

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio en sedimentos superficiales en el
interior del estuario de Jambelí, El Oro, Ecuador

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniería Oceanográfica

Presentado por:

Jessica Alexandra Palate Cagua

Kevin Danilo Ocaña Balcázar

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón esta tesis a Dios, ya que él me ha permitido concluir con éxito esta etapa, a mis padres Segundo Palate y Ana Cagua, que siempre han estado brindándome su apoyo y consejos a pesar de la distancia, a mis hermanos: Marvin y Rosalinda Palate; y finalmente a mis tíos por sus palabras de aliento para el logro de mis objetivos, en especial a mi tía Betty Huacón, quien ha sido un pilar fundamental durante el tiempo que tuve que estar alejada de mi hogar por mis estudios.

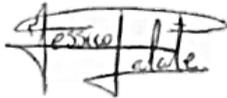
Dedico este proyecto a mis padres José Ocaña y Narcisa Balcázar que estuvieron siempre apoyándome y guiándome a lo largo de la carrera y que sin su ayuda yo no podría haber alcanzado esta meta propuesta; también a mis hermanos José Ocaña y David Ocaña, y demás familiares que me han dado aliento para terminar esta etapa universitaria. Finalmente agradezco a mis mascotas, en especial a mi gata Bernie que me ha acompañado en mis noches de estudio y deberes desde que la adopté en el pre universitario.

AGRADECIMIENTOS

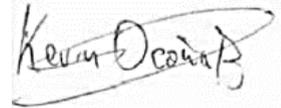
Gracias a la prestigiosa Escuela Superior Politécnica del Litoral por habernos permitido formarnos en ella, gracias a todos los profesores que fueron partícipes a lo largo de nuestros años de estudio, que el día de hoy da sus frutos, y nuestro más sincero agradecimiento a nuestro tutor el Dr. Franklin Isaac Ormaza González que nos guío firmemente durante la realización de nuestro proyecto integrador, a la Subsecretaría de Calidad e Inocuidad, lugar donde realizamos los análisis químicos y a nuestros padres que nos han apoyado en toda nuestra etapa universitaria.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Jessica Alexandra Palate Cagua y Kevin Danilo Ocaña Balcázar, damos nuestro consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Jessica Alexandra Palate Cagua



Kevin Danilo Ocaña Balcázar

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
**LUIS MIGUEL
ALTAMIRANO
PEREZ**

Luis Miguel Altamirano Pérez, M.Sc

PROFESOR DE LA MATERIA



Firmado electrónicamente por:
**FRANKLIN ISAAC
ORMAZA GONZALEZ**

Franklin Isaac Ormaza González, PhD

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El principal objetivo de esta investigación es describir el estado actual de metales pesados (Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio) en sedimentos del estuario interior de Jambelí, El Oro, Ecuador. Debido a la preocupación por parte de la comunidad del archipiélago sobre los posibles impactos en su salud por la contaminación del estuario. Se tomaron 4 muestras de sedimento superficial en la zona centro-norte del estuario, se realizó el análisis de metales pesados utilizando el método de Espectrometría de Absorción Atómica: con horno de grafito y vapor frío. Los resultados obtenidos fueron comparados con la Normativa Canadiense y obtuvimos valores significativos por debajo de los máximos con respecto al Plomo, Cadmio y Mercurio; sin embargo, en cuanto al Arsénico encontramos valores 1.68, 1.73 y 1.48 veces mayor a la normativa en las muestras A, C y D respectivamente. Además, se realizó la clasificación de los sedimentos por método USCS, teniendo que: las muestras A, B y C son muestras clasificadas como arena mal graduada (SP); mientras que la muestra D como un sedimento del tipo (SM) arenas limosas. Podemos concluir que existen en la zona todos los metales analizados, con particular contaminación de Arsénico en el sector centro-norte del estuario interior de Jambelí. Este hecho debe ser tomado en consideración por las autoridades de la provincia para controlar y mitigar la contaminación existente, tomando en cuenta que la posible fuente puede ser la acción minera que desecha este metal en los ríos que desembocan en el estuario del presente estudio.

Palabras claves: Metales Pesados, Sedimentos, Jambelí, Ecuador.

ABSTRACT

The main goal of this investigation is to describe the actual state of heavy metals (Lead, Cadmium, Arsenic, and Mercury) in the sediments of Jambeli's internal estuary, El Oro, Ecuador. Due to the concern of the archipelago community about the health impacts of contamination of the estuary. We took 4 samples of superficial sediment at the north-center of the estuary zone; we performed the heavy metal analysis using the Atomic Absorption Spectroscopy method: by graphite furnace and cold steam. The obtained results were compared with the Canadian Normative and we obtained significant values under the maximum level permitted for Pb, Cd, and Hg, however, for Arsenic we found values 1.68, 1.73, and 1.48 times over the normative in samples A, C, and D respectively. Also, we performed the classification of sediment using the USCS method obtaining that samples A, B, and C are classified as sand poorly mixed (SP), while sample D was classified as sand with mud (SM). We can conclude that in this zone we can find every metal analyzed, with particular contamination of Arsenic in the north-center zone of the Jambeli's internal estuary. This fact must be taken into consideration for the authorities of the province to control and mitigate the existing contamination, taking into account that the possible source can be the mining action that disposes this metal in the rivers that fall into the estuary of the present study.

Keywords: Heavy Metals, Sediments, Jambelí, Ecuador

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
INDICE DE TABLAS.....	VI
INDICE DE GRÁFICAS	VII
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema	1
1.3 Objetivos	2
1.4 Marco Teórico.....	3
CAPÍTULO 2	11
2. Metodología	11
2.1 Materiales y equipos	11
2.2 Área de estudio y recolección de muestras.....	11
2.3 Procesamiento de muestras.....	15
2.4 Análisis de Costos.....	21
CAPÍTULO 3	22
3. Resultados y análisis.....	22
3.1 Control de calidad	22
3.2 Características del área de estudio	22

3.3 Resultados obtenidos y comparación con límites máximos permisibles	22
CAPÍTULO 4	34
4. Conclusiones y Recomendaciones	34
4.1 Conclusiones.....	34
4.2 Recomendaciones	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37
APÉNDICE	43

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1. Puntos de Muestreo (Autores, 2022).....	12
Ilustración 2.2. Componentes dentro de un espectrómetro (Agilent).....	16
Ilustración 2.3. Esquema del proceso de determinación de mercurio por el método de vapor frío (Skoog & West, 2005).....	19
Ilustración 2.4. cuadro del proceso de granulometría	20

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Información del muestreo en los cuatro puntos establecidos (Autores, 2022)	4
Tabla 1.2. Normativas vigentes de LP de metales pesados en sedimentos (Autores,2022).....	8
Tabla 1.3. Formación Geológica de la Parroquia Jambelí (GAD Parroquial Jambelí, 2015)	8
Tabla 1.4. Tipo de suelo de la Parroquia Jambelí (GAD Parroquial Jambelí, 2015)	9
Tabla 2.5. Puntos de muestreo y Características (Autores,2022).....	14
Tabla 2.6. Puntos de muestreo con resultados de metales pesados (Autores,2022)	21
Tabla 3.7. Datos obtenidos en granulometría en la muestra A (Autores, 2022)	23

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1. Elemento vs Cantidad de Metales para Río Jubones (Muestra A)	23
Gráfica 3.2. Elemento vs Cantidad de Metales para Jambelí (Muestra B)	24
Gráfica 3.3. Elemento vs Cantidad de Metales para Puerto Bolívar (Muestra C)	25
Gráfica 3.4. Elemento vs Cantidad de Metales para Estero Huayla (Muestra D)	26
Gráfica 3.5. Abundancia de Plomo en las 4 estaciones (Autores, 2022)	27
Gráfica 3.6. Abundancia de Cadmio en las 4 estaciones (Autores, 2022)	28
Gráfica 3.7. Abundancia de Arsénico en las 4 estaciones (Autores, 2022)	28
Gráfica 3.8. Abundancia de Mercurio en las 4 estaciones (Autores, 2022)	29
Gráfica 3.9. Curva granulométrica de Muestra A. (Autores, 2022)	30
Gráfica 3.10. Curva granulométrica de Muestra B. (Autores, 2022)	31
Gráfica 3.11. Curva granulométrica de Muestra C. (Autores, 2022)	32
Gráfica 3.12. Curva granulométrica de Muestra D. (Autores, 2022)	33

ABREVIATURAS

Pb: Plomo

Cd: Cadmio

As: Arsénico

Hg: Mercurio

LP: Límite permisible

SIMBOLOGÍA

mg kg⁻¹: Miligramo por kilogramo

km: kilómetro

m: metro

nm: nanómetro

ug/mL: microgramo por mililitro

ppb: partes por billón

CAPÍTULO 1

1. Introducción

1.1 Descripción del problema

Generalmente, toda actividad antropogénica causa alguna alteración al medio ambiente, sea buena o mala; sin embargo, los que más causan son alteraciones negativas. Los metales pesados son elementos que forman parte del ambiente de manera natural y libre, variando en su concentración; es decir, el hombre no los crea ni los destruye (Moreno, 2003)

La preocupación se origina de la comuna de Jambelí, por la notoriedad de: depósito de desechos sólidos, falta de tratamiento de aguas servidas y desechos de minería que fomentan el incremento de estos metales pesados en grandes cantidades (Alcívar, 2015), esta situación preocupa a los pobladores de la comuna tanto en salud como en su economía, debido a que al demostrarse que existe alta presencia de metales pesados, causaría graves problemas en la salud de sus pobladores y personas que se bastecen del agua y demás recursos provenientes de este estuario.

1.2 Justificación del problema

El perfil costero del Ecuador, a lo largo de su primera milla náutica, cuenta con sistemas costeros y estuarinos que determinan la formación de diferentes hábitats como: costas rocosas, acantilados, playas, bosques de manglar, bajos arenosos-lodosos, humedales costeros y la presencia de procesos locales de surgencia (Hurtado, Hurtado-Domínguez, Hurtado-Domínguez, Soto, & Merizalde, 2010). Los sistemas costeros y estuarinos a su vez nos brindan múltiples servicios ecosistémicos, mismo que nos permiten la explotación de recursos naturales con fines de exportación y abastecimiento local (económicos), con estos beneficios también debemos tener en cuenta las responsabilidades que adquirimos, promoviendo formas adecuadas de aprovechamiento, y eliminando ferozmente la sobrepesca y la deforestación (Coello & Altamirano, 2007).

El análisis de metales pesados es indispensable para el control y disposición del medio ambiente, dependiendo de la muestra se exige la normativa a utilizar (Martínez,

2018). A pesar de la importancia de esta zona dentro del ecosistema marino costero, existe limitada información referente a los aspectos que determinan la productividad y el equilibrio ecológico de la misma (Domínguez & Fockedey, 2001).

Las altas concentraciones de metales pesados representan riesgo cancerígeno y de intoxicación en las poblaciones que se abastecen de los provenientes del estuario y sus afluentes (Parker, 2021). En Latinoamérica, la contaminación de este tipo está relacionada estrechamente con la explotación de recursos no renovables, provocando afección en aire, suelo y agua (Cordy, Veiga, & Crawford, 2013). En Ecuador, existen lugares que presentan altos niveles de concentración de metales pesados como en el Estero Salado, que presenta concentraciones de Cd y Pb mayores hasta en veinte veces al establecido (Pernía & Mero, 2018). El Pb en ríos de la provincia de El Oro se encuentra tanto en desechos sólidos urbanos y de hogares como a causa de la minería que se realiza en sectores cercanos de ríos que desembocan en el Estuario de Jambelí (Oviedo, Moina, Naranjo, & Barcos, 2017).

En un estudio realizado en 2018 (Navarrete, Morales, & Dominguez, 2018) encontraron los valores más altos de contaminación por metales pesados solo en animales marinos (no se pudo obtener valores en sedimentos y agua), estudio donde se hallaron metales como Cadmio en ostras en las cuales los valores encontrados fueron 10 veces mayores al nivel seguro en carne de molusco (Castro, 2015); también se obtuvieron los valores más altos de Mercurio en especies marinas que otros 2 estudios, (Tobar, 2013) y (Ayala, 2015), encontraron concentraciones de este metal >200 veces el nivel permitido y (Tobar, 2013) encontró 618 ppm en concha prieta en Puerto Bolívar; este estudio del 2018 también encontró altos valores de Plomo en cangrejo rojo sustentado por un estudio (Espinoza, 2013).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Medir y establecer el grado actual de contaminación por metales pesados Pb, Cd, As y Hg que se disuelven en ácido nítrico en sedimentos del sector norte del estuario de Jambelí.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evidenciar y describir mediciones actualizadas a cerca de la calidad de los sedimentos.
- Determinar según los resultados de las mediciones, cuáles son los sectores más contaminados del estuario.
- Comparar los resultados obtenidos con los límites permisibles según la normativa canadiense.
- Hacer observaciones espaciales sobre la procedencia de la contaminación hacia el estuario.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Antecedentes

1.4.1.1 Área de estudio

El estudio fue realizado en el ramal del estuario que está alrededor de la parroquia de Jambelí (Ilustración 1.1), misma que se encuentra ubicada a 7 m.s.n.m., al extremo sur de la costa ecuatoriana, específicamente en la provincia del Oro; consiste en un conjunto de islas y canales entre el norte de Perú y el Puerto Bolívar. La parroquia abarca la mayor parte del Archipiélago de Jambelí, se encuentra conformada por cinco islas las cuales son: Bellavista, Costa Rica, Las Huacas, Las Casitas y Pongalillo (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Jambelí, 2015). El estudio fue llevado a cabo en cuatro puntos (ver Tabla 1.1), correspondientes a: Jubones, Jambelí, Puerto Bolívar y Estero Huayla, en el mes de junio, el sitio de muestreo es constantemente influenciado por altas y bajas mareas como lo podemos observar en la Tabla 1.1 (INOCAR, 2022).

Tabla 1.1. Información del muestreo en los cuatro puntos establecidos (Autores, 2022)

Muestra	Coordenadas	Nivel de marea	Profundidad aproximada (m)	Hora del muestreo
A (Jubones)	-3.161345 -79.94522	Pleamar	3.14	09H52
B (Jambelí)	-3.242657 -80.04826	Pleamar (Creciendo)	2.59	08H34
C (Puerto Bolívar)	-3.266878 -80.00294	Pleamar (Bajando)	3.46	10H45
D (Estero Huayla)	-3.294993 -80.01591	Pleamar (Bajando)	3.76	11H24

El Río Jubones es considerado como uno de los recursos hídricos más contaminados debido a que recibe aguas de desagües de la industria bananera y de uso doméstico (Balcázar, 2006), la isla de Jambelí presenta indicios de contaminación debido a la cantidad de peces muertos que se registraron en sus orillas el 09 de septiembre del 2015, en el cual la Secretaría de Gestión de Riesgos y varias entidades gubernamentales tuvieron la misión de eliminar estos restos. (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2014), por otro lado, Puerto Bolívar también presenta características de contaminación debido a ser una zona que alberga: centros de combustibles, acopio de desechos peligrosos, mantenimiento de maquinarias, alcantarillado pluvial, sanitario y planta de tratamiento, además de provenir de actividades de minería metálica y de áridos realizados en cantones al interior de la provincia. (Sambito, 2020)

1.4.2 Metales Pesados

1.4.2.1 Definición

Un metal para clasificarse como 'metal pesado' debe: tener peso específico mayor a 4 g/cm^3 o tener número atómico mayor a 20 (Londoño, Londoño, & Muñoz, 2016), además se definirse como metaloide con importancia biológica por su peligrosidad al acumularse en el organismo de animales o plantas (Narayana, Kyo Seo, & Ok Baek, Heavy Metals in the Indian Atmosphere: A Review, 2014). Algunos de los principales metales pesados tóxicamente hablando son: Arsénico (As), Níquel (Ni), Cobre (Cu),

Cromo (Cr), Manganeseo (Mn), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Plomo (Pb) y Plata (Ag, debido a su alto potencial tóxico y su alta difusión (Narayana, Sung-Ok, & B, Determination of heavy metals in the ambient atmosphere: A Review, 2016).

El que estos metales se encuentren en los diversos ecosistemas es de preocupación, dado que muchos seres vivos dependen del adecuado equilibrio en su lugar de alimentación o de vivienda, el cómo llegan dichos metales a los distintos ecosistemas varía según el tipo de actividad que se desarrolla por el hombre (Mohan, Singh, & Singh, 2006).

Además de la característica de toxicidad de los metales pesados se destacan otras como:

- Elevado tiempo de vida en el ambiente.
- Provocan daños medioambientales a determinadas concentraciones.
- Biomagnificación que experimentan en su concentración conforme se ascienden niveles en la cadena trófica.
- Su actividad es menor al presentarse solos y se incrementan cuando se juntan a otros metales, es decir; tienen efectos sinérgicos.
- Su presencia debería ser en función a la composición del material originario y de los procesos edafogénicos, sin embargo; la actividad humana ha incrementado el contenido considerablemente (Ramos, 2002)

1.4.2.2 Origen

Actualmente, uno de los mayores contaminantes de las fuentes hídricas es por metales pesados, siendo estos factores los que afectan a los ecosistemas por contaminación de las actividades humanas donde destacan como mayoritarias: las operaciones de tipo minero y de fundición entre otras actividades de tipo industrial y urbana (Vilchez, 2005). Uno de los mayores aportes de contaminación por metales pesados en fuentes hídricas es producto de las diversas actividades antropogénicas principalmente de tipo industrial, el constante uso de metales pesados en la industria ha generado el incremento de los mismos en el agua y por ende aumenta el riesgo para los seres humanos y demás organismos vivos al aumentar la probabilidad de quedar expuestos a estos metales. (Pabón, Benítez, Sarria, & Gallo, 2021)

1.4.2.3 Plomo

1.4.2.3.1 Origen y limite permisible

Este metal es liberado al ambiente por la industria minera, quema de combustibles fósiles, productos metálicos, etc (Mohammad, Salah, & Hassan, 2017). El límite máximo permisible (LMP) de Pb en suelo según la normativa ecuatoriana es de 19 mg kg^{-1} , según la normativa canadiense la concentración máxima en sedimentos no debe superar los 30.20 mg kg^{-1} y el nivel de efecto probable sobre la flora y fauna es de 112 mg kg^{-1} , según la NOAA (Pernia, Cornejo, Mero, & Zambrano, 2019).

1.4.2.3.2 Efectos

El Pb es una neurotoxina que actúa violentamente impidiendo la normalidad del funcionamiento del sistema: óseo, nervioso y muscular. Se asocia a este metal con enfermedades como: depresión grave, reducido coeficiente intelectual, trastornos de ansiedad; además, el alto nivel en los cuerpos genera: estreñimiento crónico y candidiasis, dolores de: cabeza, cuerpo, articulaciones y músculos, pérdida de concentración, hiperactividad y autismo. (Parker, 2021)

1.4.2.4 Cadmio

1.4.2.4.1 Origen y limite permisible

El Cd suele liberarse al ambiente por medio de industrias de fabricación de batería níquel-cadmio, agentes anticorrosivos y pigmentos. (Saleh, Estatie, & Hamouz, 2017). El LMP de Cd según la normativa canadiense 0.7 mg kg^{-1} y el nivel de efecto probable 4.02 mg kg^{-1} propuesto por la NOAA (Pernia, Cornejo, Mero, & Zambrano, 2019)

1.4.2.4.2 Efectos

El Cd es un metal tóxico de carácter acumulativo en los cuerpos de los seres vivos, en el ser humano causa enfermedades como: retraso del crecimiento, cáncer, toxicidad renal y hepática. (Zhang & Mindy, 2019)

1.4.2.5 Mercurio

1.4.2.5.1 Origen y niveles permisibles

Naturalmente el Hg proviene de fenómenos geológicos como: meteorización, erosión de rocas y lixiviación, desgasificación de la corteza terrestre y vulcanismo

(Posada & Del Pilar, 2006). Sin embargo, el ser humano también aporta desde plantas industriales de: cloro, pintura, instrumentos de medición, desechos odontológicos, usinas eléctricas de carbón, incineración de residuos y de la minería (Saquid, 1992). El LP según la normativa canadiense 0.13 mg kg^{-1} y el establecido por la NOAA es de 0.70 mg kg^{-1} . (Pernia, Cornejo, Mero, & Zambrano, 2019)

1.4.2.5.2 Efectos

El Hg es un metal tóxico de características volátiles, transporte fácil en agua y aire, y generador de letales efectos en el organismo como: perturbaciones del sistema nervioso, digestivo e inmunológico, daños en la piel, riñones, pulmones y ojos; además, alteraciones genéticas y mutagénesis. (World Health Organization, 2017)

1.4.2.6 Arsénico

1.4.2.6.1 Origen y niveles permisibles

El arsénico en su forma inorgánica es muy tóxico, llega al alcance de los seres humanos por agua contaminada usada para: beber, preparar alimentos, regar cultivos y realizar procesos industriales. Se encuentra naturalmente en aguas subterráneas contaminadas, (World Health Organization, 2018). El LP de As en fuentes naturales de agua superficial de Ecuador es 12 mg kg^{-1} y según la normativa canadiense de sedimentos 7.24 mg kg^{-1} . (Aveiga, Noles, Peñarrieta, & Murgueitio, 2020)

1.4.2.6.2 Efectos

El consumo prolongado de arsénico inorgánico puede causar intoxicación crónica que se manifiesta mediante: vómitos, dolor abdominal, diarrea, lesiones cutáneas y cáncer a la piel. Seguidamente, aparecen otras secuelas como: entumecimiento u hormigueo en manos y pies o calambres musculares y en casos extremos la muerte. (World Health Organization, 2018)

Dado que en Ecuador no existe una normativa ambiental específicamente para sedimentos, se hizo uso de normas internacionales como lo es la 52 Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001) y la Normativa mundial (Chalen, Flor, & Fun, 2017). A continuación

podemos observar en la Tabla 1.2 los valores correspondientes a las normativas a las cuales nos hemos regido.

Tabla 1.2. Normativas vigentes de LP de metales pesados en sedimentos. (Autores, 2022)

Normativa	Plomo [mg kg⁻¹]	Cadmio [mg kg⁻¹]	Arsénico [mg kg⁻¹]	Mercurio [mg kg⁻¹]
52 Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life	30.20	0.70	7.24	0.13
Norma mundial	35.00	1.00	8.00	0.15

1.4.2.2 Geología

Los sedimentos estuarinos alrededor de la parroquia de Jambelí no presentan gran variedad de tipo geológico, siendo la formación geológica la de la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Formación Geológica de la Parroquia Jambelí (GAD Parroquial Jambelí, 2015)

Geología	Área (Ha)	%
Depósitos marinos	575.42	2.26
Depósitos salinos	647.86	2.55
Sedimentos marinos	24204.08	95.19
TOTAL	25427.36	100.00

La mayor formación geológica son los sedimentos marinos, estos se caracterizan por mantener materiales formados en la zona inter-mareal por la acción mixta de ambientes continentales y marinos, influyendo en este caso las corrientes fluviales, el oleaje y las mareas. Aquí predominan las arenas finas y los limos, pudiendo contener abundante materia orgánica y carbonatos. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Jambelí, 2015)

En cuanto a los tipos de suelo en la parroquia, estos constituyen a un total de los 13 más comunes de acuerdo a las islas, beneficiando a diferentes tipos de producción, entre ellos tenemos los datos en la Tabla 1.4, a continuación:

Tabla 1.4. Tipo de suelo de la parroquia Jambelí (GAD Parroquial Jambelí, 2015)

Lugar	Tipo de suelo	Características	Color	Profundidad
Bellavista	Arenosos	Pedregoso	Blanca	Un metro de profundidad
Costa Rica	Arena de playa dulce	Arena de playa. - blanca Arena dulce. - gris	En las charcas grises y los suelos de las playas son blancas	Arena de playa. - 20cm Arena dulce. - aproximadamente 2.50cm
	lodo o fango Salitrales	Lodo o fango. - café y fangoso, 80% negruzco Salitrales. - gris, tierra firme.		Lodo. - 70cm Salitrales. - un metro.
Las Casitas	Arenosos Salitrales Fangosos	Arenosos. - sueltos Salitrales. - tierra firme Fangosos. - blanda	Arenosos. - blanco Salitrales. - blanco Fangosos. - gris o negro	Arenosos. - un metro Salitrales. - 20cm Fangosos. - un metro
	Las Huacas	Arenosos Fangosos	- Café	70cm

1.4.2.3 Hidrología

Las aguas ecuatorianas tienen ubicación en una zona de convergencia y mezcla de dos ecosistemas acuáticos como lo son las masas de aguas subtropicales: Corriente de Humboldt, de característica fría, salina y rica en nutrientes; pasando a la Corriente Sur Ecuatorial y masas tropicales, siendo éstas cálidas y de salinidad baja (Gobierno Parroquial Jambelí, 2015).

A pesar de la rica presencia de afluentes hídricas en la zona, existen también problemas de calidad de agua por el irresponsable uso del recurso, esto a causa de la minería, depósito de desagües, ganadería y otros agentes contaminantes; por otro lado, el relieve del suelo se encuentra en riesgo de inundación y degradación del mismo.

CAPÍTULO 2

2. Metodología

En este capítulo se describirán las alternativas seleccionadas para la solución del problema, descripción de la mismas, diseño, técnicas y materiales empleados para la obtención del producto final.

2.1 Materiales y equipos

Materiales de muestreo o colección de muestras:

- Guantes de nitrilo
- Fundas ziploc
- Hielera Termo Espuma Flex
- Draga Vann Ven
- Soga (3m)
- Tarrinas de plástico pequeñas
- Balde de plástico grande

Granulometría:

- Estufa Drying Oven (BINDER)
- Balanza Weighing Scale (RADWAG , ± 0.01 g)
- Martillo de goma
- Espátula
- Tamices Sieves (Fisherbrand)
- Tamizadora Sieve Shaker (Humboldt MFG. CO.)
- Guantes térmicos

Análisis de metales:

- Espectroscopio de absorción atómica (Subsecretaría de Calidad e Inocuidad)
- Líquidos usados (Subsecretaría de Calidad e Inocuidad)
- Horno (Subsecretaría de Calidad e Inocuidad)

2.2 Área de estudio y recolección de muestras

Una vez comprendido el problema decidimos que el primer paso para su estudio sería tomar muestras de sedimentos en diferentes sectores de interés del estuario,

centrándonos en la parte norte que es la más cercana a la comuna de Jambelí en donde son más explotados los recursos marinos del estuario como son el cangrejo rojo y la concha.

Se determinaron 4 puntos clave en los que recolectamos las muestras superficiales de sedimento el 20 de junio de 2022. Posteriormente, se procedió a hacer el análisis de metales pesados, estos puntos fueron: salida del Río Jambelí (Punto A), entrada a la comuna de Jambelí (Punto B), Puerto Bolívar (Punto C) y salida del estero Huayla (Punto D), puntos que pueden ser apreciados más específicamente en la Ilustración 2.1.

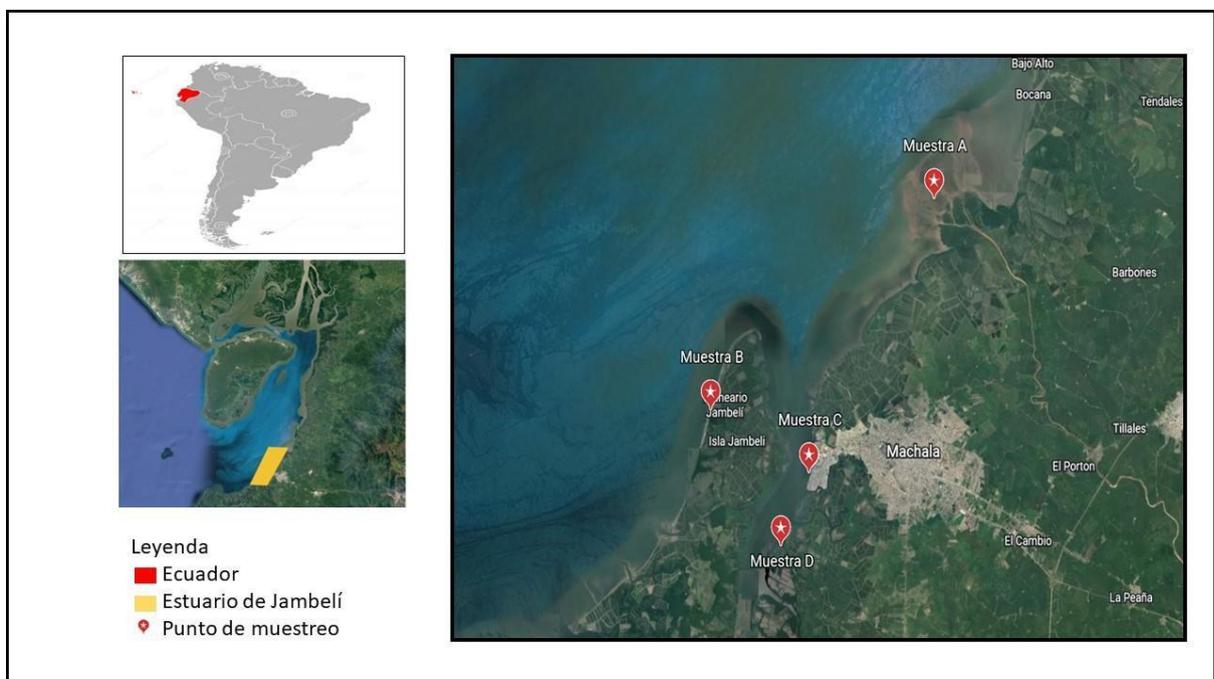


Ilustración 2.1. Puntos de Muestreo (Autores, 2022)

Para la recolección de las muestras se empleó como vehículo una lancha alquilada en la comuna de Jambelí que nos transportó a lo largo del área seleccionada, en la cual nos hizo resguardo policial una lancha de la Capitanía del Puerto de Puerto Bolívar, 40 Km de recorrido cubriendo un área de 20 km^2 . Además, usamos una draga Vann Ven.

Decidimos que al momento de tomar las muestras de sedimentos usaríamos muestras

compuestas en los puntos A, C y D, debido que los lugares de dichas muestrasson bastante extensos por lo que necesitamos tomar más de una muestra del lugar paraque la porción de muestra tomada y usada para los análisis sea efectivamente representativa; es decir, tomamos 3 muestras superficiales de sedimentos a 5 metros de distancia cada muestra, luego mezclamos las 3 muestras en una sola muestra general y de esa muestra general tomamos una porción que represente todo el sector propuesto; cabe recalcar que repetimos el proceso recién mencionado para el sector de la saliente del Río Jubones (punto A), sector de Puerto Bolívar (punto C) y sector de la saliente del Estero Huayla (punto D).

La muestra B por el contrario fue simple, es decir, se tomó una única muestra representativa del sector debido a que su área es corta y basto colectar una sola muestra para representar correctamente el lugar (Tabla 2.6). Cada muestra de sedimento fue almacenada en una funda ziploc mediana debidamente rotulada, luego las cuatro muestras fueron puestas en una hielera hasta el día en que fueron llevadas al laboratorio para su respectivo análisis de metales pesados.

Tabla 2.5. Puntos de muestreo y Características (Autores, 2022)

CÓDIGO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS	DESCRIPCIÓN DEL AGUA	DESCRIPCIÓN DEL LUGAR	OBSERVACIONES
A (JUBONES)	Compuesta	-3.161345 -79.94522	Turbidez alta, color café verdoso	Aguas poco profundas (1.5m), oleaje fuerte proveniente del mar abierto, desemboca dura del río	Mucha basura plástica y orgánica, arena color oscuro
B (JAMBELÍ)	Simple	-3.242657 -80.04826	Turbidez alta, color café verdoso, presentaba olor fuerte	Brazo de mar estrecho rodeado de manglar, profundidad (2m)	Mucha basura plástica y orgánica, arenacolor verdoso
C (PUERTO BOLÍVAR)	Compuesta	-3.266878 -80.00294	Turbidez alta, color café con fuerte olor	Brazo de mar amplio entre manglar y malecón de hormigón, agua bastante profunda (4m)	Se observó basura plástica en el lugar, arena color verdoso
D (ESTERO HUAYLA)	Compuesta	-3.294993 -80.01591	Turbidez alta, color verdoso	Desembocadura del Estero Huayla, agua poco profunda (1.9m), rodeada de manglar	Mucha basura orgánica por parte del manglar, arena color oscuro

2.3 Procesamiento de muestras

2.3.1 Análisis químico

2.3.1.1 Espectroscopia de Absorción Atómica

La espectroscopia de absorción atómica de llama, o también conocida con sus siglas en inglés Flame AAS o FAAS, se lanzó de manera comercial como técnica analítica en la década de los 1960, debido a su confiabilidad y simplicidad al momento de la medición que fue lo que la hizo popular en el mercado. Utiliza el principio de que los átomos (e iones) pueden absorber luz en una longitud de onda única y específica. Cuando se proporciona esta longitud de onda de luz específica, el átomo absorbe la energía (luz). Los electrones en el átomo pasan del estado fundamental al estado excitado. Se mide la cantidad de luz absorbida y se puede calcular la concentración del elemento en la muestra. (Agilent)

Un espectrómetro de absorción atómica funciona en general mediante los siguientes pasos:

1. Crear un estado estacionario de átomos en estado fundamental disociados libremente utilizando una fuente de calor (llama), que puede ser generada por aire acetileno y por óxido nitroso-acetileno. Produciendo una llama alrededor de 2300C, el aire-acetileno es adecuado para la mayoría de los elementos. La llama de óxido nitroso-acetileno crea un ambiente más reductor, que sirve para los elementos que son propensos a formar óxidos debido a que llega a los 2700C.
2. Hacer pasar luz de una longitud de onda específica, para a través de la llama. La longitud de onda corresponde a la cantidad de energía requerida para excitar un electrón desde (normalmente) el suelo hasta el primer estado excitado de un elemento específico.
3. Medir la cantidad de luz absorbida por los átomos a medida que pasan al estado excitado (absorción atómica)
4. Uso de la absorbancia medida para calcular la concentración del elemento en una solución, según un grafito de calibración.

Podemos ver una representación de los componentes dentro del espectrómetro AA en la Ilustración 2.2.

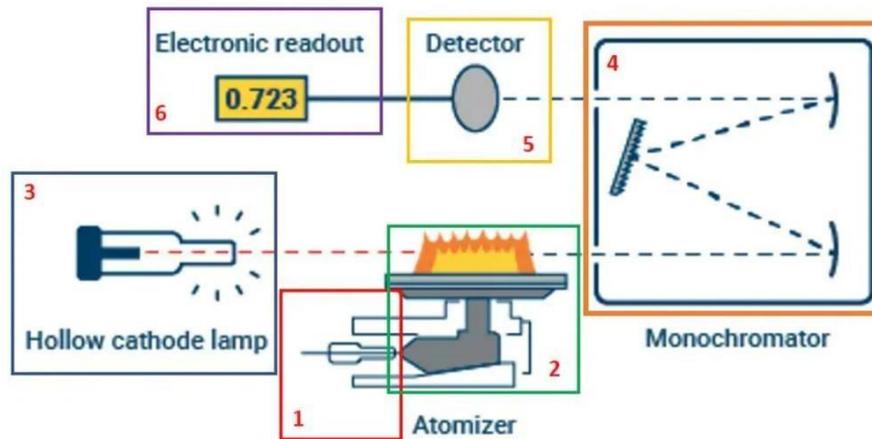


Ilustración 2.2. Componentes dentro de un espectrómetro (Agilent)

Un espectrómetro de absorción atómica de llama simple incluye:

1. Un sistema de introducción de muestras.
2. El quemador (llama) y sus suministros de gas asociados: aire-acetileno u óxido nitroso-acetileno
3. Una fuente de luz, la lámpara de cátodo hueco (HCL)
4. Un monocromador (los componentes ópticos dentro de la caja en el diagrama)
5. Un detector óptico (tubo fotomultiplicador o PMT)
6. Control computarizado de instrumentos, recopilación y análisis de datos.

En el caso de nuestro proyecto pudimos usar este tipo de análisis químico con la ayuda de la Subsecretaría de Calidad e Inocuidad, que tienen los equipos necesarios para la medición de los metales que incluimos en esta tesis. Las muestras fueron entregadas a la subsecretaría y allí pasaron por el proceso antes especificado, con la diferencia de que ellos usaron diferentes tipos de “llama” por la cual pasaban la fuente de luz. Para los análisis de los metales Plomo, Cadmio y Arsénico usaron un **horno de grafito** y para el Mercurio utilizaron **vapor frío**.

Algunos parámetros usados para la medición de metales pesados en sedimentos pueden variar según la cantidad esperada de cada elemento por lo que se pueden variar algunos parámetros como por ejemplo la longitud de onda del haz de luz. A continuación, se hará un resumen de los parámetros recomendados para la medición de los 4 metales

pesados estudiados en esta tesis, basado en el estudio hecho por la compañía Agilent, Flame Atomic Absorption Spectroscopy 2021. (Agilent)

Plomo. - se recomienda usar aire-acetileno como combustible para la llama en el horno de grafito, con una longitud de onda de 205.3 nm y un ancho de la hendidura del haz de luz de 0.5 nm para calcular la cantidad del metal entre 50 y 8000 ug/mL.

Cadmio. - se recomienda usar aire-acetileno como combustible en el horno de grafito, una longitud de onda de 326.1 nm y el ancho de la hendidura de luz de 0.5 nm para cálculos en el rango de 20 y 1000 ug/mL.

Arsénico. - se recomienda el aire-acetileno como combustible y el uno de una longitud de onda de 189.0 nm con un ancho de hendidura de 1.0 nm para calcular valores de este metal que vayan entre 10 y 350 ug/mL.

Mercurio. - para la medición de este metal se usa la técnica de vapor frío, se recomienda usar aire-acetileno como combustible para la llama, con una longitud de onda de 253.7 nm y el ancho de la hendidura del haz de luz de 0.5 nm para óptimos resultados de medición de entre 2 y 400 ug/mL del metal.

2.3.1.2 Horno de Grafito

Los dos métodos más utilizados para lograr la atomización de la muestra incluyen la aplicación de una llama (empleada en la absorción atómica con llama, FAAS) o el uso de energía electro térmica en horno de grafito (GFAAS). La técnica de GFAAS permite bajar los límites de detección al rango de partes por billón (ppb) con una instrumentación relativamente sencilla y sin los esfuerzos y pérdidas de tiempo que conllevan las técnicas de extracción previa. (Nelly Mañay, 2009)

El método involucra fundamentalmente 2 procesos: la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres. El tratamiento de la muestra hasta la atomización comprende las siguientes etapas: Secado. Una vez que la muestra ha sido inyectada en el tubo de grafito, se calienta a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (usualmente entre 80 a 180 °C). El objetivo de esta etapa es la evaporación del solvente. La muestra inyectada (2-20 µL) en el horno de grafito es sometida a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (80-180 °C). Aquí se evaporan el solvente y los componentes volátiles de la matriz. Calcinado. El próximo paso del programa es el calcinado por

incremento de la temperatura, para remover la mayor cantidad de material (materia orgánica) de la muestra como sea posible, sin pérdida del analito. La temperatura de calcinación usada varía típicamente en el rango de 350 a 1600 °C. Durante el calcinado, el material sólido es descompuesto mientras que los materiales refractarios, como por ejemplo los óxidos, permanecen inalterados. Atomización. En esta etapa, el horno es calentado rápidamente a altas temperaturas (1800-2800 °C) para vaporizar los residuos del paso de calcinado. Este proceso lleva a la creación de átomos libres en el camino óptico. Se mide la absorbancia durante este paso. La temperatura de atomización depende de la volatilidad del elemento. Usualmente se agrega una cuarta etapa para limpieza del horno a una temperatura algo superior a la temperatura de atomización. Cuanto mejor sea la separación de los elementos concomitantes del analito, mejor será la atomización y la determinación estará más libre de interferencias. (Nelly Mañay, 2009)

2.3.1.3 Vapor Frío

La técnica de atomización por vapor frío es aplicable solo a la determinación de Hg por ser el único metal que tiene una adecuada presión de vapor a temperatura ambiente, por ello no es necesario entregarle la energía de una llama a la muestra de análisis (Antuña, 2007). Se convierte todo el mercurio de la muestra en Hg (II) y posteriormente se reduce a Hg0 por adición de cloruro de estaño (SnCl₂) o borohidruro de sodio (NaBH₄) que actúan como agente reductor. El mercurio volátil es acarreado por un gas inerte (Ar o N₂) a una celda de cuarzo interpuesta sobre el paso óptico. Dependiendo de la cantidad de Hg que posea la muestra de análisis, este se abre camino, con la ayuda del gas de arrastre hasta llegar a la celda, absorbiendo la energía proveniente de la lámpara y traduciéndose en señal de absorbancia como se muestra en la ilustración 2.3 (Harvey, 2002)

La técnica de generación de vapor frío a través de espectroscopía de absorción atómica consta de tres etapas fundamentales que son: la generación y volatilización del hidruro, la transferencia del mismo y su posterior atomización en el espectrómetro de absorción atómica. La reacción generada por el borohidruro de sodio (NaBH₄), el ácido clorhídrico (HCl), y la muestra de análisis es conducida a través del equipo de generación hacia el espectrómetro de absorción atómica por medio del efecto del flujo del gas de arrastre (Ar o N₂), del cual se obtiene:

$$\text{NaBH}_4 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NaCl} + 8\text{H}^*$$

$$8\text{H}^* + \text{Am}^+ \rightarrow \text{AH}_n + (8-n)/2\text{H}_2$$
 (exceso)

Donde H^* es el hidrógeno nascente; "A" es el elemento formador de hidruro y "m" su estado de oxidación (que puede no coincidir con "n", el índice de coordinación) (Skoog & West, 2005)

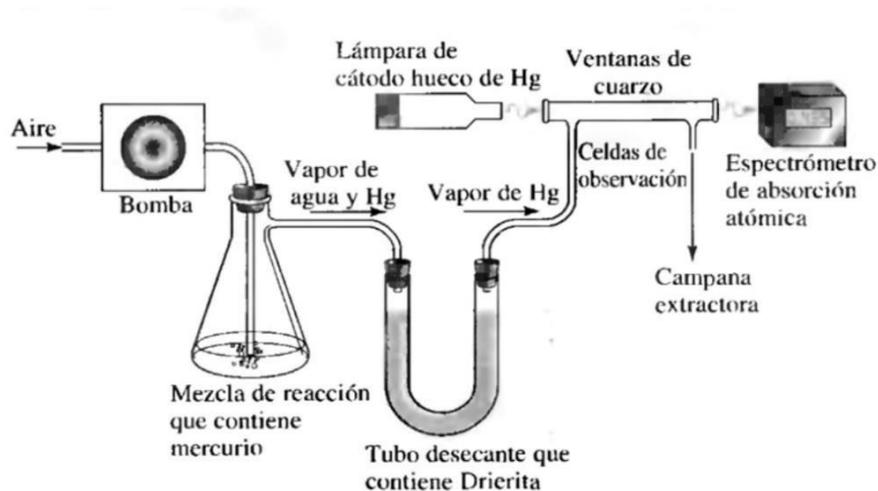


Ilustración 2.3. Esquema del proceso de determinación de mercurio por el método de vapor frío (Skoog & West, 2005)

2.3.2 Granulometría

La Granulometría es un método el cual consiste en usar dos procedimientos de manera combinada, en el cual por uso de tamices con aberturas estandarizadas se separa las partículas y luego se pesan las cantidades retenidas en cada tamiz.

Se realizó este procedimiento de laboratorio con la finalidad de conocer la medida de los granos de sedimento en la zona y con ello realizar el análisis granulométrico para conocer la abundancia según su tamaño y las propiedades mecánicas, se realizó la granulometría correspondiente de los cuatro puntos descritos anteriormente.

Primeramente, se colocaron las muestras en la estufa Drying Oven por dos días a una temperatura de 98°C , con la finalidad de secar las muestras; seguidamente se retiraron los contenedores con la ayuda de los guantes térmicos y se procedió a

pulverizar la muestra con ayuda del martillo de goma, posteriormente se dividió la muestra en cuatro partes con ayuda de la espátula y tomamos dos de las particiones (seleccionadas diagonalmente) para ser pesadas, registramos los valores obtenidos en nuestra hoja de datos y procedemos a ubicar los tamices de mayor a menor dimensión de diámetro y encendimos la tamizadora Sieve Shaker por 3 minutos cada muestra. Para registrar la cantidad retenida en cada tamiz, procedimos a retirar los tamices y pesar con la ayuda de la balanza Weighing Scale y registramos los datos.



Ilustración 2.4. Cuadro del proceso de granulometría

2.3.3 Análisis de datos

Los análisis obtenidos en el análisis químico se expresaron mediante gráficas de barras elaboradas en el software Excel y para la elaboración de las curvas granulométricas de cada estación de muestreo se usó la igualmente una hoja de cálculo

Excel, las gráficas de granulometría tienen menos de un 1% de error; por ende, cumplen con el requisito de fiabilidad.

2.4 Análisis de Costos

A continuación, podemos visualizar detalladamente el análisis del presupuesto del proyecto (Tabla 2.6).

Tabla 2.6. Datos de costos para el desarrollo del proyecto (Autores, 2022)

ítems	Actividades	Unidades	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
1	Toma de muestras				
	Alimentación	comidas	16	3.00	48.00
	Transporte terrestre	Viaje	8	7.75	62.00
	Transporte fluvial	Hora	4	26.25	105.00
	Recolección de muestras	Hora	4	156.25	625.00
2	Análisis de Laboratorio				
	Alimentación	comidas	4	3.00	12.00
	Secado de muestras	Muestra	4	16,31	65,24
	Análisis de químico	Muestra	16	20.00	320.00
	Granulometría	Muestra	4	42.39	169.56
3	Análisis de Datos				
	Procesamiento de datos	Hora	120	9.45	1134.00
	Elaboración de reporte	Informe	1	195.92	195.92
	Subtotal				2736,72
	IVA			12%	328,41
	Total				3065,13

CAPÍTULO 3

3. Resultados y análisis

3.1 Control de calidad

Con la finalidad de tener una muestra de calidad, primero se retiraron las partículas que representaban contaminación para las muestras, basura plástica y orgánica que no son parte integral del suelo y que podría de alguna forma desviar los resultados finales de metales pesados en las muestras de sedimento.

Se escogió la Subsecretaría de Calidad e Inocuidad como entidad para el análisis de nuestras muestras, debido a que son la institución que nos garantizaba los mejores estándares de calidad del país para este tipo de mediciones, debido a la calidad de las herramientas y máquinas que usan para los respectivos análisis.

3.2 Características del área de estudio

Se tomaron 10 muestras en total, de las cuales se realizaron muestras compuestas en los puntos de muestreo A, C y D, recolectando finalmente 4, cada una de ellas con algunas características físicas diferentes (Tabla 2.6). Los elementos para analizar en cada muestra fueron: Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio; estos metales fueron escogidos debido a que son algunos de los más encontrados, así como de los más contaminantes que se pueden generar por explotación minera.

3.3 Resultados obtenidos y comparación con límites máximos permisibles

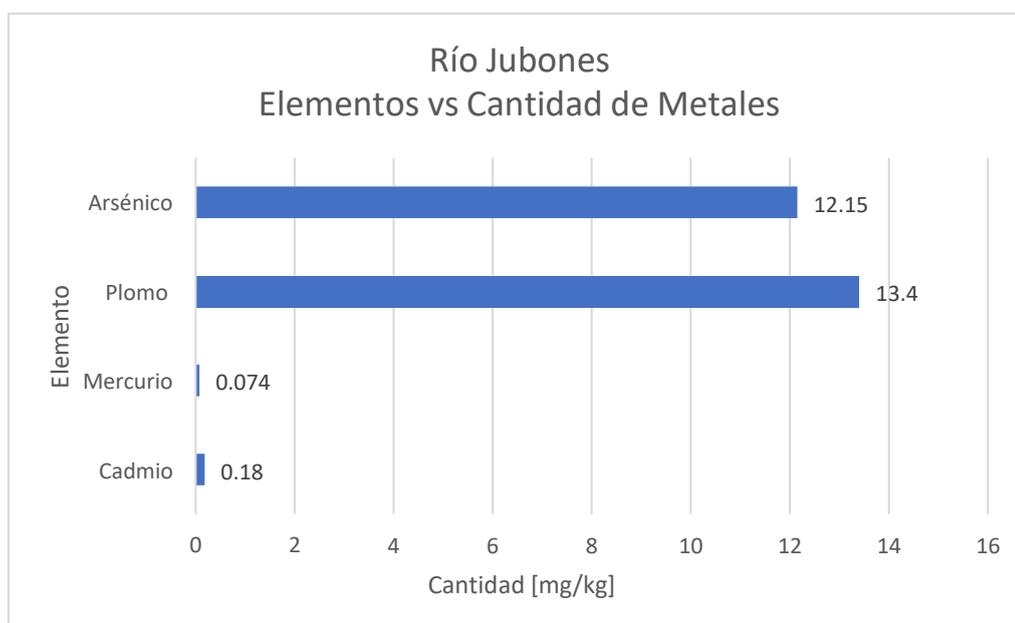
Los resultados del análisis de metales pesados en sedimentos fueron entregados vía correo electrónico, a las 3 semanas de haber dejado las muestras en la Subsecretaría de Calidad e Inocuidad, en valores numéricos correspondientes a $[\text{mg kg}^{-1}]$ por cada metal encontrado en cada una de las 4 muestras debidamente rotuladas. A continuación, en la Tabla 3.7 se presenta una tabla de los resultados de metales pesados con una comparación a límite máximo permisible:

Tabla 3.7. Puntos de muestreo con sus respectivos resultados de metales pesados (Autores, 2022)

Muestra	Pb [mg kg⁻¹]	Cd [mg kg⁻¹]	As [mg kg⁻¹]	Hg [mg kg⁻¹]
Río Jubones Muestra A	13.40	0.18	12.20	0.07
Jambelí Muestra B	5.08	0.11	3.99	0.01
Puerto Bolívar Muestra C	13.82	0.41	12.60	0.06
Estero Huayla Muestra D	8.62	0.43	10.70	0.06
Canadian Sediment Quality Guidelines	30.20	0.70	7.24	0.13

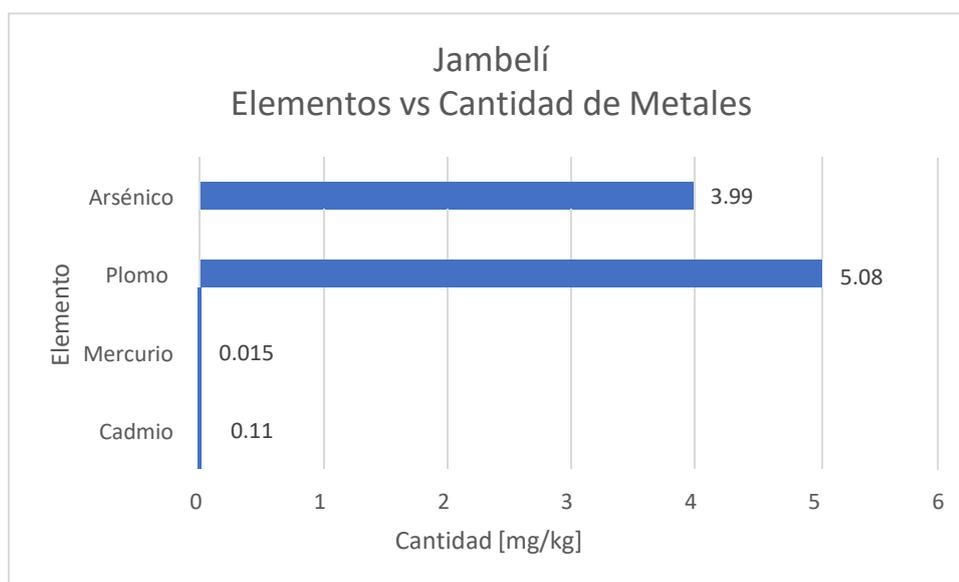
3.3.1 Relación entre la abundancia de metal pesado por estación de muestreo

Para visualizar más didácticamente estos resultados obtenidos, se elaboraron gráficos de barras que nos muestran la cantidad encontrada de cada metal por cada estación, para luego poder hacer un análisis general además de una comparación de resultados entre estaciones y un análisis espacial de la procedencia la contaminación por metales.



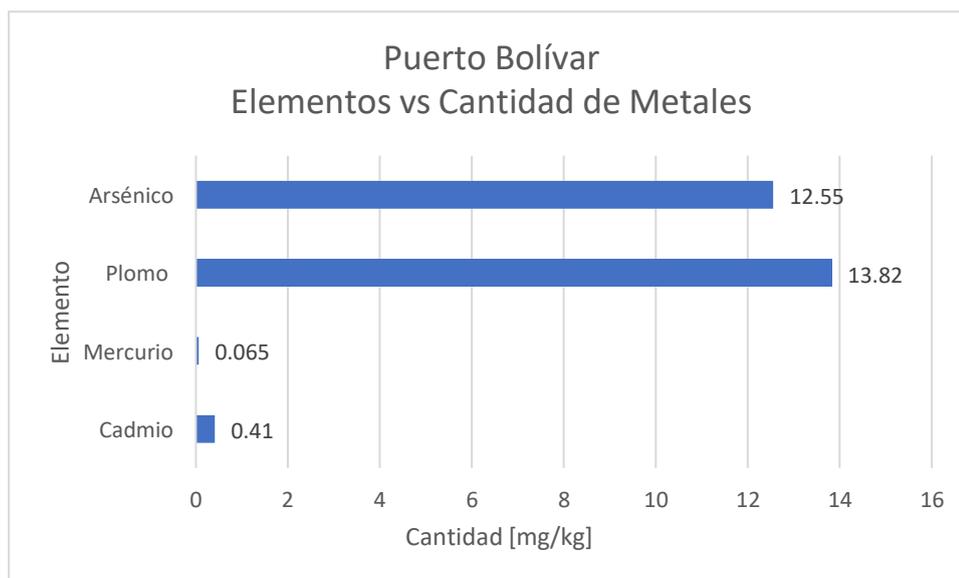
Gráfica 3.1. Elemento vs Cantidad de Metales para Río Jubones (Muestra A)

Río Jubones. - Según los resultados obtenidos, la muestra A posee una cantidad de 13.4 mg kg⁻¹ de Pb; 0.18 mg kg⁻¹ de Cd; 12.15 mg kg⁻¹ de As y 0.074 mg kg⁻¹ de Hg. (Gráfica 3.1). Los metales con mayor acumulación en este punto son el Pb y el As, metales que pueden ser encontrados de forma natural en el lecho marino sin embargo a los niveles encontrados podríamos decir que se trataría de algún tipo de input antropogénico siendo este uno de los ríos con mayor afluencia en el estuario y que recorre casi toda la provincia de el Oro, pasando por sectores agrícolas, canteras de minería, camaroneras, etc.



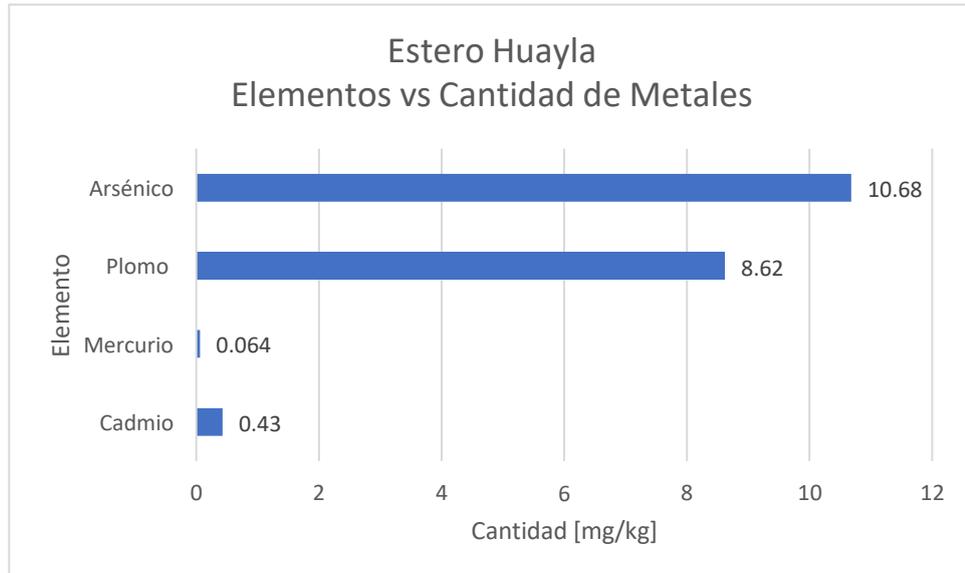
Gráfica 3.2. Elemento vs Cantidad de Metales para Jambelí (Muestra B)

Jambelí. - Los resultados obtenidos en la muestra B, nos indican la existencia de una cantidad de 5.08 mg kg⁻¹ de Pb; 0.11 mg kg⁻¹ de Cd; 3.99 mg kg⁻¹ de As y 0.015 mg kg⁻¹ de Hg. (Gráfica 3.2). Al igual que con la muestra A del Río Jubones, son el Pb y As los elementos que más abundan en este punto sin embargo se lo encuentra en niveles bajos siendo casi un tercio de los resultados encontrados en el Río Jubones. .



Gráfica 3.3. Elemento vs Cantidad de Metales para Puerto Bolívar (Muestra C)

Puerto Bolívar. - En la muestra C tenemos resultados de una cantidad de 13.82 mg kg⁻¹ correspondiente a Pb; 0.41 mg kg⁻¹ de Cd; 12.55 mg kg⁻¹ de As y 0.065 mg kg⁻¹ de Hg. (Gráfica 3.3). En este caso observamos que los resultados de Pb y As son un poco mayores a los encontrados en el Río Jubones y también que el Cd es más del doble del primer punto. Estos resultados son alarmantes debido a que son los mayores valores encontrados a lo largo del estuario y están justo en frente del puerto de la capital de la provincia; estos metales pueden llegar hasta ese sector por corrientes internas del estuario pero mayormente por acción antropogénica en los desechos vertidos por los ciudadanos e incluso en el agua potable de la ciudad, algo que podría sustentar las denuncias hechas por ARCSA de estudios que demuestran que algunos pozos de plantas de tratamiento de agua potable en la ciudad están contaminadas por As en hasta el doble del nivel permitido en el agua, hecho que produjo el cierre de 2 plantas de Aguas Machala EP (Agencia Nacional de Regulación, 2022).



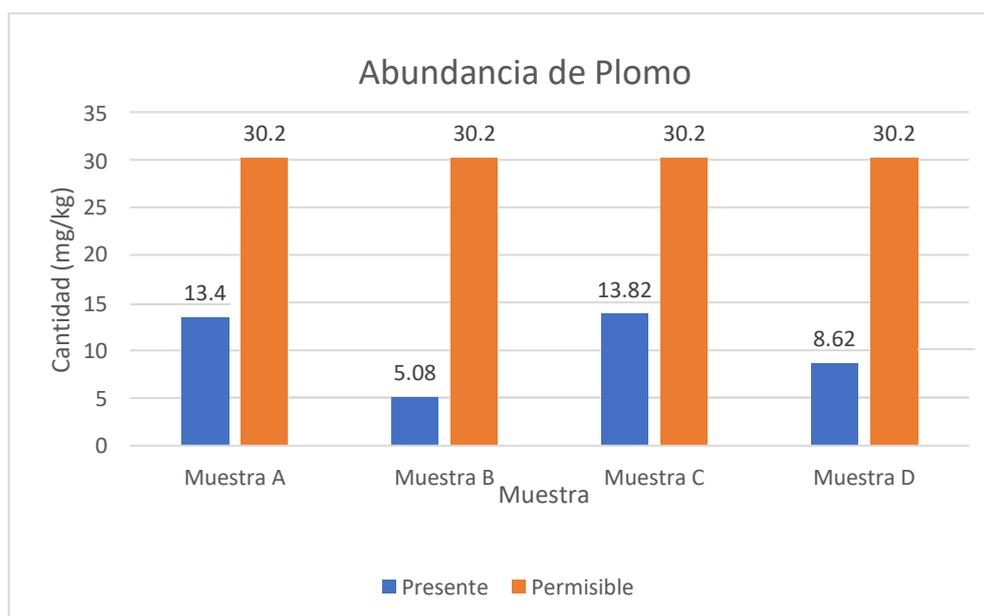
Gráfica 3.4. Elemento vs Cantidad de Metales para Estero Huayla (Muestra D)

Estero Huayla. - La muestra D nos brindó resultados de una cantidad de 8.62 mg kg⁻¹ de Pb; 0.43 mg kg⁻¹ de Cd; 10.68 mg kg⁻¹ de As y 0.064 mg kg⁻¹ de Hg. (Gráfica 3.4). Esta muestra que queda más al centro del estuario también presenta valores altos de Pb y As sin embargo no tan altos como las muestras A y C algo que nos puede indicar que hay mayor contaminación por metales al norte del estuario donde hay más desembocadura de ríos y en la zona centro quizás haya más influencia antropogénica por la presencia de camaronerías en el sector, esto último también podría explicar por qué este punto de muestreo tiene los valores más altos de Cd entre los 4 puntos analizados en este estudio, no obstante los niveles de Cd no superan los niveles máximos permisibles dados por la Canadian Sediment Quality Guidelines.

3.3.2 Relación entre los límites permisibles y los resultados de las muestras

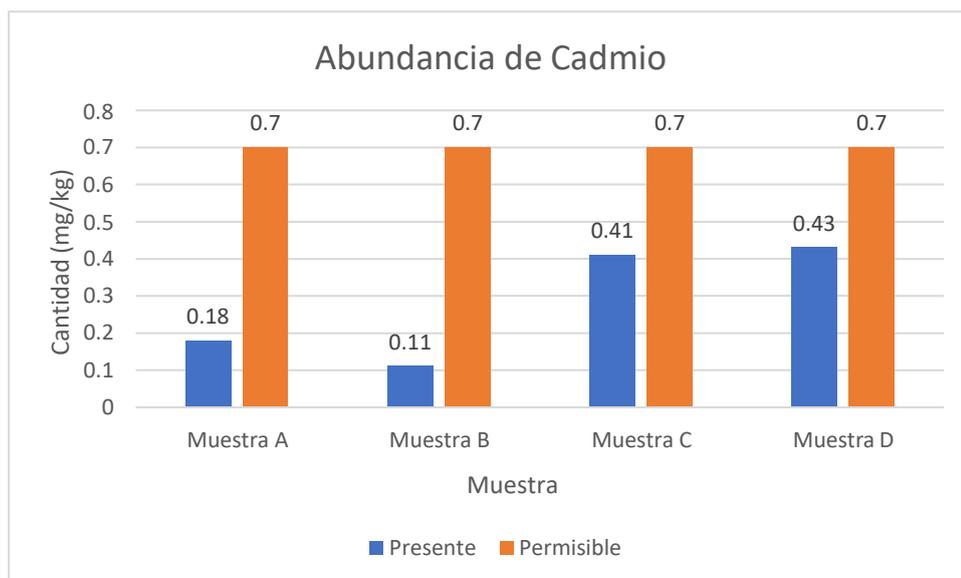
En cuanto a poder conocer si los resultados, se realizó una comparación de los resultados con los límites permisibles impuestos por la norma canadiense, la cual establece que el límite máximo para Pb es 30.2 mg kg⁻¹, para Cd es 0.7 mg kg⁻¹, para As es mg kg⁻¹ y para Hg es 0.13 mg kg⁻¹ (Tabla 3.7). Para tener una visión más clara de la cantidad presente de metales pesados hallados se colocaron los datos obtenidos en la

Tabla 3.7 con la que se trabajó para elaborar las gráficas presentadas a continuación en este capítulo.



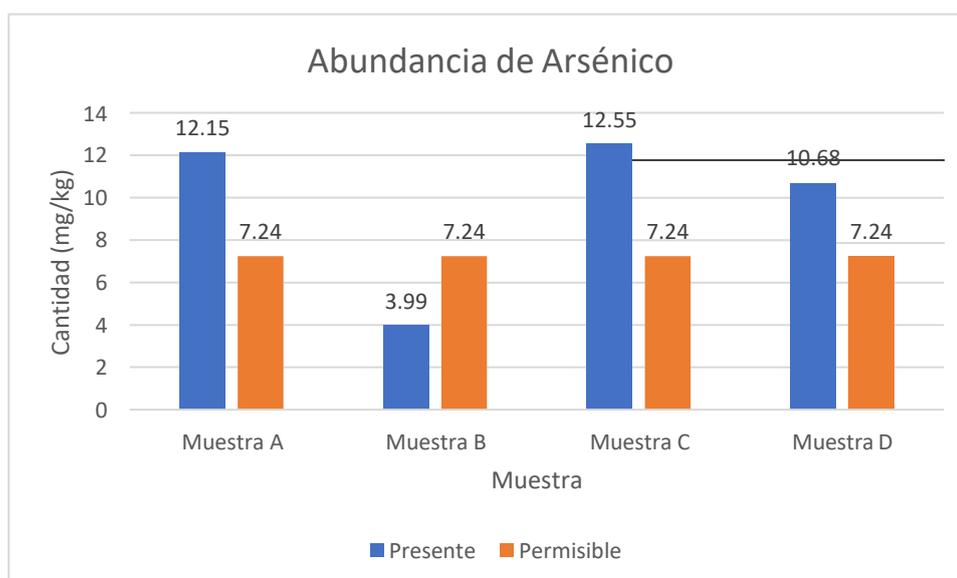
Gráfica 3.5. Abundancia de Plomo en las 4 estaciones (Autores, 2022)

Podemos evidenciar que de Pb que se encontró 13.4 mg kg^{-1} en la muestra A, 5.08 mg kg^{-1} en la muestra B, 13.82 mg kg^{-1} en la Muestra C y 8.62 mg kg^{-1} en la muestra D. Por ende, existe mayor abundancia de Pb en la muestra C procedente de Puerto Bolívar y la menor en la muestra B procedente de Jambelí (Gráfica 3.5). Como vemos ninguna muestra supera el nivel máximo permisible, sin embargo, se encuentran los valores más altos en la saliente del Río Jubones y en Puerto Bolívar.



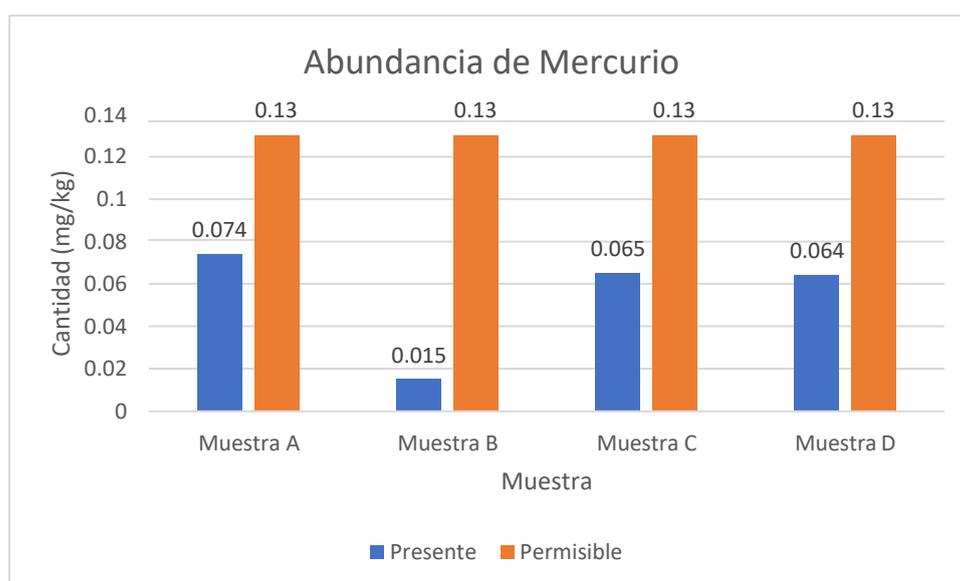
Gráfica 3.6. Abundancia de Cadmio en las 4 estaciones (Autores, 2022)

Continuando con el análisis de Cd, se encontró 0.18 mg kg^{-1} en la muestra A; 0.11 mg kg^{-1} en la muestra B; 0.41 mg kg^{-1} en la Muestra C y 0.43 mg kg^{-1} en la muestra D. Esto nos mostró de que existe mayor presencia de este metal en el sector centro del estuario siendo las muestras D y C las que tenían los mayores valores de este metal (Gráfica 3.6).



Gráfica 3.7. Abundancia de Arsénico en las 4 estaciones (Autores, 2022)

Referente a la presencia de As, se encontró 12.15 mg kg^{-1} en la muestra A; 3.99 mg kg^{-1} en la muestra B; 12.55 mg kg^{-1} en la muestra C y 10.68 mg kg^{-1} en la muestra D (Gráfica 3.7). Por ende, se determinó que 3 de las 4 muestras (A, C y D) superaron el LP, lo que nos indicó que existe contaminación por As a lo largo del estuario y la única muestra con bajos niveles de este metal es la muestra B que pertenece a Jambelí.



Gráfica 3.8. Abundancia de Mercurio en las 4 estaciones (Autores, 2022)

Finalizando con el análisis de Hg en el estuario, se encontró 0.074 mg kg^{-1} en la muestra A; 0.015 mg kg^{-1} en la muestra B; 0.065 mg kg^{-1} en la Muestra C y 0.064 mg kg^{-1} en la muestra D. Determinando que existe mayor abundancia de Hg en la muestra A y la menor en la muestra B (Gráfica 3.8). La presencia de este metal no supera los LP establecidos; sin embargo, la contaminación que se encontró corresponde a la mitad del LP por lo que se debería tomar en consideración un plan de control y reducción de este metal que es uno de los más peligrosos para la salud humana.

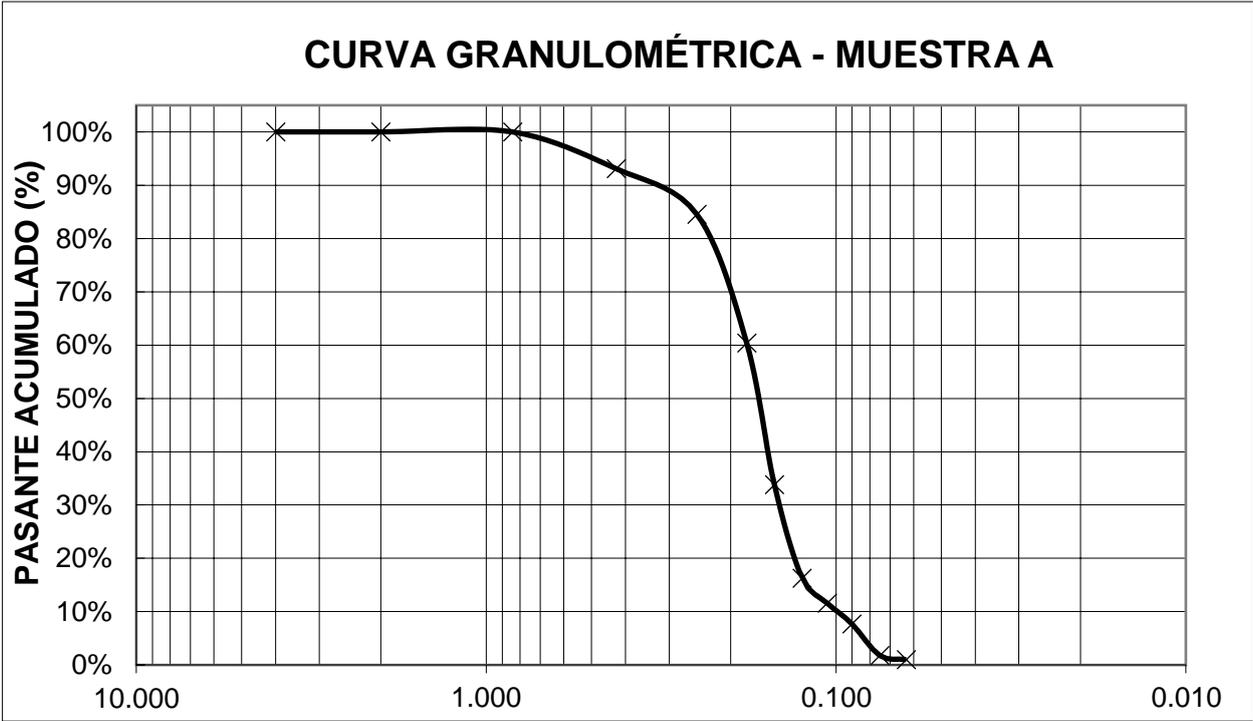
Metales pesados como el Pb, Cd y Hg, se encuentran dentro del LP de la normativa canadiense; sin embargo, la contaminación por As es alta, esto podría ser causado por varias actividades naturales, entre ellas: actividad volcánica, meteorización oxidada de sulfuros arsénicos, etc.; sin embargo, en el área de estudio no se ha reportado ninguno de estos procesos, generando como alternativa las actividades

antropogénicas, entre ellas resaltan actividades agropecuarias, desechos industriales y desechos municipales.

3.3.3 Curvas Granulométricas por estación de muestreo

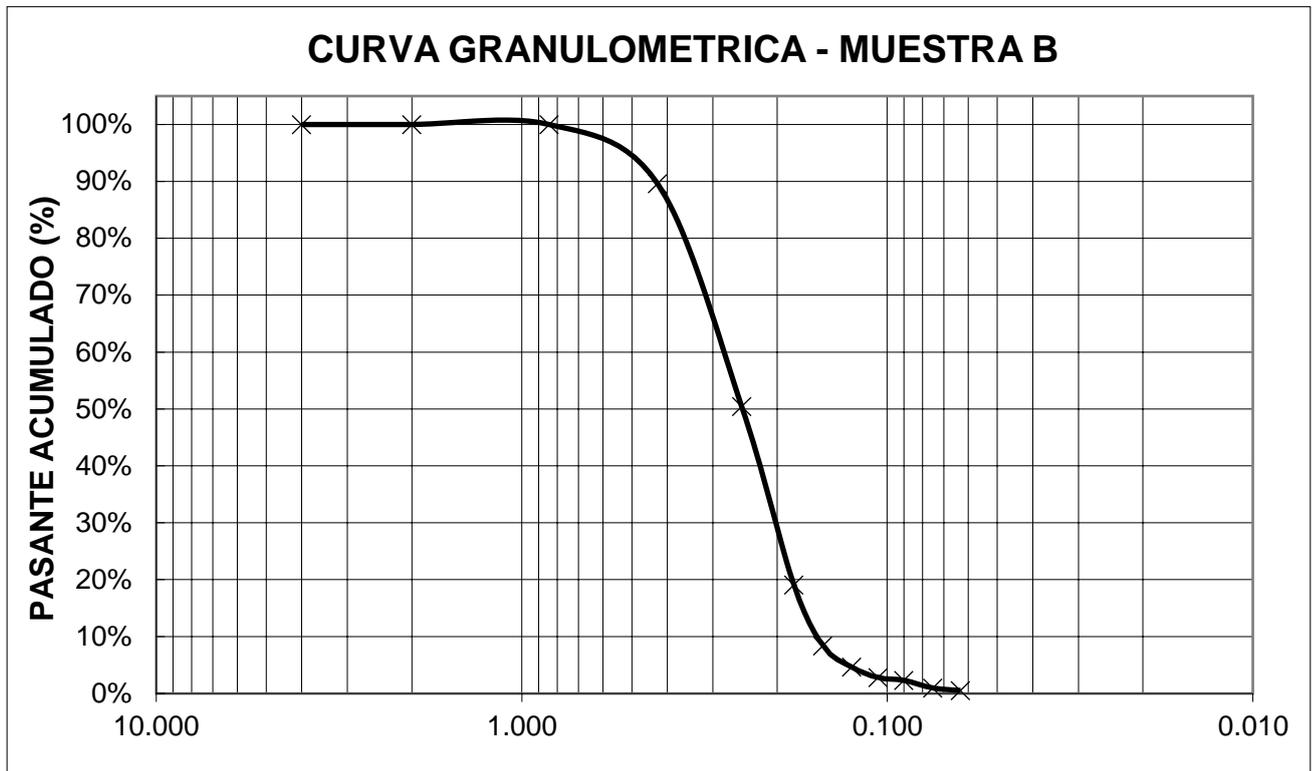
Las curvas granulométricas son una representación gráfica de los resultados obtenidos en un laboratorio cuando se realizó el análisis de suelo mediante granulometría, este método nos permitió observar el peso retenido, los resultados pueden evidenciarse en la Tabla A1 correspondiente a la Muestra A, Tabla A2 a la muestra B, Tabla A3 a la muestra C y Tabla A4 a la muestra D, en la sección de apéndices.

Gráfica 3.9. Curva granulométrica de Muestra A – Río Jubones. (Autores, 2022)



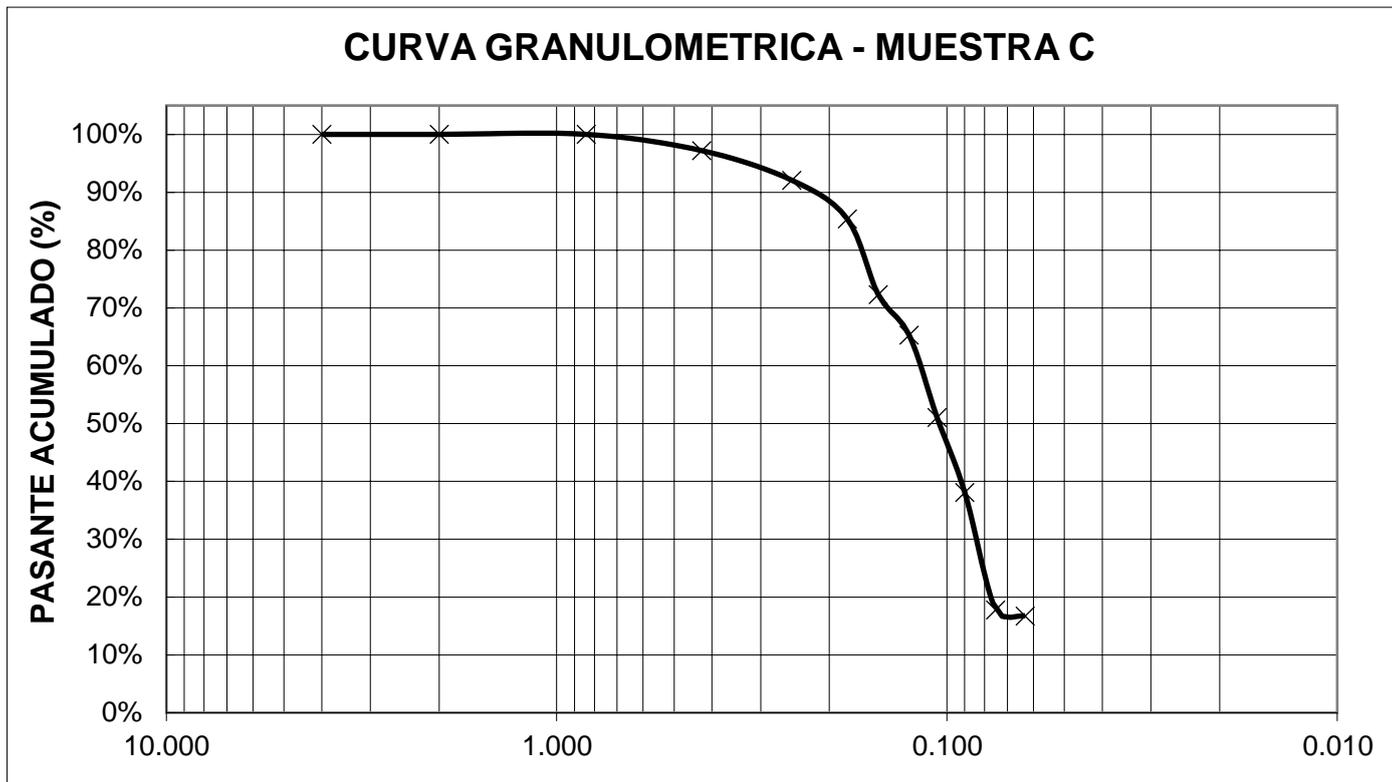
De acuerdo con la clasificación por método USCS, tenemos que 98% del material es retenido en el tamiz N° 200, por lo cual es un suelo granular. A su vez este tipo de suelos puede clasificarse en Arena (S) puesto a que más del 50% pasa por el tamiz N°4 y ésta pasa a poder ser W o P debido a que menos del 5% pasa por el tamiz N° 200, para ello empleamos una gráfica de hidrómetro en donde obtenemos que este sedimento es una Arena mal graduada (SP), arenas con grava, pocos finos o sin finos.

Gráfica 3.10. Curva granulométrica de Muestra B - Jambelí. (Autores, 2022)



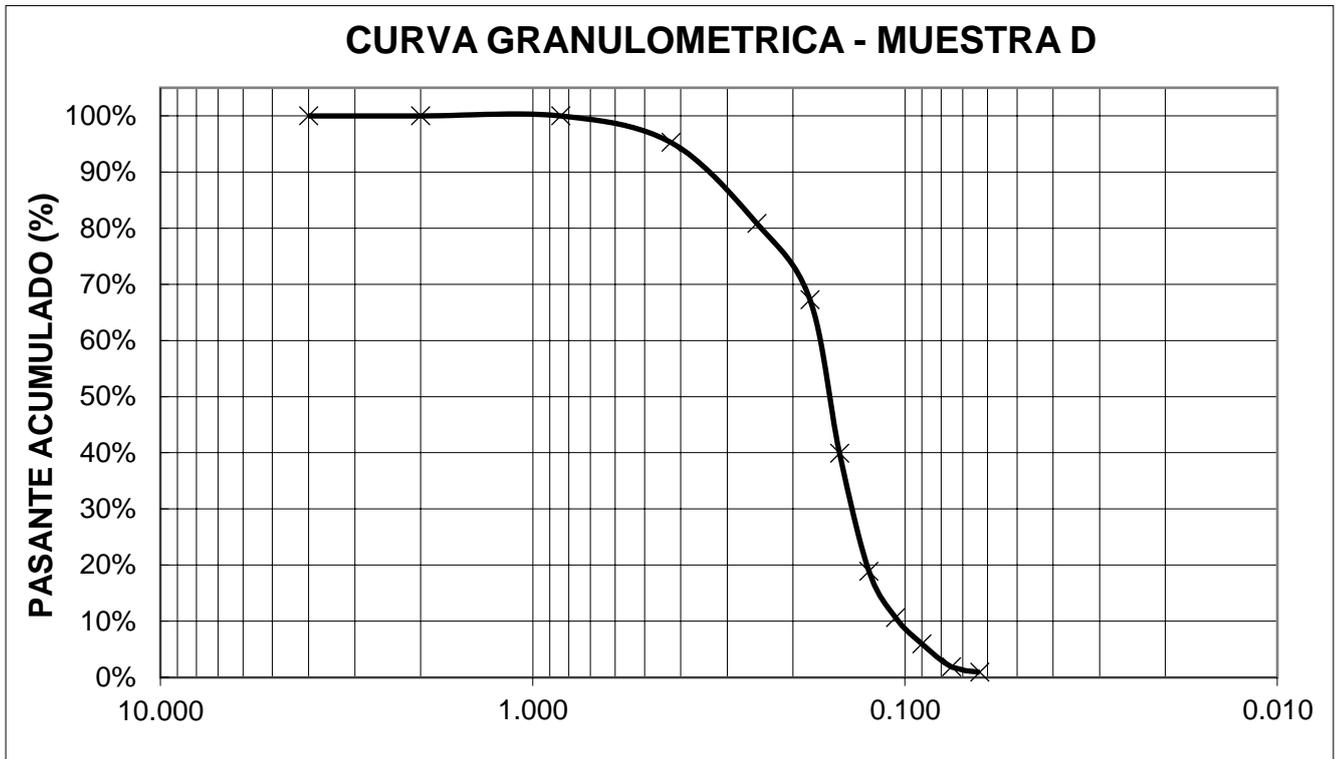
De acuerdo a la clasificación por método USCS, tenemos que cumple las características de ser un suelo granular, clasificándose en Arena (S) y posteriormente siendo el sedimento una Arena mal graduada (SP).

Gráfica 3.11. Curva granulométrica de Muestra C – Puerto Bolívar. (Autores, 2022)



Según los pasos mencionados anteriormente, haciendo uso de la Tabla A3 y Gráfica 3.11, llegamos a la determinación por el método USCS que el sedimento correspondiente a la muestra C es del tipo SP.

Gráfica 3.12. Curva granulométrica de Muestra D – Estero Huayla. (Autores, 2022)



Finalmente, la muestra de sedimento proveniente del estero de Huayla nos da como resultado mediante la clasificación por método USCS que es Arenas limosas, mezclas de arena y limo.

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

Según los resultados obtenidos, de las 4 muestras analizadas, el 100% de las muestras contienen plomo dentro del límite de la normativa canadiense de calidad de sedimentos, con una cantidad mínima de 5.08 mg kg^{-1} , un máximo de 13.82 mg kg^{-1} y un promedio de 10.23 mg kg^{-1} ; el 100% de las muestras de Cd se mantienen dentro del límite permisible de la normativa canadiense, con una cantidad mínima de 0.11 mg kg^{-1} , un máximo de 0.43 mg kg^{-1} y un promedio de 0.28 mg kg^{-1} ; de las muestras de As, el 75% están fuera del límite de la normativa canadiense debido a que en las muestras A, C y D se presenta un incremento de 4.91 , 5.31 y 3.44 mg kg^{-1} respectivamente, con una cantidad mínima de 3.99 mg kg^{-1} , un máximo de 12.55 mg kg^{-1} y un promedio de 9.84 mg kg^{-1} y en cuanto al Hg, el 100% de las muestras se encuentran dentro del límite permisible, una cantidad mínima de 0.01 mg/kg , un máximo de 0.07 mg kg^{-1} y un promedio de 0.05 mg kg^{-1} .

De los 4 metales descritos en este estudio, Arsénico fue el único que presentó resultados mayores a los niveles permisibles en sedimentos según la normativa canadiense, en un 75% de las muestras tomadas, llegando a ser hasta 1.68 y 1.73 veces mayor del nivel máximo lo cual representa una fuerte contaminación por este metal en los sectores del Río Jubones y Puerto Bolívar respectivamente. Los resultados encontrados nos indican que esta contaminación es antropogénica y provienen de los ríos que desembocan en el estuario y que proveen de agua potable a la población de la ciudad de Machala, ríos que recorren la parte alta de la provincia en cantones como Portovelo y Zaruma que son sectores de fuerte explotación minera; la actividad minera en cantones como Zaruma y Portovelo se ha desarrollado de manera tradicional con la extracción del oro con tratamientos a base de cianuro y mercurio, llegando a formar parte del 19.45% de la contaminación al agua en la provincia de El Oro (Vilela, Espinosa, & Bravo, 2020).

La zona que se encuentra más a salvo de la contaminación es la zona de muestreo B, correspondiente a la entrada del Balneario de la Isla de Jambelí, esto quizás al lugar específico de la toma de la muestra que fue en uno de los brazos de mar que pasa entre el estuario y es justo en la llegada al balneario, este punto específico se encuentra más influenciado por la acción del mar que por el ingreso de sedimento de los ríos que desembocan en el estuario algo que también podemos notar por los resultados de granulometría. Esta fuerte influencia del mar en este punto puede hacer que los valores de los metales pesados se mantengan normales a diferencia de los otros puntos de muestreo que tienen directa influencia antropogénica por los desagües, desperdicios de camarónicas y desechos que contaminan el agua y sedimento del Río Jubones específicamente.

Aunque los resultados encontrados de los metales Pb, Cd y Hg no superan los niveles máximos permitidos en los sedimentos, significan problemas de contaminación en la fauna marina del estuario de Jambelí debido a la acumulación de estos metales (incluido el As que si pasa los niveles máximos permitidos) en el organismo de animales como nos indica (Navarrete, Morales, & Domínguez, 2018) en su estudio, animales contaminados que luego serán consumidos por la población de la capital o inclusive de la provincia de El Oro, presentando luego afectaciones en la salud antes mencionadas en este artículo. Por ello es necesario planes de acción para el control pertinente de estos metales garantizando una adecuada calidad de vida para los habitantes cumpliendo con la normativa ambiental vigente.

Los tipos de sedimentos hallados en los puntos de muestreo mediante la clasificación por método USCS son las muestras: A, B Y C son una Arena mal graduada (SP), de apariencia uniforme o presentando predominio de un tamaño faltando algunos intermedios, en estos casos existe predominio de arenas finas en la muestra A con un 68.29% y en la muestra C 61.97%, mientras que en la muestra B existe predominio de arena medio en un 49.57%. La muestra D se clasifica mediante un análisis dando un resultado un sedimento del tipo (SM) arenas limosas, mezclas de arena y limo; que posee específicamente: 7.91% arena media, 26.78% arena fina, 65.30% arenas muy finas y 16.75% limo. Son de apariencia uniforme o presenta predominio de un tamaño faltando algunos intermedios.

4.2 Recomendaciones

- Monitorear constante la cantidad de metales pesados, esto permitirá a las autoridades dar una solución oportuna a las problemáticas medioambientales que presenta o podría presentar este ecosistema de manglar, además de penalizar a los infractores mediante las normas ambientales constitucionales vigentes.
- Prohibir el desecho de aguas servidas domésticas e industriales directamente al estero sin antes ser tratadas correctamente para la disminución de sus contaminantes.
- Tratar de forma prioritaria la contaminación por Arsénico de las plantas de tratamiento de agua potable, debido a los efectos que tiene en la salud de los habitantes que la usan y al depósito de la misma en el estuario que aumenta la contaminación ya existente.
- Regularizar la industria minera de la provincia para mitigar la contaminación por desechos vertidos a los ríos que son de uso doméstico, agrícola, recreacional y turístico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Agencia Nacional de Regulación, C. y. (2022). *Se suspenden actividades en pozos de captación de agua de las plantas Gonzáles Rubio y Urseza de Machala*. Guayaquil: Página oficial del Gobierno de la República del Ecuador.
- [2] Agilent . (s.f.). Obtenido de <https://www.agilent.com/en/support/atomic-spectroscopy/atomic-absorption/flame-atomic-absorption-instruments/how-does-aas-work-aas-faqs>
- [1] Alcívar, E. (noviembre de 2015). *Universidad Técnica de Machala*. Recuperado el 08 de agosto de 2022, de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2949>
- [2] Antuña, I. P. (2007). *Efectos Toxicológicos e Impacto Ambiental del Mercurio. Validaciones y Sistemas de Control de ensayos químicos bajo sistema de calidad ISO 17025:2005*. Rosario, Argentina.
- [3] Aveiga, A., Noles, P., Peñarrieta, F., & Murgueitio, E. (julio de 2020). Arsenic distribution in superficial water and sediment at the carrizal river basin, manabi-ecuador. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(3). Recuperado el 6 de junio de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2020000300260#:~:text=En%20diversas%20fuentes%20naturales%20de,Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de%20la%20Salud.
- [4] Ayala, H. (2015). *Cuantificación de metales pesados (Hg, As, Pb y Cr) en organismos acuáticos: cangrejo rojo (Ucides Occidentalis)*. Machala. Recuperado el 14 de agosto de 2022
- [5] Balcázar, S. (2006). *Universidad Técnica de Machala*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/937>
- [6] Canadian Council of Ministers of the Environment. (2001). *Port of London Authority*. Recuperado el 15 de agosto de 2022, de

<https://www.pla.co.uk/Environment/Canadian-Sediment-Quality-Guidelines-for-the-Protection-of-Aquatic-Life>

- [7] Castro, K. (2015). *Determinación de la concentración de metales pesados (hg, pb, cd) en la ostra (crassostrea columbiensis) utilizada como biosensor en cuatro localidades de la zona costera de la provincia de el Oro*. Machala. Recuperado el 14 de agosto de 2022
- [8] Chalen, J., Flor, G., & Fun, k. (6 de junio de 2017). Study of concentrations by heavy metals and hydrocarbons in branch B of Estero. *Polo del Conocimiento*, 2(6), 711-730. doi:10.23857/pc.v2i6.153
- [9] Coello, S., & Altamirano, M. (2007). *Buenas prácticas de Aprovechamiento y Uso de los Recursos Costeros en Ecuador. Una guía para su sistematización y elementos a considerar para impulsarlas (1st ed.)*. Quito, Ecuador.
- [10] Cordy, P., Veiga, M., & Crawford, B. (agosto de 2013). *Science Direct*. (Elsevier, Ed.) Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935113000352>
- [11] Domínguez, L., & Fockedey, N. (2001). Variación diurna del hiperbentos en la playa arenosa de San Pedro de Manglaralto (Prov. Guayas, Ecuador). (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- [12] Espinoza, J. (2013). *Niveles de Cadmio y Plomo en el exoesqueleto del cangrejo rojo (Ucides Occidentalis) del Golfo de Guayaquil (Las Loras, Puerto el Morro, Chupadores) y Machala (Puerto Bolívar)*. Guayaquil. Recuperado el 16 de agosto de 2022
- [13] Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Jambelí. (octubre de 2015). *Sistema Nacional de Información*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0760030760001_DIAGNOSTICO_ACTUALIZADO_30-10-2015_13-20-06.pdf
- [14] Gobierno Parroquial Jambelí. (2015). Obtenido de https://issuu.com/azulesalvi/docs/plan_de_desarrollo_2010-2025

- [15] Harvey, D. (2002). *Química Analítica Moderna*. Madrid, España.
- [16] Hurtado, M. A., Hurtado-Domínguez, L. M., Hurtado-Domínguez, L., Soto, L., & Merizalde, M. (2010). *Áreas costeras y marinas protegidas del Ecuador (1st ed.)*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- [17] INOCAR. (junio de 2022). *Instituto Oceanográfico de la Armada*. Recuperado el 9 de agosto de 2022, de https://www.inocar.mil.ec/mareas/TM/2022/PUERTO_BOLIVAR.pdf
- [18] Londoño, L., Londoño, P., & Muñoz, F. (2016). *Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal (Vol. 14)*. Biotecnología en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial.
- [19] Martínez, E. (7 de junio de 2018). *Microlab Industrial*. Obtenido de <https://www.microlabindustrial.com/blog/metales-pesados-y-la-importancia-de-su-analisis-rutinario>
- [20] Mohammad, M., Salah, E., & Hassan, A. (2017). "Efficient treatment of lead-containing wastewater by hydroxyapatite/chitosan nanostructures. *Arab. J. Chem*, 10(5), 683-690.
- [21] Mohan, D., Singh, K., & Singh, V. (2006). *Trivalent chromium removal from wastewater using low cost activated carbon derived from agricultural waste material and activated carbon fabric cloth (Vol. 135)*. (J. Hazard, Ed.) Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389405007788>
- [22] Moreno, M. (2003). *Toxicología ambiental evaluación de riesgo para la salud humana*. (M. Graw-Hill, Ed.) Madrid.
- [23] Narayana, L., Kyo Seo, Y., & Ok Baek, S. (8 de agosto de 2014). (Y. University, Ed.) Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/287363973_Heavy_metals_in_the_Indian_atmosphere_A_review
- [24] Narayana, L., Sung-Ok, & B. (23 de junio de 2016). (T. a. health, Ed.) Obtenido de <https://doi.org/10.1177/0748233716654827>

- [25] Navarrete, G., Morales, L., & Domínguez, L. (2018). *Contaminación por metales pesados en el Golfo de Guayaquil: incluso datos limitados reflejan impactos ambientales de las actividades antrópicas*. Guayaquil. Recuperado el 14 de agosto de 2022
- [26] Nelly Mañay, G. C. (2009). *Absorción atómica con horno de grafito*. extraído de: <http://riquim.fq.edu.uy/archive/files/02ba23e6cc083af03bfc55ac63a98a0c.pdf>.
- [27] Organización Mundial de la Salud. (15 de febrero de 2018). Recuperado el 15 de Agosto de 2022, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic#:~:text=Fuentes%20de%20exposici%C3%B3n&text=La%20exposici%C3%B3n%20a%20altos%20niveles,tabaco%20y%20de%20alimentos%20contaminados>.
- [28] Oviedo, R., Moina, E., Naranjo, J., & Barcos, M. (2017). *Revista Bionatura*. doi:10.21931/RB/2017.02.04.5
- [29] Pabón, S., Benítez, R., Sarria, R., & Gallo, J. (20 de marzo de 2021). *Scielo*. (E. C. Ingeniería, Ed.) Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672020000100009#:~:text=Los%20metales%20pesados%20como%20plomo,debido%20a%20su%20persistencia%20C%20bioacumulaci%C3%B3n%20C
- [30] Parker, N. (2021). *Cómo desintoxicar el cuerpo de metales pesados*. (N. Parker, Ed.) Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=PeJDEAAAQBAJ&printsec=frontcover&q=metales+pesados&hl=es419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=metales%20pesados&f=false
- [31] Pernía, B., & Mero, M. (2018). *Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado*.
- [32] Pernia, B., Cornejo, X., Mero, M., & Zambrano, J. (noviembre de 2019). *ResearchGate*. Recuperado el 6 de julio de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/337424161_IMPACTOS_DE_LA_CON

TAMINACION_SOBRE_LOS_MANGLARES_DE_ECUADOR

- [33] Posada, M., & Del Pilar, M. (2006). Efectos del mercurio sobre algunas plantas acuáticas. *Revista EIA*(6), 1794-1237.
- [34] Ramos, J. (2002). *Estudio de la contaminación por metales pesados y otros procesos de degradación química en los suelos de invernadero del poniente almeriense* (Vol.133 de Tesis Doctorales). Almería: Universidad de Almería. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=EaxMAQAAQBAJ&printsec=frontcover&q=metales+pesados&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=metales%20pesados&f=false
- [35] Saleh, A., Estatie, M., & Hamouz, A. (2017). "Removal of cadmium ions from wastewater by dithiocarbamate functionalized pyrrole based terpolymers. *Separation and Purification Technology*, 177, 101-109.
- [36] Sambito. (diciembre de 2020). Obtenido de <https://idbinvest.org/sites/default/files/2021-06/Pto%20Bolivar%20EIA%202020%20III.A.%20L%C3%ADnea%20Base%20Ambiental.pdf>
- [37] Saquid, M. (1992). *Toxic metal chemistry in marine environments*. Marcel Dekker.
- [38] Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2014). Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/secretaria-de-gestion-de-riesgos-realizo-inspeccion-tecnica-en-isla-jambeli/>
- [39] Siguenza, J. (2016). *Universidad del Azuay*. (D. d. PostGrado, Ed.) Recuperado el 1 de agosto de 2022, de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5598/1/11927.pdf>
- [40] Skoog, D. A., & West, D. M. (2005). *Fundamentos de Química Analítica, octava edición*
- [41] Tobar, J. (2013). *DISTRIBUCIÓN DEL CONTENIDO TOTAL Y BIODISPONIBLES DE LOS METALES PESADOS, CU, CD, PB Y HG EN*

SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL ESTER DE SARA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO, ECUADOR. Machala. Recuperado el 14 de agosto de 2022

- [42] Vilchez, R. (2005). *Eliminación de metales pesados de aguas subterráneas mediante sistemas de lechos sumergidos: Estudio microbiológico de las biopelículas.* Granada: Universidad de Granada.
- [43] Vilela, W., Espinosa, M., & Bravo, A. (2020). *La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro.* Machala. Recuperado el 16 de Agosto de 2022
- [44] World Health Organization . (15 de febrero de 2018). *World Health Organization* . Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20prolongada%20al%20ars%C3%A9nico,enfermedades%20cardiovasculares%2C%20neurotoxicidad%20y%20diabetes.>
- [45] World Health Organization. (31 de marzo de 2017). *World Health Organization*. Recuperado el 6 de junio de 2022, de <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
- [46] Zhang, H., & Mindy, R. (15 de agosto de 2019). Cadmium exposure in living organisms: A short review. *Science of The Total Environment*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719319461?via%3Dihub>

APÉNDICE

APÉNDICE A

Tabla A1. Datos obtenidos en granulometría en la muestra A (Autores, 2022)

No. TAMIZ	ASTM (U.S. Standard)	DIÁMETR O LUZ (mm)	PESO PARCIAL (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULAD O	% PASANTE ACUMULAD O
40	Arena	0.425	12.84	6.90%	6.90%	93.10%
60	Media	0.250	15.93	8.56%	15.46%	84.54%
80		0.180	44.98	24.17%	39.62%	60.38%
100	Arenas finas	0.150	49.47	26.58%	66.20%	33.80%
120		0.125	32.66	17.55%	83.75%	16.25%
140		0.106	8.70	4.67%	88.42%	11.58%
170	Arenas muy finas	0.090	7.26	3.90%	92.32%	7.68%
200		0.075	11.04	5.93%	98.25%	1.75%
230		0.063	1.39	0.75%	99.00%	1.00%
FONDO	Limo	< 0.063	1.86	1.00%	100.00%	0.00%
	TOTAL		186.13	100%		

Tabla A2. Datos obtenidos en granulometría en la muestra B (Autores, 2022)

No. TAMIZ	ASTM (U.S. Standard)	DIÁMETR O LUZ (mm)	PESO PARCIAL (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULAD O	% PASANTE ACUMULAD O
40	Arena	0.425	19.13	10.38%	10.38%	89.62%
60	Media	0.250	72.20	39.19%	49.57%	50.43%
80		0.180	57.78	31.36%	80.93%	19.07%
100	Arenas finas	0.150	19.68	10.68%	91.61%	8.39%
120		0.125	6.91	3.5%	95.36%	4.64%
140		0.106	3.41	1.85%	97.22%	2.78%
170	Arenas muy finas	0.090	0.87	0.47%	97.69%	2.31%
200		0.075	2.49	1.35%	99.04%	0.96%
230		0.063	0.82	0.45%	99.48%	0.52%
FONDO	Limo	< 0.063	0.95	0.52%	100.00%	0.00%
	TOTAL		184.24	100%		

Tabla A3. Datos obtenidos en granulometría en la muestra C (Autores, 2022)

No. TAMIZ	ASTM (U.S. Standard)	DIÁMETRO LUZ (mm)	PESO PARCIAL (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
40	Arena	0.425	4.42	4.74%	4.74%	95.26%
60	Media	0.250	13.43	14.41%	19.15%	80.85%
80		0.180	12.68	13.60%	32.75%	67.25%
100	Arenas finas	0.150	25.46	27.31%	60.07%	39.93%
120		0.125	19.62	21.05%	81.12%	18.88%
140		0.106	7.69	8.25%	89.37%	10.63%
170	Arenas	0.090	4.35	4.67%	94.03%	5.97%
200	muy finas	0.075	3.80	4.08%	98.11%	1.89%
230		0.063	0.89	0.95%	99.07%	0.93%
FONDO	Limo	< 0.063	0.87	0.93%	100.00%	0.00%
	TOTAL		93.21	100%		

Tabla A4. Datos obtenidos en granulometría en la muestra D (Autores, 2022)

No. TAMIZ	ASTM (U.S. Standard)	DIÁMETRO O LUZ (mm)	PESO PARCIAL (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
40	Arena	0.425	9.31	2.81%	2.81%	97.19%
60	Media	0.250	16.89	5.10%	7.91%	92.09%
80		0.180	22.20	6.71%	14.62%	85.38%
100	Arenas finas	0.150	43.26	13.07%	27.69%	72.31%
120		0.125	23.19	7.01%	34.70%	65.30%
140		0.106	47.13	14.24%	48.93%	51.07%
170	Arenas	0.090	42.95	12.98%	61.91%	38.09%
200	muy finas	0.075	67.26	20.32%	82.23%	17.77%
230		0.063	3.39	1.02%	83.25%	16.75%
FONDO	Limo	< 0.063	55.44	16.75%	100.00%	0.00%
	TOTAL		331.02	100%		

APÉNDICE B

MINISTERIO DE PRODUCCIÓN,
COMERCIO EXTERIOR, INVERSIONES Y PESCA



Gobierno
del Encuentro | Juntos
lo logramos



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pag 1/2

CÓDIGO ÚNICO No.	73814-10071-M96			Reporte No.	57904
EMPRESA	NOMBRE	KEVIN DANILO OCAÑA BALCAZAR			
npin@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	CALLE 1ER Y COSTANERA, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL			
TIPO DE PRODUCTO	SUELO				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	MUESTRA A	FECHA DE RECEPCION	28/06/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	05/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	222286	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	15/07/2022
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura(°C) 19-26		HUMEDAD RELATIVA	Humedad Relativa: (%) 49-70	

RESULTADO DE ANÁLISIS			
PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*Cadmio	PI_MP2 AOAC 999.10 Ed. 21, 2019	0,18	mg/kg
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	0,074	mg/kg
*Plomo	PI_MP3 AOAC 999.10 Ed. 21, 2019	13,40	mg/kg

Muestreo realizado por	EMPRESA
Observaciones	

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en éste reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcados con (*) NO estan incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Q.F. SULLY STACIO S.
RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO SUPLENTE



Letamendi 102 y la Ría * Telefax: (593-4) 2401 773 - 2401 776 - 2401 779 * Fax(593-4) 2402 304
P.O. Box: 09-01-15131 * E-mail: sci@acuaculturaypesca.gob.ec * Guayaquil - Ecuador

Ilustración B1. Análisis de químico entregado correspondiente a Muestra A



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	73814-10072-M96		Reporte No.	57905	
EMPRESA	NOMBRE	KEVIN DANILO OCAÑA BALCAZAR			
npin@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	CALLE 1ER Y COSTANERA, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL			
TIPO DE PRODUCTO	SUELO				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	MUESTRA B	FECHA DE RECEPCION	28/06/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	05/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	222286	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	15/07/2022
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura(°C) 19-26		HUMEDAD RELATIVA	Humedad Relativa: (%) 49-70	

RESULTADO DE ANÁLISIS			
PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*Cadmio	PI_MP2 AOAC 999.10 Ed. 21, 2019	0,11	mg/kg
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	0,015	mg/kg
*Plomo	PI_MP3 AOAC 999.10 Ed. 21, 2019	5,08	mg/kg

Muestreo realizado por	EMPRESA
Observaciones	

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en éste reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcado con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Q.F. SULLY STACIO S.

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO SUPLENTE





LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	73814-10073-M96		Reporte No.	57906	
EMPRESA	NOMBRE	KEVIN DANILO OCAÑA BALCAZAR			
npin@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	CALLE 1ER Y COSTANERA, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL			
TIPO DE PRODUCTO	SUELO				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	MUESTRA C	FECHA DE RECEPCION	28/06/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	05/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	222286	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	15/07/2022
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura(°C) 19-26		HUMEDAD RELATIVA	Humedad Relativa: (%) 49-70	

RESULTADO DE ANÁLISIS			
PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
*Cadmio	PI_MP2 AOAC 999.10 Ed. 21, 2019	0,41	mg/kg
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	0,065	mg/kg
*Plomo	PI_MP3 AOAC 999.10 Ed. 21, 2019	13,82	mg/kg

Muestreo realizado por	EMPRESA
Observaciones	

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en este reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcado con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Q.F. SULLY STACIO S.

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO SUPLENTE



Ilustración B3. Análisis de químico entregado correspondiente a Muestra C

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS
SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	73814-10074-M96		Reporte No.	57907	
EMPRESA	NOMBRE	KEVIN DANILO OCAÑA BALCAZAR			
npin@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	CALLE 1ER Y COSTANERA, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL			
TIPO DE PRODUCTO	SUELO				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	MUESTRA D	FECHA DE RECEPCION	28/06/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	05/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	222286	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	15/07/2022
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura(°C) 19-26		HUMEDAD RELATIVA	Humedad Relativa: (%) 49-70	

RESULTADO DE ANÁLISIS

PARAMETRO	METODO REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
Cadmio	PI_MP2 AOAC 999.10 Ed. 21, 2019	0,43	mg/kg
Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	0,064	mg/kg
Plomo	PI_MP3 AOAC 999.10 Ed. 21, 2019	8,62	mg/kg

Muestreo realizado por	EMPRESA
Observaciones	

NOTA: Este reporte solamente puede ser reproducido de forma integral y con la autorización por escrito del SCI. Está totalmente prohibida su reproducción de forma parcial. Los resultados emitidos en éste reporte se refieren exclusivamente al material ensayado y no son relacionados directamente a productos no ensayados. Los registros de los análisis son archivados en el laboratorio por 5 años. Se analizó bajo las condiciones de temperatura de recepción de la muestra. Los ensayos marcado con (*) NO estan incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Q.F. SULLY STACIO S.

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO SUPLENTE



Ilustración B4. Análisis de químico entregado correspondiente a Muestra D