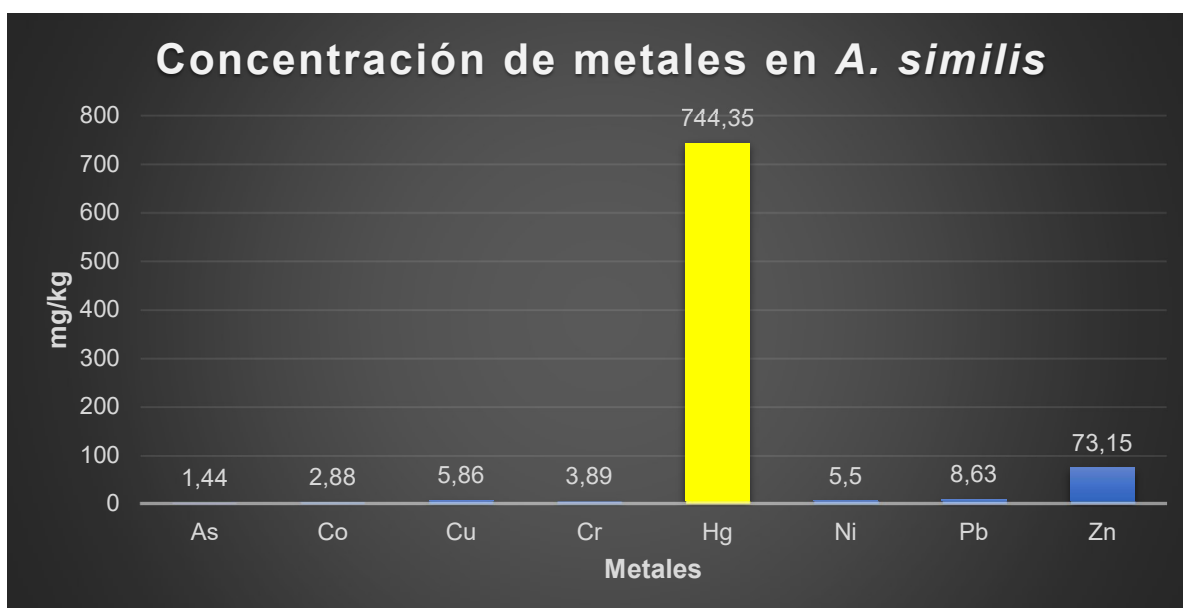
Fuente: Tamayo, 2021.

**Tabla 24:** Especie de moluscos de interés comercial más afectadas por concentraciones de metales pesados.

<b>Especie afectada</b>	<b>Metal</b>	<b>Promedio mg/Kg</b>	<b>LMP TULSMA 2015 mg/Kg</b>
<i>Anadara similis</i>	<b>As</b>	1.44	0.05
<i>Anadara tuberculosa</i>	<b>As</b>	1.45	0.05
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Cd</b>	1.34	0.005
<i>Ostrea columbiensis</i>	<b>Cd</b>	7.5	0.005
<i>Anadara similis</i>	<b>Co</b>	2.88	0.2
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Co</b>	1.4	0.2

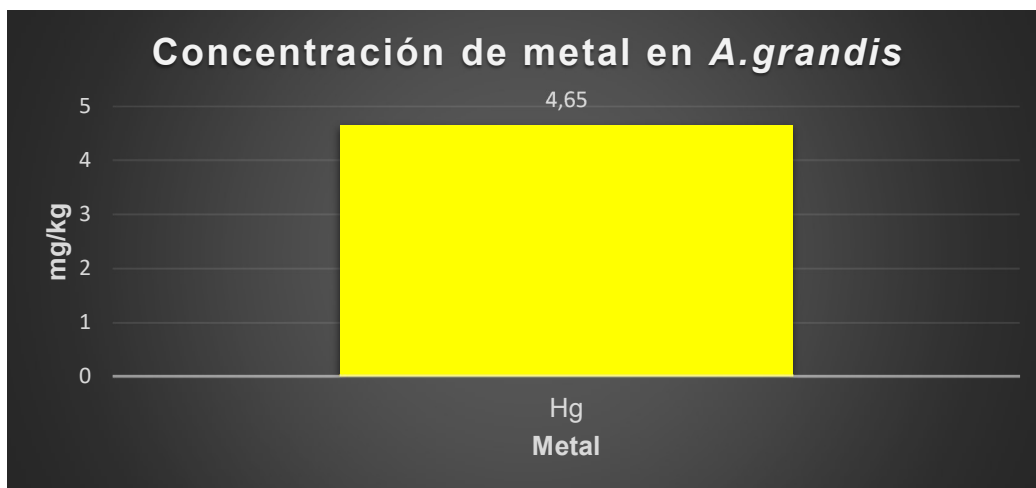
<i>Anadara similis</i>	<b>Cu</b>	5.86	0.5
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Cu</b>	4.11	0.5
<i>Mytella guayanensis</i>	<b>Cu</b>	27.97	0.5
<i>Anadara similis</i>	<b>Cr</b>	3.89	0.05
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Cr</b>	0.7	0.05
<i>Mytella guayanensis</i>	<b>Cr</b>	0.57	0.05
<i>Anadara similis</i>	<b>Hg</b>	744.35	0.0001
<i>Anadara grandis</i>	<b>Hg</b>	4.65	0.0001
<i>Anadara tuberculosa</i>	<b>Hg</b>	419.87	0.0001
<i>Anadara similis</i>	<b>Ni</b>	5.5	0.1
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Ni</b>	3.21	0.1
<i>Mytella guayanensis</i>	<b>Ni</b>	1.59	0.1
<i>Anadara similis</i>	<b>Pb</b>	8.63	0.1
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Pb</b>	4.68	0.1
<i>Mytella guayanensis</i>	<b>Pb</b>	3.95	0.1
<i>Anadara similis</i>	<b>Zn</b>	73.15	0.17
<i>Anadara Tuberculosa</i>	<b>Zn</b>	21.01	0.17

Fuente: Tamayo, 2021.



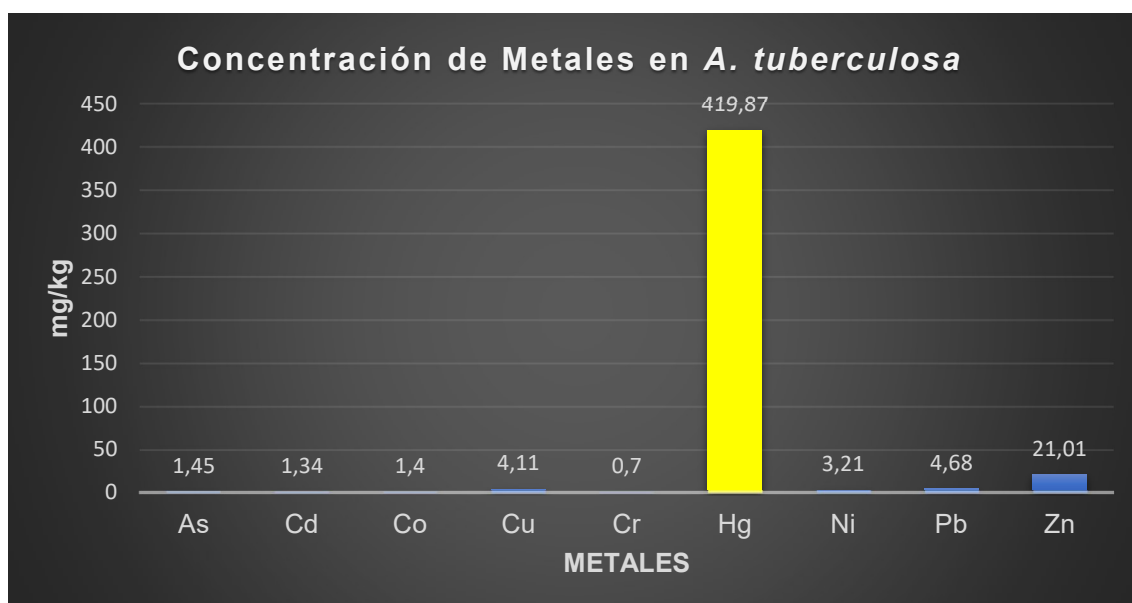
**Gráfico 14:** Concentraciones de metales pesados en el molusco de interés comercial *Anadara similis*. Fuente: Tamayo 2021.

El molusco de interés comercial *Anadara similis* presenta una mayor tendencia por la acumulación de Mercurio (Hg), dicho molusco es de gran importancia en la gastronomía ecuatoriana. La concentración de este metal sobrepasa el Límite Máximo Permisible de 0.0001 mg/kg de peso.



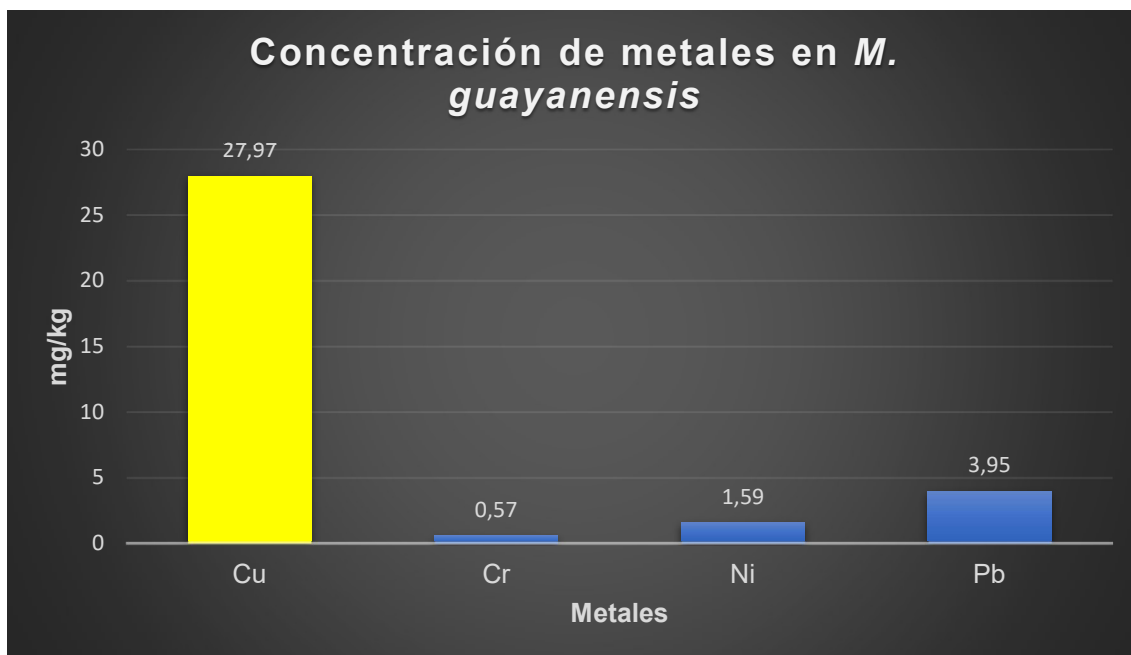
**Gráfico 15:** Concentraciones de metales pesados en el molusco de interés comercial *Anadara grandis* Fuente: Tamayo 2021.

El molusco de interés comercial *Anadara grandis* presenta una mayor tendencia por la acumulación de Mercurio (Hg), dicho molusco es de gran importancia en la gastronomía ecuatoriana. La concentración de este metal sobrepasa el Límite Máximo Permisible de 0.0001 mg/kg de peso.



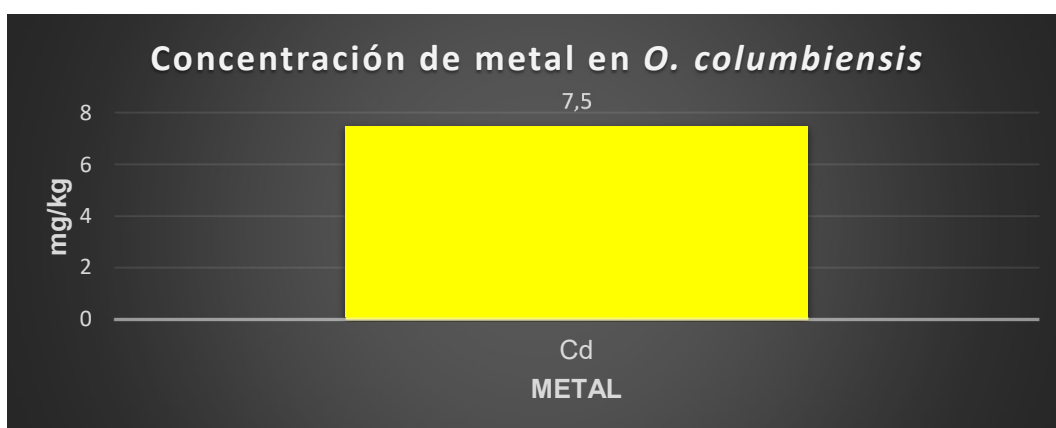
**Gráfico 16:** Concentraciones de metales pesados en el molusco de interés comercial *Anadara tuberculosa*. Fuente: Tamayo, 2021.

El molusco de interés comercial *Anadara tuberculosa* presenta una mayor tendencia por la acumulación de Mercurio (Hg), dicho molusco es de gran importancia en la gastronomía ecuatoriana. La concentración de este metal sobrepasa el Límite Máximo Permisible de 0.0001 mg/kg de peso.



**Gráfico 17:** Concentraciones de metales pesados en el molusco de interés comercial *Mytella guayanensis*. **Fuente:** Tamayo 2021.

El molusco de interés comercial *Mytella guayanensis* presenta una mayor tendencia por la acumulación de Cobre (Cu), y Plomo (Pb), dicho molusco es de gran importancia en la gastronomía ecuatoriana. La concentración de Cobre sobrepasa el Límite Máximo Permissible de 0.5 mg/Kg de peso. Al igual que en el caso del plomo cuyo límite es de 0.1 mg/Kg de peso.



**Gráfico 18:** Concentraciones de metales pesados en el molusco de interés comercial *Ostrea columbiensis*. **Fuente:** Tamayo 2021.

El molusco de interés comercial *Ostrea columbiensis* presenta una mayor tendencia por la acumulación de Cadmio (Cd), dicho molusco es de gran importancia en la gastronomía ecuatoriana. La concentración de Cadmio sobrepasa el Límite Máximo Permissible de 0.05 mg/Kg de peso.

## 12 CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos la data histórica muestra que, en las provincias de Esmeraldas, Guayas y El Oro, éstas no mantienen una periodicidad en el registro de metales pesados presentes en zonas estuarinas y en todos los casos la presencia de estos metales sobrepasa los límites máximos permisibles de acuerdo a la normativa vigente.
- Los metales pesados con mayor presencia registrados son: el Cadmio (Cd) con 1.525 mg/kg estación isla Santay, 1.304 mg/kg Urbanización Mucho Lote 2 año 2016, las cuales están dentro de los límites de la Ciudad de Guayaquil, esta se ve afectada por parte de la cuenca alta y media del río guayas dada la influencia que la agricultura ejerce sobre sus afluentes, El creciente parque automotor de la ciudad también ejerce sus efectos negativos al contribuir con el uso de los diferentes derivados de petróleo y las industrias que se asientan en la ribera del Rio Guayas.
- Por su parte la estación La Puntilla presento el nivel más alto de Cadmio 37,21 mg/kg en el año 2014, siendo su límite Máximo Permisible 0,005 mg/kg. Dicha localidad pertenece a la provincia de El Oro.
- El Mercurio (Hg), presento niveles de 618,70 mg/kg en el 2013 a 870 mg/kg en el 2017 registrados en la provincia de El Oro en la estación del Estero Huaylá, siendo su límite Máximo Permisible 0,0001 mg/kg. Los moluscos del género *Anadara* presentan mayor disposición para la bioacumulación de dicho elemento.
- El Plomo registro un nivel máximo de 14,13 mg/kg en el año 2014 en la provincia de El Oro en la estación La Puntilla, siendo su límite Máximo Permisible 0,01 mg/kg. El molusco *Mytella guayanensis* presenta mayor disponibilidad por la acumulación de plomo.



- De forma general las diferentes especies de moluscos presentan gran disponibilidad para bioacumular metales pesados en especial el Cadmio, el cual se registró en las provincias de Esmeraldas, Guayas y El Oro, sus niveles sobrepasan por mucho a lo establecido en norma vigente de 0,0005 mg/kg.
- La normativa ecuatoriana para metales pesados se ha modificado con especial atención al Cobre (Cu), que paso de 0,05 mg/kg a 0,5 mg/kg y el Plomo de 0,01 mg/kg a 0,1 mg/kg.

## 13 BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO (AGROCALIDAD), (SF). *Pomacea caniculata* (Lamarck, 1828). Recuperado de: <http://web.agrocalidad.gob.ec/documentos/dcz/4div-ficha-caracol-manzana.pdf>
- Amaguaya, V., & Ruby, J. (2015). *Diversidad silvestre de gasterópodos en dos localidades al interior de refugios de vida silvestre manglares el Morro Provincia del Guayas* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.).
- Andral, B., Stanisiere, J. Y., Sauzade, D., Damier, E., Thebault, H., Galgani, F., & Boissery, P. (2004). Monitoring chemical contamination levels in the Mediterranean based on the use of mussel caging. *Marine Pollution Bulletin*, 49(9-10), 704-712.
- Baqueiro-Cárdenas, Erick Raúl, et al. "Los moluscos y la contaminación: una revisión." *Revista mexicana de biodiversidad* 78 (2007): 1-7. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-34532007000300001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532007000300001)
- Borda, C. A., & Cruz, R. (2004). Pesca artesanal de bivalvos *Anadara tuberculosa* y *A. similis* y su relación con eventos ambientales, Pacífico colombiano. *Rev. Invest. Mar*, 25(3), 197-208.
- Burger J. (2008). Assessment and management of risk to wildlife from cadmium. *Sci. Tot. Environ*, 389 (1): 37 – 45.
- Camara Nacional de Acuicultura. (3 de Agosto de 2020). Recuperado el 3 de Agosto de 2020, de <http://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Cámara de Industrias y Producción (CIP). (s,f) REVISION DEL ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA. Recuperado de: <http://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%201.pdf>
- Camus, L., Pampanin, D. M., Volpato, E., Delaney, E., Sanni, S., & Nasci, C. (2004). Total, oxyradical scavenging capacity responses in *Mytilus galloprovincialis* transplanted into the Venice lagoon (Italy) to measure the biological impact of anthropogenic activities. *Marine Pollution Bulletin*, 49(9-10), 801-808.
- Castro Guerrero, R. C. (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)* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil).

- Caruso, J. A., Klaue, B., Michalke, B., & Rocke, D. (2003). Group assessment: elemental speciation. *Ecotoxicology and environmental safety*, 56. Recuperado de: <https://escholarship.org/content/qt7633826w/qt7633826w.pdf>
- Carrasquero Durán, A., & Adams, M. (2002). Comparación de métodos para el análisis de mercurio en suelos procedentes de El Callao, estado Bolívar, Venezuela. *Interciencia*, 27(4), 191-194.
- Chahid, A., Hilali, M., Benhachimi, A., & Bouzid, T. (2014). Contents of cadmium, mercury and lead in fish from the Atlantic sea (Morocco) determined by atomic absorption spectrometry. *Food chemistry*, 147, 357-360.
- Cisneros, B. E. J. (2001). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. Colegio de Ingenieros Ambientales de México. Recuperado: [https://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA4&lpg=PA4&dq=SBN:+968-18-6042-X&source=bl&ots=IUEIVNLwzE&sig=ACfU3U0pDH78VKoXXoHWGhBoxk8\\_UdVqUg&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjZwpeE6tDrAhVxxFkKHZozDuoQ6AEwAHoECAUQAQ#v=onepage&q=SBN%3A%20968-18-6042-X&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA4&lpg=PA4&dq=SBN:+968-18-6042-X&source=bl&ots=IUEIVNLwzE&sig=ACfU3U0pDH78VKoXXoHWGhBoxk8_UdVqUg&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjZwpeE6tDrAhVxxFkKHZozDuoQ6AEwAHoECAUQAQ#v=onepage&q=SBN%3A%20968-18-6042-X&f=false)
- Cousillas, A. (2007). Informe Toxicológico. Anteproyecto avanzado muelle multipropósito "C". Administración Nacional de Puertos. Montevideo, Uruguay. 53pp.
- Conchology (2017). Potamididae. Recuperado de: <http://www.molluscabase.org/aphia.php?p=taxdetails&id=575286>
- Cruz, M. (2003). Malacofauna bentónica existente en los alrededores de la Ciudad de Guayaquil (Estero Salado y Río Guayas), Durante 2003. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 12(1), 135-145. Recuperado de: [http://inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas\\_oceanograficas/acta12/OCE1201\\_13.pdf](http://inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta12/OCE1201_13.pdf)
- El Mai, H. (2014). Técnicas de preconcentración en el análisis de metales traza. Fraccionamiento químico en el control de la contaminación metálica de la bahía de Tánger.
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. CEPAL. Recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6411/S0210820\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6411/S0210820_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Estenssoro, F., & Devés, E. (2013). Antecedentes históricos del debate ambiental global: Los primeros aportes latinoamericanos al origen del concepto de Medio Ambiente y Desarrollo (1970-1980). *Estudios Ibero-Americanos*, 39(2), 237-261. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1346/134630604003.pdf>

- Espinoza Ruíz, C. L. (2014). *Incidencia de la contaminación orgánica y de metales pesados sobre la biodiversidad marino costera del sitio Costa Rica* (Bachelor's thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala).
- FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. Roma. Recuperado el 2020, de <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- Fernández, A. M. C., & Jiménez, M. R. (2012). *Toxicología alimentaria*. Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=SbUticcNWoMC&oi=fnd&pg=PA29&dq=Came%C3%A1n,+A.,+%26+Repetto,+M.+\(Eds.\).+\(2006\).+Toxicolog%C3%ADa+Alimentaria.+Madrid+-+Buenos+Aires.&ots=rIBumN4yoN&sig=P2su1v2t4vCIFSQ-4P0j2cfo2Y&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=SbUticcNWoMC&oi=fnd&pg=PA29&dq=Came%C3%A1n,+A.,+%26+Repetto,+M.+(Eds.).+(2006).+Toxicolog%C3%ADa+Alimentaria.+Madrid+-+Buenos+Aires.&ots=rIBumN4yoN&sig=P2su1v2t4vCIFSQ-4P0j2cfo2Y&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. In *Anales del sistema sanitario de Navarra* (Vol. 26, pp. 141-153). Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.
- Flexner, S. B., Stein, J., & Su, P. Y. (1990). *The random house dictionary* (No. 423 R194r). New York, US: Random House.
- Fu, F., & Wang, Q. (2011). Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review. *Journal of environmental management*, 92(3), 407-418. Recuperado de: HYPERLINK "https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479710004147" <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479710004147>
- Galán , E., & Romero , A. (2013). Contaminación de suelos por metales pesados. España: Devilla. Obtenido de [http://www.ehu.es/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)
- Gewurtz, S. B., Bhavsar, S. P., & Fletcher, R. (2011). Influence of fish size and sex on mercury/PCB concentration: importance for fish consumption advisories. *Environment international*, 37(2), 425-434.
- Gil, C., Ramos-Miras, J., & Boluda, R. (2002). Niveles Estándar de Cu, Zn y Co y Evaluación de la Contaminación en los suelos de los invernaderos de la comarca del poniente (Almería, España). *Edafología*, 9(3), 283-294.
- Glanze, W. D. (1996). *Mosby medical encyclopedia, revised edition*. St. Louis, MO: CV Mosby.
- Granada, N., & Escobar, D. (2012). Análisis y cuantificación de metales pesados (Pb, Cd, Ni y Hg) en agua, sedimentos y bioacumulación en la especie *Rhandia wagne* (barbudo) del río cauca en el municipio de la Virginia. *Trabajo de grado para optar al título de químico industrial*.

Gil, M. N., Torres, A., Harvey, M., & Esteves, J. L. (2006). Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental. *Revista de biología marina y oceanografía*, 41(2), 167-176.

Green, N. W., & Knutzen, J. (2003). Organohalogenos and metals in marine fish and mussels and some relationships to biological variables at reference localities in Norway. *Marine Pollution Bulletin*, 46(3), 362-374.

Hernández-Antonio, A., & Hansen, A. M. (2011). Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(2), 115-127.

Kimbrough, K. L., Lauenstein, G. G., Christensen, J. D., & Apeti, D. A. (2008). An assessment of two decades of contaminant monitoring in the Nation's Coastal Zone.

Mero Valarezo, M. D. J. (2010). *Determinación de metales pesados (cd y pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del Golfo de Guayaquil* (Master's thesis).

LENNTech. (25 de 07 de 2020). Recuperado de:  
<https://www.lenntech.es/periodica/elementos/ni.htm>.

Lijun, L., Xuemei, L., Yaping, G., Enbo, M. (2005). Activity of the enzymes of the antioxidative system in cadmium-treated *Oxyachinensis* (Orthoptera acridoidea). *Environ. Toxicol. Phar.*, 20: 412 – 416.

Llori Ordoñez, J. A., & Romero Tapia, E. L. (2017). *Evaluación de la bioacumulación de trazas de metales pesados en la especie Manihot esculenta; Crantz cultivada en suelo remediado de la parroquia Taracoa* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Lozet, J., & Mathieu, C. (1990). *Dictionary of soil science* (No. Ed 2). Technique et Documentation-Lavoisier.

Mandal, B. K., & Suzuki, K. T. (2002). Arsenic round the world: a review. *Talanta*, 58(1), 201-235.

Recuperado de: HYPERLINK  
"https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914002002680"  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914002002680>

Mendoza Angulo, H. M. (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 para consumo humano* (Doctoral dissertation).

Mercosur (2011). Reglamento Técnico MERCOSUR Sobre Límites Máximos de Contaminantes Inorgánicos en Alimentos. Recuperado de:  
[http://200.40.51.218/SAM%5CGestDoc%5CPubWeb.nsf/EDC19E9CB3C36C18032585E0000536A0/\\$File/RES\\_012-2011\\_ES\\_RTM%20Limites%20Contaminantes.pdf](http://200.40.51.218/SAM%5CGestDoc%5CPubWeb.nsf/EDC19E9CB3C36C18032585E0000536A0/$File/RES_012-2011_ES_RTM%20Limites%20Contaminantes.pdf)

- Ministerio de Ambiente (2015). REFORA TEXTO UNIFICADO LEGISLACIÓN SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, DECRETO Ejecutivo 3516, Registro Oficial suplemento 2, 31/03/2003. Recuperado de: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- Ministerio del Ambiente (2016). Convenios, Acuerdos, Tratados Multilaterales sobre medio ambiente y desarrollo sostenible. Recuperado de: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/Convenios-Acuerdos-Tratados-Multilaterales-sobre-medio-ambiente.pdf>
- Mite Defaz, G. B., & Gonzabay Muñoz, P. E. (2009). *Elaboración del catálogo de invertebrados marinos bentónicos macroscópicos equinodermos, moluscos y crustáceos de la zona intermareal rocosa norte del balneario Ballenita desde el mes de junio a diciembre* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2009.).
- Moreno Grau, M. D. (2003). *Toxicología Ambiental: Evaluación de riesgo para la salud humana* (No. 615.902 M843t). Madrid, ES: McGraw-Hill Interamericana.
- Mero Valarezo, M. D. J. (2010). *Determinación de metales pesados (cd y pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del Golfo de Guayaquil* (Master's thesis).
- MolluscaBase eds. (2020). MolluscaBase. *Mytella strigata* (Hanley, 1843). Consultado a través de: World Register of Marine Species en: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=1458663>
- MolluscaBase eds. (2020). MolluscaBase. *Ostrea columbiensis* Hanley, 1846. Consultado a través de: World Register of Marine Species en: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=542046>
- MolluscaBase eds. (2020). MolluscaBase. *Protothaca asperrima* (Sowerby, 1835). Consultado a través de: World Register of Marine Species en: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=367814>
- MolluscaBase eds. (2020). MolluscaBase. *Cerithidea mazatlanica* Carpenter, 1857. Se accede a través de: Registro Mundial de Especies Marinas en: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=575286>
- MolluscaBase eds. (2020). MolluscaBase. *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819). Consultado a través de: World Register of Marine Species en: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=533145>
- MolluscaBase eds. (2020). MolluscaBase. *Anadara tuberculosa* (GB Sowerby I, 1833). Consultado a través de: Registro mundial de especies marinas en: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=504313>

- MolluscaBase eds. (2020). MolluscaBase. *Anadara grandis* (Broderip y GB Sowerby I, 1829). Consultado a través de: World Register of Marine Species en: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=600539>
- MolluscaBase eds. (2020). MolluscaBase. *Littoraria varia* (Sowerby, 1832). Consultado a través de: World Register of Marine Species en: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=446916#images>
- Mora, S. E. (2002). Catálogo de Bivalvos Marinos del Ecuador. Boletín Científico y Técnico - Instituto Nacional de Pesca (Ecuador), 16 Pp
- Morales Bohórquez, J. G. (2015). *Extracción de Anadara grandis (Broderip & Sowerby, 1829), en el estero Ayalán del Recinto Puerto El Morro de la provincia del Guayas* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.).
- Navarro, A. L. (25 de Mayo de 2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. ECOSISTEMAS Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente.
- Nordberg, G. (2014). METALES: PROPIEDADES QUIMICAS Y TOXICIDAD PRODUCTOS QUIMICOS. En PRODUCTOS QUIMICOS. ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO.
- Orozco, C., Pérez, A., González, M. N., Rodríguez, F. J., & Alfayate, J. M. (2002). Contaminación ambiental: Una visión desde la química.
- Peterle, T. J. (1991). *Wildlife toxicology*. Van Nostrand Reinhold.
- Ramírez Prado, N. G. (2016). *Determinación de Cadmio en los ríos Guayas, Daule y Babahoyo mediante el estudio de Concentraciones en Agua, Sedimento y en el Caracol Manzana Pomacea canaliculata (Lamarck, 1822)(Caenogastropoda: Ampullariidae)* (Bachelor's thesis).
- Phillips, D., & Rainbow, P. (1993). Biomonitoring of trace aquatic contaminants—Elsevier Applied Science. *New York*.
- Poutiers, J.M. (1995). Bivalvos (pp. 100-222). En: Guía FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico CentroOriental. Vol. 1. Plantas e Invertebrados. FAO, Roma (Fischer, W.K., Schneider, Sommer, Carpenter, K.E. y Niem, V.H. eds.
- Rengel, J. O. S. E., Guelmelit, L. U. G. O., Torres, L. U. I. S., & Marin, C. (2010). Inducción al Desove y Desarrollo Larval del Molusco Bivalvo *Chione cancellata*.
- Repetto, G., & Repetto, M. (1995). Métodos alternativos: estudios toxicológicos in vitro. *Madrid: Ediciones Díaz de Santos*.

- Repetto, G., & Repetto, M. (1995). Métodos alternativos: estudios toxicológicos in vitro. *Madrid: Ediciones Díaz de Santos*.
- Revis, N.W., Zinsmeister, A.R., Bull, R. (1981). Atherosclerosis and Hypertension Induction by Lead and Cadmium Ions: An Effect Prevented by Calcium Ion. *PNAS.*, 78 (10): 6494 – 6498.
- Roesijadi, G. (1986). Mercury-binding proteins from the marine mussel, *Mytilus edulis*. *Environmental Health Perspectives*, 65, 45-48.
- Rosas Rodríguez, H. (2001). *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Rodríguez Eugenio, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: una realidad oculta. *Organizacion de las Naciones Unidas para la alimentacion y la agricultura FAO*.
- 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). (Tesis de Grado para la obtención de título de Biólogo, Universidad de Guayaquil).
- Rodríguez Banguera, F. A. (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* (Bachelor's thesis).
- Senior, W., Valarezo, C., Johnny, T., Yaguachi, A. C., RODRÍGUEZ, G., Benitez, A. M., ... & Marquez, A. (2015). EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL CONTENIDO TOTAL Y BIODISPONIBLES DE LOS METALES PESADOS, CU, CD, PB Y HG EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL ESTERO DE SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO, ECUADOR. 1.
- Siavichay, B. (2013). Determinación de cadmio y plomo en el tejido blando, hepatopáncreas del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) y sedimento de la Reserva Ecológica Manglares Churute. (Tesis de Grado para la obtención de título de Biólogo, Universidad de Guayaquil).
- Sibaja, W. (1986). Madurez sexual en el mejillón *Mytella guyanensis*, del manglar Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 34(1): 151-155.
- Schinitman, N (2004) Contaminación de Metales Pesados y salud recuperado de: HYPERLINK "https://www.ecoport.net/temas-especiales/contaminacion/metales\_pesados\_ambiente\_y\_salud/" [https://www.ecoport.net/temas-especiales/contaminacion/metales\\_pesados\\_ambiente\\_y\\_salud/](https://www.ecoport.net/temas-especiales/contaminacion/metales_pesados_ambiente_y_salud/)
- Siguencia, R. (2010). Niveles de coliformes totales y *Escherichia coli* en bivalvos de interés comercial *Ostrea columbiensis* y *Mytella guyanensis* (Molusca: Bivalvia) como bioindicador de



contaminación Microbiológica en el estero puerto Hondo, provincia del Guayas – Ecuador (Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil).

Texto Unificado de Legislación secundaria de Medio ambiente (TULSMA) (2017). Políticas Básicas Mediambientales del Ecuador. Recuperado de: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>.

Toledo, S. &. (2016). Determinación de metales pesados, arsénico, cadmio, y plomo en conchas prieta (*Anadara tuberculosa*), extraídos de la desembocadura del río Pital (Master's thesis, Universidad del Azuay).

Unión Europea (2006). Reglamento (CE) N° 1881/2006 Contenido Máximo de Determinados Contaminantes en los Productos Alimenticios. Recuperado de: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&from=ES>

Viarengo, A., Pertica, M., Canesi, L., Biasi, F., Cecchini, G., & Orunesu, M. (1988). Effects of heavy metals on lipid peroxidation in mussel tissues. *Marine Environmental Research*, 24(1-4), 354.

Vodela, J.K., Renden, J.A., Lenz, S.D., McElhenney, W.H., Kemppainen, B.W. (1997). Drinking water contaminants (arsenic, cadmium, lead, benzene, and trichloroethylene). 1. Interaction of contaminants with nutritional status on general performance and immune function in broiler chickens. *Poultry Sci.*, 76 (11): 1474 – 1492.

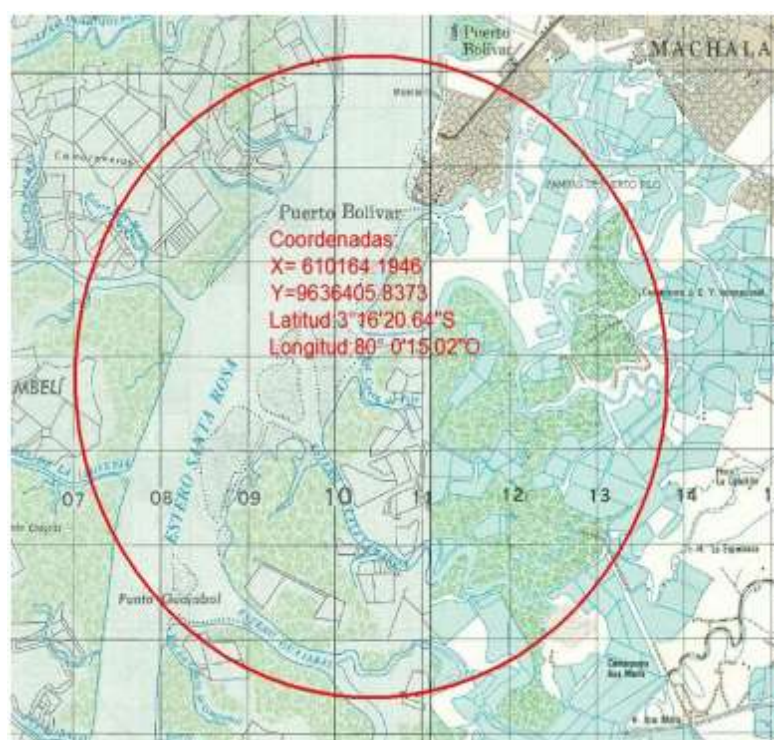
World Register of Marine Species (WoRMS), (2020). *Anadara tuberculosa*. (GB Sowerby I, 1833). Consultado el 27/09/2020. Recuperado de: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=504313#images>

Zambrano, M., Casanova, R., Prada, J., Arencibia, G., Vidal, A., & Capetillo, N. (2012). Bioacumulación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Arcoida: Arcidae). *Gayana (Concepción)*, 76(1), 1-9. Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-65382012000200001&script=sci\\_arttext&tIng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-65382012000200001&script=sci_arttext&tIng=en)

## 14 ANEXOS



**Figura 5:** Vista geográfica del área de muestreo Bajo Alto. **Fuente:** Ordoñez, 2015.



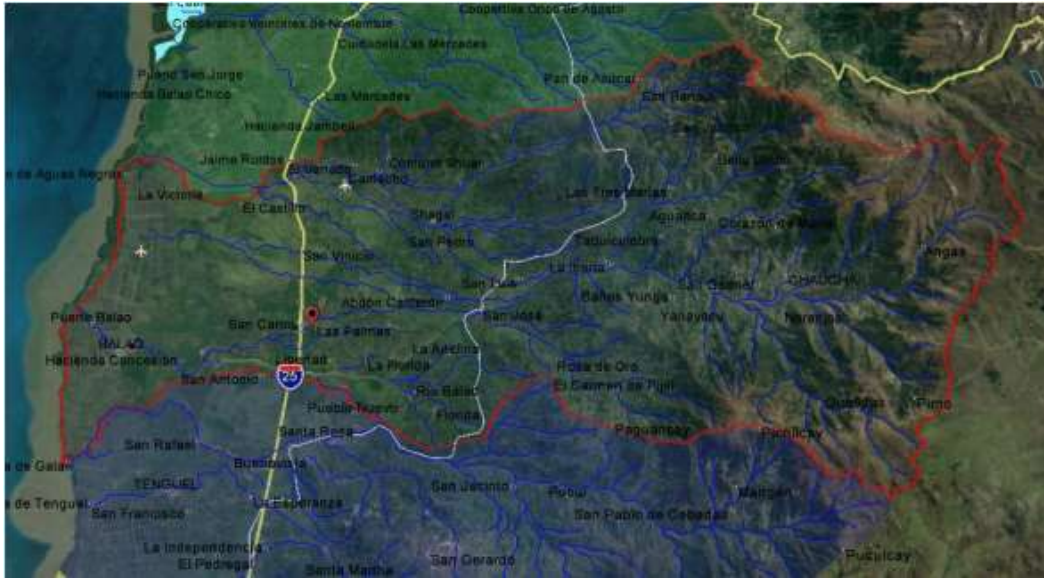
**Figura 6:** Vista geográfica del área de muestreo Puerto Bolívar (Estero Huaylá). **Fuente:** Ordoñez, 2015.



**Figura 7:** Vista geográfica del área de muestreo Puerto Hualtaco.  
**Fuente:** Ordoñez, 2015.



**Figura 8:** Vista geográfica del área de muestreo Isla Jambelí.  
**Fuente:** Ordoñez, 2015.



**Figura 9:** Mapa de la subcuenca del Cantón Balao.  
**Fuente:** Carrasco & Webster, 2016.



**Figura 10:** Ubicación geográfica del Área de estudio.  
**Fuente:** Castro, 2017.



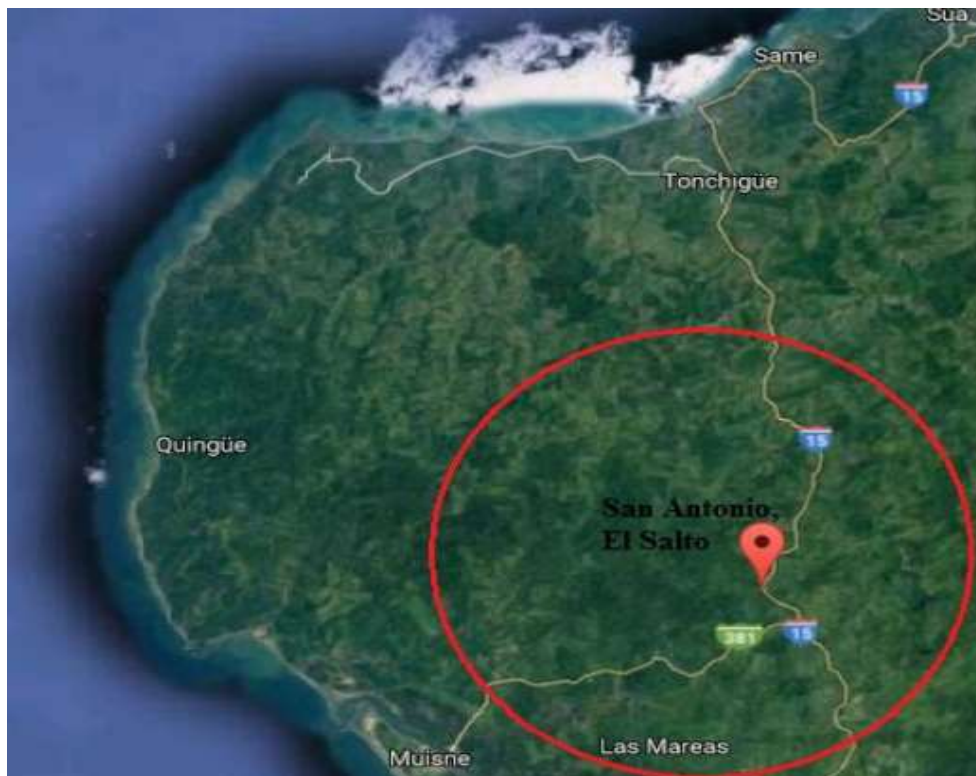
**Figura 11:** Ubicación Geográfica Puente Portete, Coordenadas UTM x= 618272; y= 9757252.  
**Fuente:** Rodríguez, 2013.



**Figura 12:** Ubicación Geográfica Puente 5 de Junio, Coordenadas UTM x= 620953; y= 9757944. **Fuente:** Rodríguez, 2013.



**Figura 13:** Ubicación Geográfica del estero Huaylá.  
**Fuente:** Collaguazo, Armijos, & Loja, 2017.



**Figura 14:** Ubicación Geográfica manglar El Salto.  
**Fuente:** Cedeño & Zambrano, 2017.

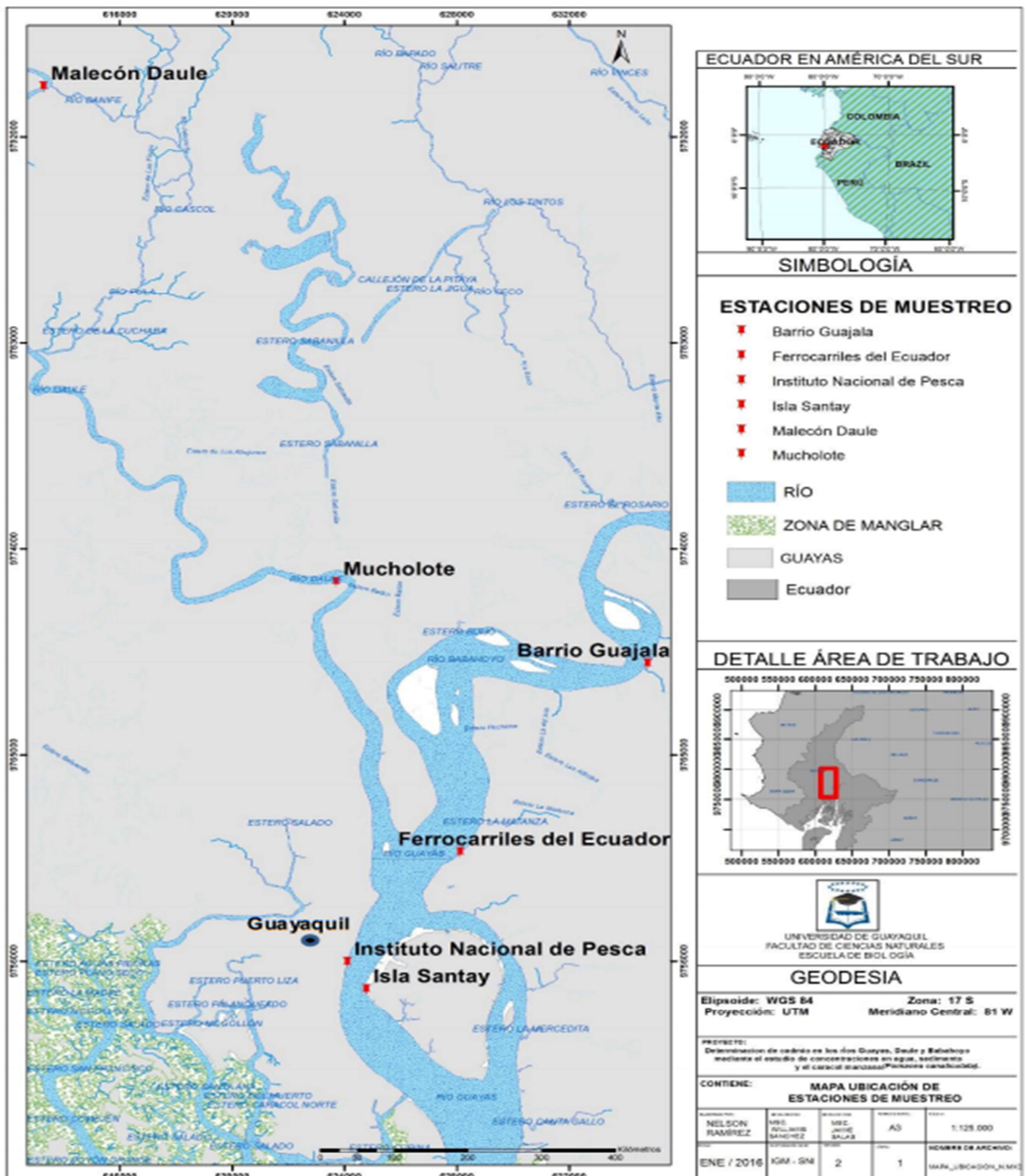
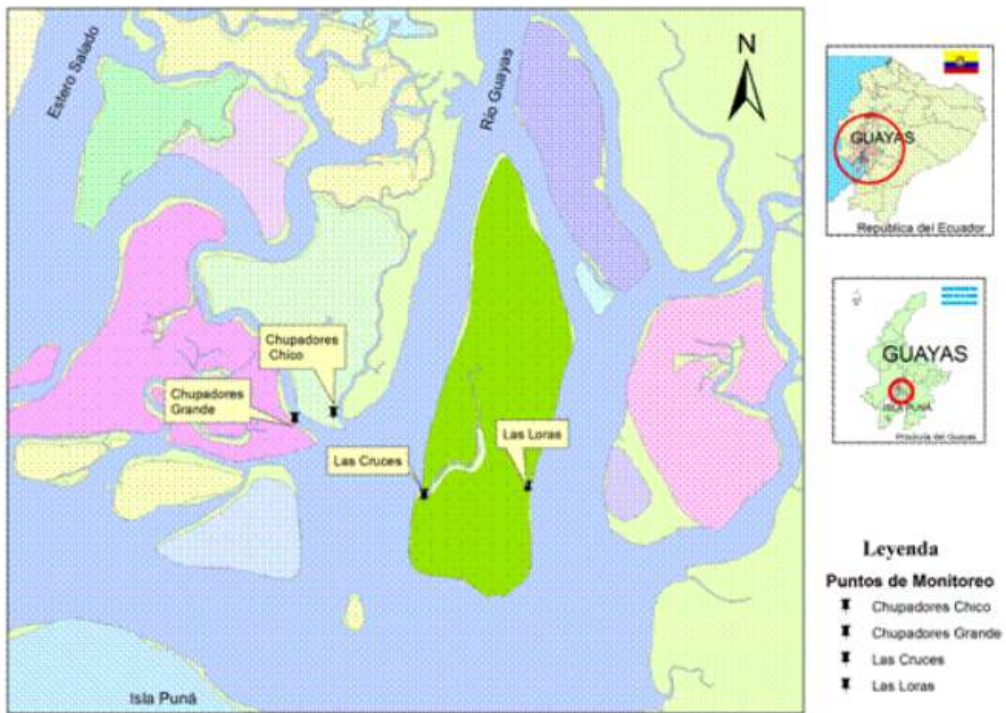
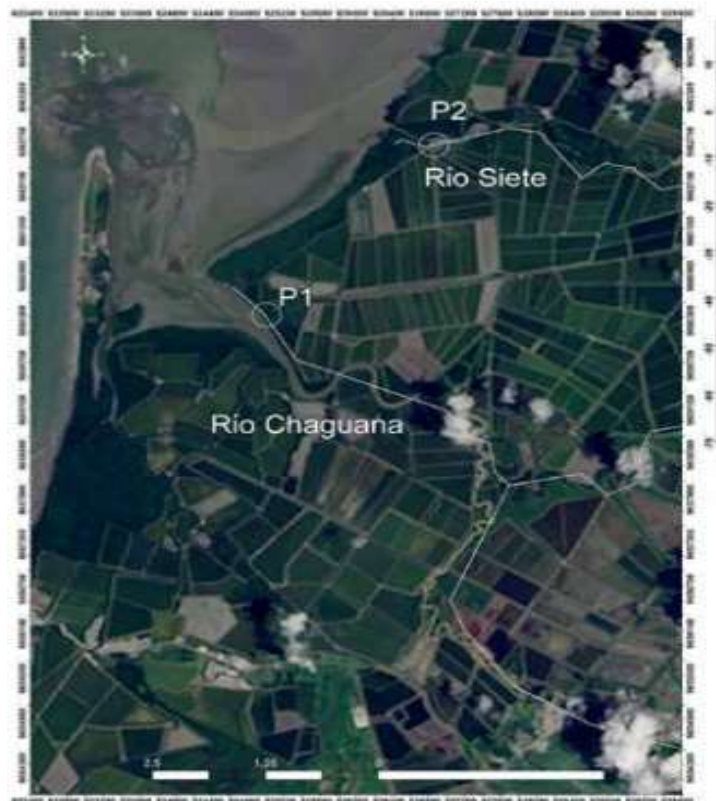


Figura 15: Ubicación Geográfica del Área de estudio.  
Fuente: Ramírez, 2016.



**Figura 16:** Ubicación de los Puntos de Muestreo.  
**Fuente:** Mero, 2010.



**Figura 17:** Zona de estudio Río Chaguana Estuario la puntilla, perteneciente a Bajo Alto, cantón El Guabo, provincia de El Oro, Ecuador.  
**Fuente:** Velásquez, López & Rivera, 2020.