

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



TÍTULO

“DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y MERCURIO EN CONCHA PRIETA, *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833), AGUA Y SEDIMENTO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE MANGLARES EL MORRO”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención de título de:

Bióloga

Autor:

VILLÓN NAVAS BRIGGITTE TERESA

TUTOR

BLGO. RICHARD DUQUE MARÍN, MSc.

LA LIBERTAD - ECUADOR

2022

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

**“DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y
MERCURIO EN CONCHA PRIETA, *Anadara tuberculosa* (Sowerby,
1833), AGUA Y SEDIMENTO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE
MANGLARES EL MORRO”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención de título de:

Bióloga

AUTOR:

VILLÓN NAVAS BRIGGITTE TERESA

TUTOR:

BLGO. RICHARD DUQUE MARÍN, MSc.

LA LIBERTAD-ECUADOR

2022

UPSE

DEDICATORIA

A Dios

Al dador y protagonista de mi vida, quien guía mis pasos, me llena de sabiduría y derrama sobre mí su gracia.

A mis padres Gustavo y Aida

Por ser mi pilar fundamental en todo este trayecto de mi vida, quienes me han apoyado en todo, a mi madre que me ha enseñado y cultivado en mí la fe, perseverancia y mi padre que me hizo nacer la vocación por la biología.

A mi abuela Teresita Sánchez

Por brindarme su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento que nunca me han dejado decaer para que siga adelante, cumpla y cristalice mis sueños.

Y todo lo que hagan, de palabra o de obra, háganlo en el nombre del señor Jesús, dando gracias a Dios el padre por medio de él.

Colosenses 3:17

AGRADECIMIENTOS

A mi familia que ha estado incondicionalmente cada vez que los necesité y me han apoyado en cada reto, han estado alentándome en cada peldaño, porque son pilares fundamentales en mi vida.

A mis maestros, por sus enseñanzas a lo largo de este proceso de formación universitaria, por aportar sus conocimientos y experiencias, gracias a eso hoy en día puedo desenvolverme en el campo de la biología

Al laboratorio de metales pesados del IPIAP y a su encargada la Dra. Ana Maridueña, por sus recomendaciones tan acertadas al momento de realizar los análisis y desarrollo de datos, así como por la lectura de las muestras y sugerencias durante el proceso de muestreo.

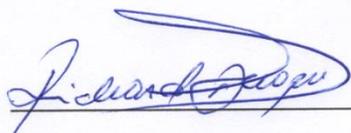
Al Blgo. Richard Duque Marín, por ser guía y tutor de esta tesis, por brindarme su apoyo, sus conocimientos y consejos brindados durante este proceso de titulación.

A mi amigo y Blgo. Nelson Ramírez por brindarme su apoyo incondicional en todo este trayecto, por sus acertadas aportaciones, sus conocimientos, por estar siempre presto a ayudar en lo que fuera necesario.

A mis hermanos y amigos más cercanos, por sus palabras de aliento, por su compañía y por ser luz en mi camino, que me acompañaron a lo largo de la carrera y me apoyan en todos mis proyectos.

El discípulo no es superior a su maestro; mas todo el que fuere perfeccionado, será como su maestro." Lucas 6:40

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



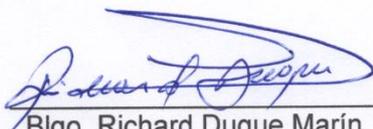
Blgo. Richard Duque Marín, MSc.

**DECANO
FACULTAD CIENCIA DEL MAR**



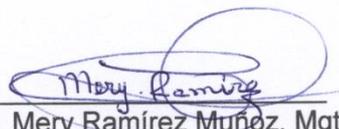
Ing. Jimmy Villón Moreno, MSc.

**DIRECTOR
CARRERA DE BIOLOGÍA**



Blgo. Richard Duque Marín, MSc.

DOCENTE TUTOR



Q. F. Mery Ramírez Muñoz, Mgt.

DOCENTE DEL ÁREA



Abg. Víctor Coronel Ortiz, M. Sc.

SECRETARIO GENERAL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los datos, ideas y resultados expuestos en este trabajo de investigación, corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a Villón Navas Brigitte Teresa y a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Brigitte Teresa Villón Navas

C.I. 0930454020

“DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y MERCURIO EN CONCHA PRIETA, *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833), AGUA Y SEDIMENTO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE MANGLARES EL MORRO”

Autor: Brigitte Teresa Villón Navas

Tutor: Blgo. Richard Duque Marín, MSc

RESUMEN

Contrario a diversos contaminantes orgánicos los metales pesados entre ellos: Sb, As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Se, Zn no se eliminan de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales debido a que no son biodegradables, por ello sus concentraciones persisten por los fenómenos físicos, químicos y biológicos presentes en los cuerpos de agua. Por lo que, el presente estudio pretende determinar las concentraciones de cadmio y mercurio en concha prieta (*Anadara tuberculosa*), sedimento y agua analizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica a través de un laboratorio estandarizado - certificado, con la finalidad de conocer si el recurso se encuentra apto para consumo humano del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. Para ello, se colectaron muestras de agua, sedimentos y de *Anadara tuberculosa*, se llevaron a peso seco, se digirieron utilizando diversas metodologías y las muestras se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica de llama de acuerdo a la metodología interna de un laboratorio certificado. Los valores de Cd (0,0005 ppm) y Hg (0,005 ppm) en agua y sedimento no superaron a los permitidos por las normas internacionales y locales. Además, los individuos estudiados de *Anadara tuberculosa* no superando a los límites máximos permisibles para Cd según el *Codex Alimentarius* para consumo humano. Finalmente se rechaza la hipótesis inicial, ya que existe evidencia de concentraciones de Cd y Hg en el área de estudio en agua y sedimentos, pero no está siendo acumulado totalmente por el organismo de estudio por lo que no afecta al recurso ni al consumo humano.

Palabras claves: *Anadara tuberculosa*, Cadmio, Mercurio, Sedimentos.

“DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y MERCURIO EN CONCHA PRIETA, *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833), AGUA Y SEDIMENTO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE MANGLARES EL MORRO”

Autor: Brigitte Teresa Villón Navas
Tutor: Blgo. Richard Duque Marín, MSc

ABSTRACT

Contrary to various organic pollutants, heavy metals such as Sb, As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Se, Zn are not eliminated from aquatic ecosystems by natural processes because they are not biodegradable, and therefore their concentrations persist due to physical, chemical and biological processes present in water bodies. Therefore, this study aims to determine the concentrations of cadmium and mercury in concha prieta (*Anadara tuberculosa*), sediment and water analyzed by atomic absorption spectrophotometry through a standardized - certified laboratory, in order to determine whether the resource is fit for human consumption in Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. For this purpose, water, sediment and *Anadara tuberculosa* samples were collected, dry-weighed, digested using various methodologies and the samples were analyzed by flame atomic absorption spectrophotometry according to the in-house methodology of a certified laboratory. Cd (0,0005 ppm) and Hg (0,005 ppm) values in water and sediment did not exceed those allowed by international and local standards. In addition, the studied individuals of *Anadara tuberculosa* did not exceed the maximum permissible limits for Cd according to the *Codex Alimentarius* for human consumption. Finally, the initial hypothesis is rejected, since there is evidence of Cd and Hg concentrations in the study area in water and sediments, but it is not being totally accumulated by the study organism and therefore does not affect the resource or human consumption.

Keywords: *Anadara tuberculosa*, Cadmium, Mercury, Sediments

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Absorbancia:** Medida de atenuación de una radiación cuando atraviesa una sustancia.
- **Antropogénico:** Efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas.
- **Bioacumulación:** Proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en el medio ambiente.
- **Biodisponible:** Sustancia que está disponible para ser utilizado o acumulado por un organismo.
- **Bioindicador:** Organismo que se usa como indicador de algo, generalmente de contaminación.
- **Carcinogénico:** Perteneciente o relativo a la capacidad de provocar el desarrollo de un cáncer.
- **Espectrofotometría:** Medida del espectro de la luz, se refiere a la medida del tipo y cantidad de luz que se obtiene de una disolución.
- **Espectrofotómetro de Absorción Atómica de llama:** Aparato usado a través de la espectrofotometría de absorción atómica para la determinación en ppm de Fe, Cd, Au, Pb, Zn, Cu, Mn en disoluciones acuosas de aguas, fertilizantes, suelos, extractos vegetales, etc.
- **Límite de detección:** Es la mínima concentración que se puede medir con la técnica y con un elevado nivel de incertidumbre.

- **Metales pesados:** Elementos metálicos potencialmente tóxicos para el ambiente y humano porque ellos no degradan con el tiempo, aun a muy bajas concentraciones.
- **Mutagénico:** Compuesto o agente que induce mutaciones.
- **ppm:** Partes por millón.
- **Quelación:** Reacción química en la que dos o más grupos de una misma molécula ceden un par de electrones cada una a un ion metálico para formar un quelato.
- **Teratogénico:** Que produce malformaciones en el embrión o feto.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	8
1. INTRODUCCIÓN	19
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
3. JUSTIFICACIÓN	27
4. OBJETIVOS	29
5. HIPÓTESIS	30
6. MARCO TEÓRICO	31
6.1. Metales Pesados	31
6.2. Cadmio y Mercurio metales pesados objeto de estudio	32
6.2.1. Características generales del Cadmio	32
6.2.2. Características generales del Mercurio	35
6.3. Moluscos como bioindicadores	38
6.3.1. Bivalvos	40
6.3.1.1. <i>Concha Prieta (Anadara tuberculosa)</i> , organismo de estudio	42
6.4. Marco Legal	47
7. METODOLOGÍA	62
7.1. Área de estudio	62
7.2. Colecta y conservación de muestras	67
7.3. Colecta y conservación de muestras	69

7.4. Análisis de las muestras	70
7.5. Lectura de muestras, Obtención de datos y Análisis estadístico ..	70
8. RESULTADOS.....	72
8.1. Parámetros Físico – Químicos	72
8.2. Agua.....	75
8.3. Sedimentos.....	77
8.4. Organismo de estudio (<i>Anadara tuberculosa</i>).....	79
8.5. Correlación de concentraciones de metales pesados (Cd y Hg) en agua, sedimentos y el organismo de estudio con los parámetros físico químicos.....	81
9. DISCUSIÓN	83
10. CONCLUSIONES	90
11. RECOMENDACIONES	92
12. BIBLIOGRAFÍA	93
13. ANEXOS	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración sobre <i>Anadara tuberculosa</i>	41
Figura 2. A. Vista exterior e interior de <i>Anadara tuberculosa</i> mostrando los tubérculos. B. Morfometría de <i>Anadara tuberculosa</i>	44
Figura 3. Distribución total de la concha prieta (<i>Anadara tuberculosa</i>) ...	45
Figura 4. Anexo extraído del Convenio de Minamata sobre el Mercurio, Texto y Anexos Fuente: ONU – Medio Ambiente, 2019.....	51
Figura 5. Tabla extraída de los Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.	59
Figura 6. Tabla extraída de los Criterios de Calidad de suelo.....	61
Figura 7. Imagen de las zonas principales Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro.....	65
Figura 8. Área de estudio.....	67
Figura 19. Valores promedios de temperatura por cada estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey	72
Figura 20. Valores promedios de pH por cada estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS. Las letras	

iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey. 73

Figura 21. Valores promedios de salinidad por cada estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey. 74

Figura 22. Concentración promedio de Cd en agua superficial por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. LMP: Límite máximo permisible según TULSMA. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS ($n = 3$). Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.005$) y test de Tukey 75

Figura 23. Concentración promedio de Hg en agua superficial por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. LMP: Límite máximo permisible según TULSMA. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS ($n = 3$). Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.005$) y test de Tukey. 76

Figura 24 Concentración total de Cd en sedimentos por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. LMP: Límite máximo permisible según TULSMA. CEQG: Canadian Environmental Quality Guidelines Los resultados obtenidos se presentan como barras

representando la Media \pm DS (n =3). Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía (p<0.005) y test de Tukey. 77

Figura 25. Concentración de Hg en sedimentos por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. LMP: Límite máximo permisible según TULSMA. CEQG: Canadian Environmental Quality Guidelines. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS, (n=3). Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía (p<0.05) y test de Tukey. 78

Figura 26. Concentración total de Cd en Anadara tuberculosa por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. CA: CODEX ALIMENTARIUS. ESFA: AUTORIDAD EUROPEA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA. Los resultados obtenidos se presentan a manera de barras las cuales representan la Media \pm DS (n=3). Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía (p<0.05) y test de Tukey. 80

Figura 27. Análisis de Componentes principales de las distintas variables estudiadas (agua, sedimento, organismo de estudio y parámetros físico – químicos). 82

Figura 10. Parámetros físicos – químicos tomados in situ en las estaciones de muestreo..... 102

Figura 11. Colecta y envasado de muestras de agua superficial. 102

Figura 12. Colecta de muestras de sedimento.....	103
Figura 13. Búsqueda y colecta del organismo de estudio.....	103
Figura 14. Rotulación de muestras.	104
Figura 15. Filtrado de muestras de agua superficial.	104
Figura 16. Secado de muestras de sedimento.....	105
Figura 17. Medición y extracción de <i>Anadara tuberculosa</i> para su posterior análisis.....	106
Figura 18. Espectrofotómetro de absorción atómica.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de bioindicadores.....	39
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la especie <i>Anadara tuberculosa</i> ...	43
Tabla 3. Nombres comunes de <i>A. tuberculosa</i> en América.....	46
Tabla 4. Límites máximos permitidos para sedimentos según la Canadian Environmental Quality Guidelines.....	53
Tabla 5. Contenidos máximos de determinados contaminantes en los productos alimenticios para la Unión Europea.....	54
Tabla 6. Límites máximos permitidos de metales pesados en los alimentos según el Codex Alimentarius.	56
Tabla 7. Coordenadas geográficas (UTM) de los puntos de muestreo por cada estación.....	66

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico, el crecimiento poblacional y la industrialización son factores que contribuyen a que al ambiente ingresen de manera continua un gran número de sustancias tóxicas, las cuales son aquellas formas de materia que exceden las concentraciones naturales en un sistema y causan impactos negativos en el medio ambiente entre estos contaminantes tenemos los halógenos, pesticidas, aceites y grasas, y los denominados metales pesados (Mero, 2010).

Los metales pesados son “elementos tóxicos” que el ser humano no crea ni destruye, sino que son constituyentes naturales de la corteza terrestre (rocas, suelos, sedimentos, erupciones volcánicas, agua, entre otros.). No obstante, el ser humano ha introducido estos elementos como consecuencia de distintas actividades (Moreno, 2003), sobre todo al medio acuático, estuarino y marino y, que según Rosas (2005), llegan a ellos por medio de 3 vías principales: Vía Atmosférica, que se da por la sedimentación de partículas emitidas a la atmósfera por procesos naturales (erupciones volcánicas, incendios forestales) o antropogénicos (principalmente quema de combustible fósiles y procesos de fundición de metales); Vía Terrestre, mediante filtraciones de vertidos de la escorrentía superficial de terrenos contaminados y diversas causas naturales; Vía directa, que se da por vertidos directos de aguas residuales industriales y urbanas a los cauces fluviales.

Así también, se los conoce a los metales pesados (siendo los más conocidos y estudiados: Sb, As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) porque, contrario a diversos contaminantes orgánicos no se eliminan de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales debido a que no son biodegradables, por ello sus concentraciones persisten por los fenómenos físicos, químicos y biológicos presentes en los cuerpos de agua (Förstner y Wittmann, 1981; Dekov et al., 1998; Murray, 1996; Rosas, 2005).

Así mismo, los metales pesados tienen tendencia a formar asociaciones, con sustancias minerales y en mayor grado con sustancias orgánicas mediante fenómenos de intercambio iónico, adsorción, quelación, formación de combinaciones químicas, etc., por lo que llegan a acumularse principalmente en los sedimentos de ríos, lagos y mares, solubilizándose por distintos fenómenos y ser directamente incorporados al hombre, o bien llegan indirectamente hasta él a través de las cadenas tróficas (Förstner y Wittmann, 1981; Dekov et al., 1998; Murray, 1996; Rosas, 2005).

Por otro lado, metales pesados en sedimentos generalmente son más altas que las encontradas en agua, razón por la cual los organismos acuáticos (especialmente las especies filtradoras y organismos plantónicos) están más expuestos a aquellas concentraciones en agua o asociados a partículas, y de igual manera los sedimentívoros y la meiofauna captan los metales al ingerir partículas sedimentarias y las aguas asociadas a los

poros del sedimento (Salomons et al., 1988). De esta manera, llegan peligrosamente a incorporarse a la red trófica para posteriormente bioacumularse en los organismos hasta su biomagnificación, dificultando su eliminación naturalmente (Senior et al., 2014).

Con lo mencionado anteriormente, los moluscos tienen la gran capacidad de acumular una variedad de sustancias químicas como metales pesados y compuestos orgánicos siendo utilizados como centinelas, en especial los bivalvos por su forma de alimentación (filtración) que los absorben muy bien a través de las membranas biológicas y más adelante al grupo sulfhidrido de las proteínas que conforman el molusco, convirtiéndolos así en un riesgo potencial para la salud de los seres humanos (Thomas, 2006; Kimbrough et al., 2008).

Por lo que el presente estudio busca obtener información sobre el contenido de cadmio y mercurio en concha prieta (*Anadara tuberculosa*) mediante espectrofotometría de absorción atómica a través de un laboratorio estandarizado - certificado, con la finalidad de conocer si el recurso se encuentra apto para consumo humano del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En pleno siglo XXI la contaminación ambiental es considerada una de las problemáticas de mayor interés a nivel mundial. De todo el grupo de contaminantes, los metales pesados han recibido mayor atención ya que los mismo poseen alta toxicidad y no son biodegradables, estos llegan a ser tóxicos incluso hasta en bajas concentraciones, todas estas cualidades hacen que estos contaminantes sean acumulados por organismos bioacuaticos y se lleve a cabo un proceso de bioacumulación y biomagnificación (Pernía et al., 2018).

Dentro del conjunto de contaminantes que afectan a los ecosistemas marinos costeros tenemos al cadmio (Cd) y el mercurio (Hg), los cuales se consideran de los más dañinos debido al grado de toxicidad, solubilidad y capacidad de concentrarse e incorporarse en la red trófica. En Ecuador se ha llegado a conocer que la contaminación por Cd afecta en gran parte a los sedimentos de varias áreas manglícolas (Benavides et al., 2018).

Así mismo, no existe evidencia de que el cadmio sea biológicamente esencial o benéfico, ya que se le atribuyen efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos, tanto así que en concentraciones suficientes es tóxico para toda forma de vida, puede desplazar al zinc de algunos de sus sitios activos y competir con el calcio en ciertos sistemas biológicos, y

también puede ser incorporado al hueso, ocupando los sitios de calcio en las apatitas biológicas (Baran, 1995).

Por otro lado, el mercurio puede movilizarse a través del ciclo biogeoquímico natural llevado a cabo en la biósfera mediante procesos por erosión de rocas y minerales, así como arrastre con la escorrentía superficial por suspensión de las partículas húmicas por el agua, por la reducción química o biológica a mercurio elemental o puede viajar en una matriz orgánica (Palacios, 2008).

Es por eso que, en Ecuador se han realizado estudios basados en estos metales pesados para conocer su incidencia y afectación a los organismos acuáticos, como el desarrollado por: Alcívar y Mosquera (2011), que encontraron que la sola presencia de estos metales en cualquier sustrato u organismo tiene significancia ambiental y ecológica, y a su vez registraron altas concentraciones de Cd y Pb en el gasterópodo *Cerithidea valida* que pueden poner en riesgo a la especie, así como también a otras especies existentes en el área.

También, Jiménez (2012), encontró que la especie de bivalvo *Crassostrea columbiensis* es capaz de acumular Cd, Cr, Ni y Pb.

Kuffó (2013), identificó que existen elementos como el Cd y Pb en el Estero Salado (Guayaquil), y que la especie *Mytella strigata*, acumula dichos metales según sus edades ya que el proceso de acumulación de Cd no importa la edad o talla del molusco, no así el Pb.

Rodríguez (2013) y Castro (2017), realizaron sus estudios en la misma zona, encontrando que *Mytella guyanensis* es capaz de acumular Cd, Ni y Pb en sus tejidos, pudiendo ser utilizada como un organismo bioindicador de contaminación por metales pesados.

Tobar, Ramírez – Muñoz, Fermín y Senior (2017), determinaron concentraciones de Pb, As, Cd y Hg en los moluscos bivalvos *Anadara similis* y *A. tuberculosa* del estero Huaylá (El Oro – Ecuador), concluyendo que ambas especies de moluscos superan los límites máximos permisibles por las Normas Internacionales. Las tallas más pequeñas (3-4 cm) de *A. tuberculosa* posee la capacidad de bioacumular mayor cantidad de Pb, Hg y Cd, mientras *A. similis* mostró su mayor concentración de Pb en su talla más pequeña (4-5 cm).

Dicho esto, el presente estudio se desarrolla para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ya que es fundamental garantizar una vida saludable y promover el bienestar universal (Objetivo 3). El PNUD apoya a los gobiernos, al sector privado y a otros asociados para reducir o preferiblemente eliminar el uso del mercurio, cadmio y de productos que lo contienen y minimizar sus liberaciones para, en fin, de cuentas proteger la salud de los seres humanos y del medio ambiente.

También, se realizó de acuerdo con el Art. 13 de la Constitución de la República del Ecuador del 2008: “Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes, nutritivos; y preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales”. Así como, en el Eje 1 del Objetivo 3 del Plan Nacional del Buen Vivir al cual menciona dentro de las políticas; “Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental, insular y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013).

Además, el Código orgánico del ambiente (2017), en su capítulo I, título II de los derechos, deberes y principios ambientales en su artículo n°5 hace énfasis en el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente

equilibrado, mencionando el manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como es el caso de los manglares y ecosistemas marinos-costeros, que es hábitat de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*).

3. JUSTIFICACIÓN

Los factores principales que inciden en el ingreso de los metales pesados en los organismos acuáticos es: el pH, la salinidad, las propiedades físicas y químicas del lugar y del metal, factores ambientales, la especie y su ciclo de vida. La ingesta de metales pesados por los organismos acuáticos depende del hábitat y hábitos alimenticios. Las especies filtradoras y organismos planctónicos están más expuestos a los metales pesados disueltos en agua o asociados a partículas

De todos los metales pesados, el cadmio posee una movilidad y dispersión ambiental muy elevada por la relativa solubilidad de sus sales e hidróxidos que lo convierten en un contaminante cosmopolita que causa un gran impacto ambiental (Ruíz, 2003). Además, reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico: 1. Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente; 2. Bioacumulación; 3. Persistencia en el medio ambiente; 4. Viaja grandes distancias con el viento y en los cursos de agua. Por otra parte, la mayor concentración de mercurio, así como su contaminación se ha constatado en especies acuáticas tanto de agua dulce como marina por su tendencia a transformarse a partir de su forma inorgánica o su forma orgánica como metil mercurio que puede ingresar al tejido biológico como consecuencia, se genera una bioacumulación de esta

forma química produciendo bioconcentraciones y una biomagnificación a lo largo de la cadena trófica.

Por otro lado, los bivalvos han permitido evaluar posibles riesgos para la salud, particularmente cuando han sido expuestos a altas concentraciones de metales pesados que puede llevar a la muerte de los consumidores, así como sus efectos a largo plazo cuando la exposición ha sido a concentraciones muy bajas en periodos prolongados como por ejemplo las especies *Anadara tuberculosa* y *A. grandis* que son capaces de acumular cadmio (elemento que tuvo mayor concentración entre las dos especies objetos de estudio) y plomo en sus tejidos, lo que los hace útiles como organismos bioindicadores de contaminación por metales por lo que no debemos exceder el consumo de estos organismos en la dieta diaria.

Por lo antes expuesto el presente trabajo tendrá por finalidad determinar cadmio y mercurio mediante el estudio de concentraciones en *Anadara tuberculosa* (especie de interés de consumo local) para poder conocer si existe un posible riesgo potencial hacia la salud de quienes la consuman cuando está contaminada por metales pesados (Cd y Hg) del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro (REVISMEM).

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Determinar las concentraciones de cadmio y mercurio en concha prieta (*Anadara tuberculosa*), sedimento y agua analizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica a través de un laboratorio estandarizado - certificado, con la finalidad de conocer si el recurso se encuentra apto para consumo humano del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro.

4.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la concentración de cadmio y mercurio en agua y sedimento de las muestras obtenidas en el área de estudio.
- Analizar la concentración de cadmio y mercurio del tejido blando en concha prieta (*Anadara tuberculosa*) para conocer si está apta para consumo humano.
- Correlacionar las concentraciones de cadmio y mercurio en agua, sedimento y el organismo de estudio (*Anadara tuberculosa*) obtenidas de las diferentes estaciones de muestreos con los parámetros físico – químicos (pH, temperatura, salinidad).

5. HIPÓTESIS

Podría existir concentraciones de Cd y Hg en agua y sedimentos en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, que podrían estar siendo acumulados por la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) afectando así al recurso y al entorno.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Metales Pesados

Los metales pesados son elementos que bajo condiciones biológicas pueden transformarse inutilizando uno o más electrones para formar un catión. Además, poseen pesos atómicos entre 63.546 y 299.590 con una gravedad específica mayor a 4.0, y con tendencia a bioacumularse, es decir aumenta su toxicidad dentro de un organismo biológico en un cierto periodo de tiempo (Ramírez, 1999; Cornelis y Nordberg, 2007; Londoño, 2016).

Peris (2006), menciona que los metales según su presencia se pueden agrupar en tres distintas clases y en especial a los metales pesados los considera como un grupo tóxico: As, Hg, Cd, Zn, Pb, Tl, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Se y Sn. Igualmente, por su toxicidad se los puede subdividir en dos clases: a) Metales de transición: Co, Fe, Cu, Mn y Zn, estos son fundamentales para el metabolismo en minúsculas concentraciones, pero que tienden a ser tóxicos en concentraciones no permisibles; b) Metales o metaloides: Pb, Cd, Hg, As, Cr, Se y Sn, los cuales no son requeridos para el metabolismo y son latentemente tóxicos aun en bajas concentraciones (Osuna, 2005).

Debido a esto, los metales pesados en los recursos hídricos llegan a comprometer la seguridad alimentaria y salud pública a nivel local y sobre todo global. Estos elementos (incluyendo a los metaloides) causan severos daños a los ecosistemas y a la salud humana al ser altamente persistente por lo que se debe llevar un constante monitoreo que permita favorecer los planes de acción conducentes a tareas de mitigación y remediación (Yianatos y Peralta, 2016; Reyes et al., 2016).

Así mismo, su biodisponibilidad y toxicidad están fuertemente asociados con la distribución de las especies en las fases sólida y líquida de los cuerpos de agua, y al liberarse en el sedimento origina fenómenos graves en parámetros fisicoquímicos del medio acuático como: decrecimiento de oxígeno disuelto y potencial redox, disminución en el pH, acrecentamiento en la mineralización y en la concentración de materia orgánica (Mandelli, 1979; Linnik y Zubenko, 2000).

6.2. Cadmio y Mercurio metales pesados objeto de estudio

6.2.1. Características generales del Cadmio

El cadmio (Cd), elemento metálico de número atómico 48 y masa atómica 112,41, comparte muchas propiedades físicas y químicas con el mercurio (Hg) y el zinc (Zn) formando así el grupo 12 en la tabla periódica. Su presencia natural en el medio ambiente se debe principalmente a

actividades volcánicas, incendios forestales y a la erosión de las rocas (Madeddu, 2005; Ramírez 2016).

Sin embargo, se conoce que mayoritariamente proviene especialmente de fuentes antropogénicas siendo las siguientes (Cabot, Poschenrieder y Barcelo, 1988):

- Emisiones al aire de incineradoras, al quemar combustibles fósiles, fundiciones metálicas (Zn, Pb, Cu) y de las industrias relacionadas con la manufactura de aleaciones, pinturas por su resistencia a la corrosión, baterías y estabilización de plásticos.
- Utilización en la agricultura de lodos, fertilizantes y pesticidas que contengan cadmio.
- La combustión de carburantes fósiles.

6.2.1.1. *Cadmio y sus efectos en el medio ambiente y en los organismos*

Ramírez (2016), menciona que el Cd ha sido detectado en más de 1000 especies de flora y fauna, tanto acuática como terrestre, y que al parecer los organismos marinos son menos sensibles a la toxicidad del cadmio disuelto que los organismos de estuario o de agua dulce.

Probablemente, el cadmio es el metal de los más biotóxicos que existen ya que cuando se absorbe a través de la ingesta o por agua, puede dañar el

riñón, pulmón, esqueleto, testículos y sistema nervioso central (Chang y Cockerham, 1994). En anfibios se sabe ha provocado reducción en la metamorfosis, y en reptiles se conoce que reduce la hormona tiroidea (Burger, 2008).

El cadmio en los insectos se reporta la activación de enzimas antioxidantes produciendo especies reactivas de oxígeno generando daños en las membranas celulares (Lijun et al., 2005).

En los peces, se han reportado diversos efectos tóxicos como la reducción significativa de su actividad natatoria, aberraciones cromosómicas, núcleos anormales de células rojas, morfología anormal de la esperma, exoftalmia, hipersecreción mucosa, opacidad de la córnea, hemorragia en los ojos y opérculo, cambios en la pigmentación de la piel, asfixia, deshilachamiento de las aletas y acumulación de líquido en la cavidad abdominal y disminución del hematocrito y de la concentración de hemoglobina y, finalmente en diversos organismos acuáticos, así como muchos vertebrados produce hipocalcemia, es decir inhibe la ingestión del calcio en el agua (Ramírez, 2016).

Se han estudiado los efectos del cadmio en mamíferos (ratas y ratones) que al ser expuestos presentaron necrosis hemorrágica en testículos, interferencia a nivel endocrino, toxicidad sobre las mitocondrias de células

hepáticas y cáncer (Sato et al., 1978; Waalkes et al., 1999; Henson y Chedrese, 2004).

En el ser humano, el cadmio tiene una baja tasa de excreción, y por lo tanto llega a acumularse en la sangre, el hígado, ovarios, testículos y los riñones, ingresando a través de la ingesta de alimentos y el cigarrillo (cuando existe acumulación de cadmio en la planta del tabaco). Además, el cadmio se lo asocia con un incremento en la incidencia de enfermedades renales, hipertensión, anemia, osteoporosis, diabetes, anosmia, rinitis crónica, eosinofilia, leucemia y otros diversos tipos de cáncer: riñón, mama, páncreas, pulmones y próstata (Ramírez, 2016).

6.2.2. Características generales del Mercurio

El mercurio es un metal pesado plateado, inodoro, mal conductor del calor, pero no de la electricidad, líquido ligeramente volátil a temperatura ambiente, pesado y en estado sólido es de color blanco. Se localiza en la corteza terrestre en mixtura con azufre, es aquí que a partir de este mineral se consigue específicamente el mercurio metálico (Osores et al., 2010; Rivera y Valencia, 2013; Cortés, 2017).

El mercurio puede vincularse con otros compuestos como mercurio monovalente o divalente, constituyendo muchos compuestos orgánicos e

inorgánicos de mercurio, y también, se fusiona sencillamente con otros metales como el oro o plata provocando amalgamas (Osores et al., 2010; Rivera y Valencia, 2013; Cortés, 2017).

Es insoluble en agua y soluble en ácido nítrico, es decir cuando acrecienta su temperatura provoca vapores tóxicos y corrosivos, más pesados que el aire. El Hg también se puede combinar con el carbono para formar compuestos de Hg orgánicos (Cornelis y Nordberg, 2007).

El metilmercurio, el producto más comúnmente conocido, es producido principalmente por organismos microscópicos en el suelo y en el agua, haciendo que mientras mayor es la cantidad de Hg en el medio ambiente, mayor es la cantidad de metilmercurio que estos organismos producen. Además, al calentarlo se transforma en un gas inodoro e incoloro, llegándose a combinar con el cloro, el azufre o el oxígeno para formar compuestos de Hg inorgánicos o “sales” (Martínez, 2000).

6.2.2.1. *Mercurio y sus efectos en el medio ambiente y en los organismos*

La toxicidad del mercurio depende del estado en que se encuentre los componentes inorgánicos del mismo, así mismo son menos peligrosos que los compuestos órgano-mercuriosos, los cuales presentan una mínima eliminación urinaria. Así mismo, las fuentes de intoxicación en el ser humano más habituales se encuentran en ciertos alimentos, como los

mariscos, el atún, los cuales acumulan el mercurio naturalmente de entornos marinos contaminados por dicho metal; otras fuentes posibles de intoxicación son ciertos insecticidas, plásticos, los colores de impresión (Orozco, Gonzales, Rodríguez y Alfayate, 2003; Ordoñez, 2015).

De igual modo, existen numerosos factores que ayudan a la incidencia de la toxicidad del Hg, como son: la dureza, el oxígeno disuelto (O.D.), la concentración de cloruros, la temperatura y el pH, siendo este último que al aumentarse puede también aumentar la incorporación de Hg en peces e invertebrados, proceso que también es favorecido por la presencia de materia orgánica (Ordoñez, 2015).

En peces, el contenido de Hg no depende de la presencia de grasa sino más bien de su nivel trófico, tamaño y edad, es decir que el mayor contenido de Hg se encuentra en los grandes predadores (biomagnificación) (Pezo, 1992; Ordoñez, 2015).

El ser humano y otros organismos pueden sufrir alteraciones según: la forma química, vulnerabilidad, vía de exposición y cantidad y vulnerabilidad que pueden estar expuestos a este metal pesado principalmente afectando peligrosamente al sistema nervioso (Laino et al., 2015). También, El Hg al estar como vapor se implementa en los pulmones de manera leve, aunque de forma acuosa se absorbe por la vía gastrointestinal debido a su

liposolubilidad propagándose hacia los tejidos traspasando la barrera hematoencefálica y la placenta del bebé en formación, quedando luego retenido en los glóbulos rojos, sistema nervioso central (SNC) y riñones (Boy, 2015).

6.3. Moluscos como bioindicadores

El monitoreo biológico se basa principalmente en organismos que permitan estudiar de manera regular y sistemática el efecto de un contaminante en un ecosistema en un tiempo determinado, permitiendo determinar la calidad ambiental ya que no es costoso y permite confiabilidad en la medición de la contaminación atmosférica (Hawksworth et al., 2005; Noriega et al., 2008), de esta manera permite escoger los llamados bioindicadores, que son organismos que tienen la capacidad de acumular sustancias (bioacumulación) y ayudan a conocer el estado de un área específica en cuanto a contaminación (Tabla 1) (Capó, 2002).

Tabla 1. Tipos de bioindicadores

Criterio	Tipos de bioindicadores
Grado de sensibilidad	<ul style="list-style-type: none">• Muy sensibles• Sensibles• Poco sensibles• Resistentes
Forma de respuesta	<ul style="list-style-type: none">• Detectores• Exploradores• Centinelas• Acumuladores• Organismos test o bioensayo
Posibilidad de medida	<ul style="list-style-type: none">• Bioindicadores en sentido estricto• Biomonitores (por reacciones manifiestas, por acumulación)• Biomonitores: Pasivos (Naturales) y Activos (Trasplantes).

Fuente: Capó, 2002

Sin embargo, según Phillips y Rainbow (1993), un bioindicador ideal tiene ciertos requisitos:

- Abundantes
- Ser sedentario
- Fácil identificación
- Poder muestrearlos durante todo el año
- Aclimatables a condiciones experimentales.

La tolerancia y adaptabilidad de los moluscos, así como las características nombradas anteriormente hace que bivalvos cumplan los requisitos

principales como indicadores preferidos en el monitoreo de la presencia de contaminantes y nos ayuden a conocer la calidad de los ecosistemas. Así mismo, estos organismos suelen almacenar sustancias disueltas en agua o suspendidas debido a que son filtradores, por lo cual siguen siendo ideales para utilizarlos como bioindicadores (Baqueiro et al., 2007; Bitter et al., 2019).

6.3.1. Bivalvos

Los bivalvos pertenecen al filo Mollusca, un grupo que incluye animales tan diversos como los quitones, gasterópodos, colmillos de mar y cefalópodos (calamar y pulpo), así como la almeja, la ostra, el mejillón y la vieira. Tiene seis clases, una de las cuales es la de los Lamelibranquios o Bivalvos, comprimidos lateralmente y las partes blandas del cuerpo están completa o parcialmente recubiertas por la concha, que está formada por dos valvas unidas por una charnela de igual o diferente tamaño y que pueden o no cerrarse completamente sobre las partes blandas del interior. Tienen un sinnúmero de formas y colores según la especie de la que se trate. Las valvas están formadas principalmente de carbonato cálcico y tienen tres capas; la capa interna o nacarada, la capa intermedia o brillante que forma la práctica totalidad de la concha, y la capa externa o periostraco, una capa pardusca y áspera que los animales más viejos suelen perder debido a la abrasión o al desgaste (FAO, 2006). Las branquias o ctenidios de los animales de esta

clase son órganos bien desarrollados y especializados para la alimentación, así como para la respiración. No tienen cabeza ni cola bien definidas, aunque se emplean los mismos términos anatómicos que se usan para describir estas partes en otros animales. El umbo o zona de la charnela, donde se unen las valvas, es la parte dorsal del animal, y la región en el lado opuesto es el margen ventral. En especies que cuentan con sifones (almejas), el pie se encuentra en posición anterior-ventral y los sifones en la zona posterior. En las ostras la zona anterior está en la charnela y en las vieiras se encuentra dónde están localizados la boca y el pie rudimentarios. (Figura 1) (FAO, 2006).

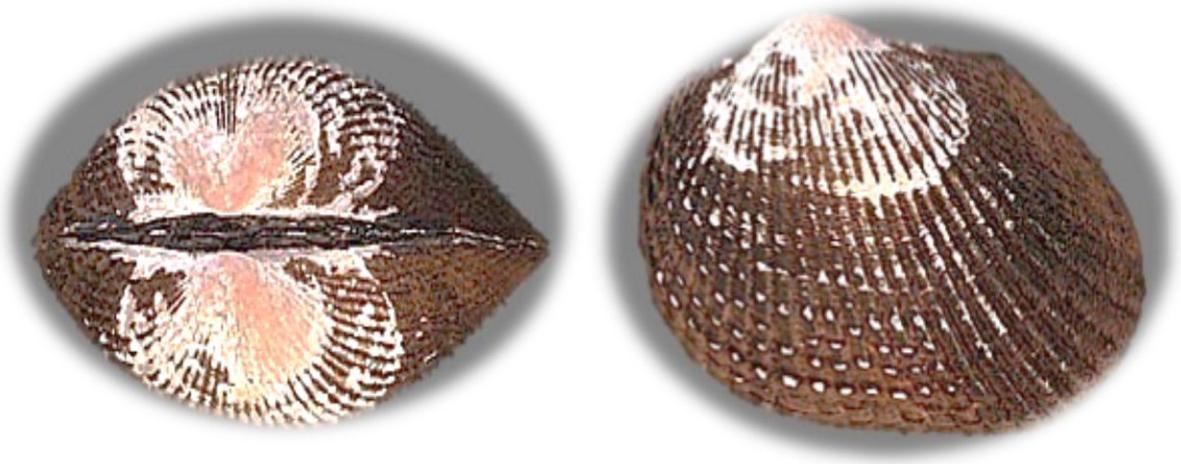


Figura 1. Ilustración sobre *Anadara tuberculosa*
Fuente: Cruz & Jiménez, 1994.

Las partes blandas de los bivalvos están recubiertas por el manto, compuesto de finas fundas de tejido de bordes más gruesos. Las dos mitades del manto están unidas a la concha por la charnela en posición

ventral respecto de la línea paleal, pero sueltas en los bordes. Los bordes engrosados pueden o no estar pigmentados y tienen tres pliegues. El borde del manto suele tener tentáculos, que en la almeja se encuentran localizados en las puntas del sifón (Blacio, 2002; FAO, 2006).

Los bivalvos se alimentan principalmente de organismos vegetales microscópicos llamados fitoplancton. En los juveniles y adultos, los ctenidios, o branquias, están bien desarrollados y ejercen la doble función de alimentación y respiración y están cubiertos de cilios (diminutos filamentos vibradores) cuyos latidos concertados, y a menudo coordinados, inducen una corriente de agua (filtración) ayudando a su alimentación haciendo que también sean acarreadores reconocidos de microorganismos patógenos (virus y bacterias), concentrando aquellos microorganismos presentes en su hábitat natural (Samaniego, 2013).

6.3.1.1. *Concha Prieta (Anadara tuberculosa), organismo de estudio*

Concha negra o *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833), especie de bivalvo de concha grande, equivalva de forma oblicua – ovalada con margen dorsal angulado con 34 – 37 costillas radiales y nudos dispersos sobre el lado anterior.

Posee un color blanquecino externo revestido de un periostraco café oscuro provista de finas cerdas entre las costillas con una cara interna blanca y piloso. Umbos anchos frecuentemente erosionados y prominentes, su cara

interna es blanca con tonos rosados debajo de la charnela y borde crenulado. El tamaño promedio en longitud es de 58.0 mm de altura y 44.5 mm de altura. Los nódulos o tubérculos de las costillas son la razón del nombre de la especie. Su área cardinal es angosta (Tabla 2) (Figura 2) (Ardila, 2002; Aguilar, 2005; Mite, 2009; Ramírez y Álvaro, 2009; Rusell y Ainsworth, 2013).

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la especie *Anadara tuberculosa*

Reino	Animalia
Filo	Mollusca
Clase	Bivalvia
Orden	Arcoida
Familia	Arcidae
Género	Anadara
Especie	<i>Anadara tuberculosa</i>

Fuente: Aguilar, 2005.

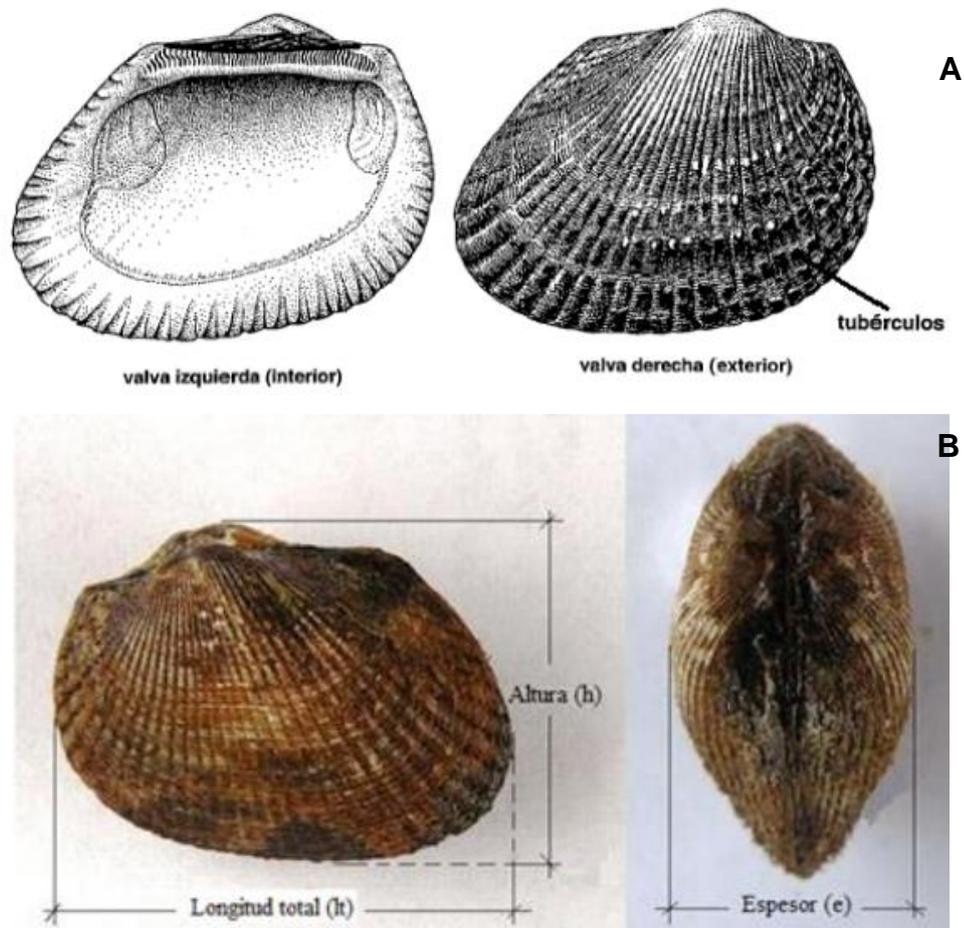


Figura 2. A. Vista exterior e interior de *Anadara tuberculosa* mostrando los tubérculos. **B.** Morfometría de *Anadara tuberculosa*.

Fuente: Prado – Carpio et al., 2021.

Vive en zonas de intermareas y en aguas sublitorales poco profundas sobre bancos de arena o fondos fangosos de área de manglares, siendo los sustratos fangosos (arcilloso y limo arcilloso), entre las enmarañadas raíces del manglar, especialmente de *Rhizophora mangle*, *R. harrisoni* y *Pelliciera rhizophorae* su hábitat preferido al haber más disponibilidad de nutrientes ya que los organismos filtran la materia orgánica para su alimentación (OSPESCA, 2018; Siguenza, 2016; Prado – Carpio, 2021).

El intervalo de temperaturas en las zonas donde se desarrolla se encuentra entre los 17°C y los 27 °C y en mangles pantanosos desde los 20.5 °C a 35 °C, en cuanto a salinidad los límites están entre los 30 – 40 ‰ (Cabanilla, 2010).

La especie se distribuye desde Laguna ballena en Baja California - México hasta Tumbes- Perú (Tabla 3). En Ecuador esta especie se encuentra distribuida por todo el perfil costero (Provincia de Esmeraldas – Golfo de Guayaquil (Mora, 2002; Samaniego, 2013) (Figura 3).

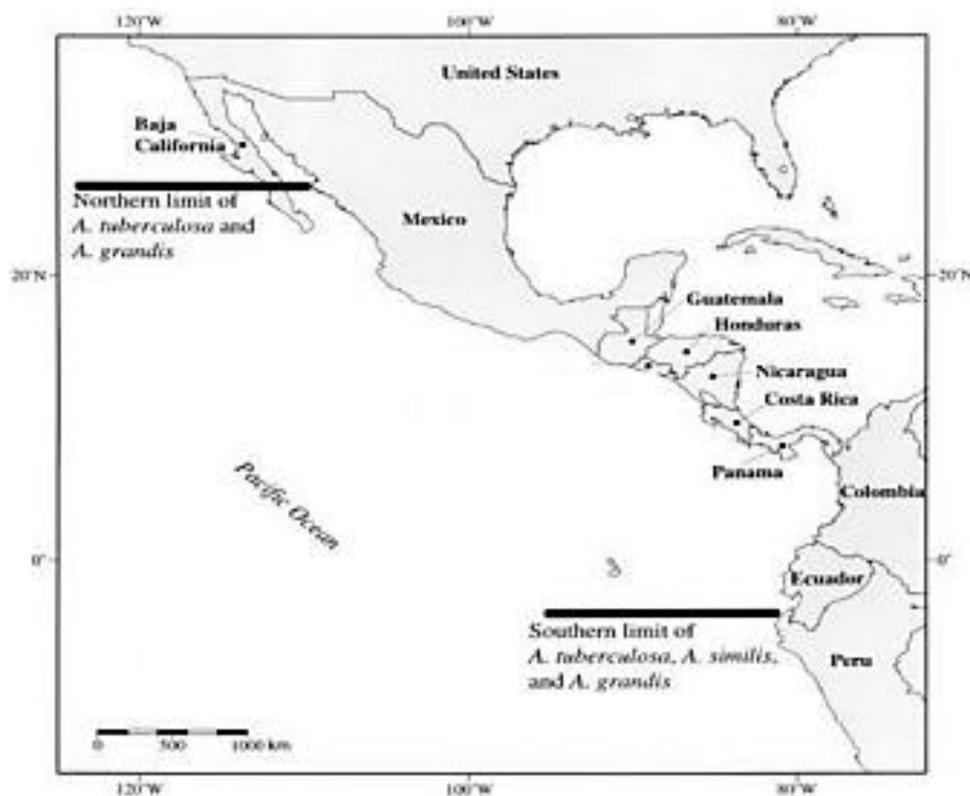


Figura 3. Distribución total de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*)
Fuente: Samaniego, 2013

Tabla 3. Nombres comunes de *A. tuberculosa* en América

Ecuador	Concha prieta, concha hembra
Perú y Nicaragua	Concha negra
Salvador y Honduras	Curil
Panamá	Chucheca
México	Pata de mula
Colombia y Costa Rica	Piangua
Guatemala	Concha de burro

Fuente: Prado – Carpio et al., 2018.

En Ecuador, esta especie representa una gran actividad económicamente importante dentro de la pesquería artesanal, y de gran demanda en el ámbito nacional e internacional, desarrollándose principalmente en los ecosistemas manglares de la provincia de Esmeraldas (Palma Real, San Lorenzo, Limones, Muisne), de Guayas (Puerto El Morro e Isla Puná) y el Oro (Archipiélago de Jambelí) (Mora y Moreno, 2004). Su recolección es de carácter artesanal de subsistencia, sin planificación al ser de libre ingreso y sin el debido control a la veda extractiva ya que existen registros de captura de tallas por debajo de los 45 mm de longitud total, generando una mayor presión del recurso en los últimos años. Además, su captura se realiza influenciada con el comportamiento de las mareas (baja mar), con el tiempo efectivo de pesca de 4 a 6 horas, y a su vez está relacionado con los períodos de máximas (aguaje, puja) y mínimas (quiebra) mareas. Los períodos de máximas mareas son óptimos para la recolección, porque las

áreas de extracción se mantienen por más tiempo libre de inundación (Moreno, 2008; Yáñez, 2012).

6.4. Marco Legal

6.4.1. Constitución de la República del Ecuador.

Para el presente estudio fue necesario tomar de la Constitución de la República del Ecuador del 2008 el Artículo 13 el cual menciona que: “Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes, nutritivos; y preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales”.

Así mismo, se basó de acuerdo al Eje 1 del Objetivo 3 del Plan Nacional del Buen Vivir al cual menciona dentro de las políticas; “Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental, insular y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013).

6.4.2. Convenio de Minamata sobre el mercurio

El Convenio de Minamata en Ginebra (Suiza) es el primer acuerdo ambiental mundial negociado en el siglo XXI, refleja un enfoque innovador e integral y aborda la cuestión del mercurio a lo largo de su ciclo de vida, desde su extracción hasta su gestión como desecho tomando como base las disposiciones de los Convenios de Basilea, Estocolmo y Rotterdam constituyendo un régimen mundial amplio para la gestión racional de los productos químicos y los desechos peligrosos (ONU, 2019).

Las Partes en el presente Convenio, reconocen que el mercurio es un producto químico de preocupación mundial debido a su transporte a larga distancia en la atmósfera, su persistencia en el medio ambiente tras su introducción antropógena, su capacidad de bioacumulación en los ecosistemas y sus importantes efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente. El objetivo del presente Convenio es proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio (ONU, 2019).

Para el presente trabajo de titulación se ha tomado en cuenta dentro de este convenio al Artículo 12: Sitios contaminados por Mercurio, en donde se establece que:

1) Toda medida adoptada para reducir los riesgos que generan esos sitios se llevará a cabo de manera ambientalmente racional incorporando, cuando proceda, una evaluación de los riesgos para la salud humana y el medio ambiente derivados del mercurio o de los compuestos de mercurio que contengan.

2) La Conferencia de las Partes aprobará orientaciones sobre la gestión de sitios contaminados, que podrán incluir métodos y criterios en relación con:

a) La identificación y caracterización de sitios;

b) La participación del público;

c) La evaluación de los riesgos para la salud humana y el medio ambiente;

d) Las opciones para gestionar los riesgos que plantean los sitios contaminados; e) La evaluación de los costos y beneficios; y

f) La validación de los resultados.

3) Se alienta a las Partes a cooperar en la formulación de estrategias y la ejecución de actividades para detectar, evaluar, priorizar, gestionar y, según proceda, rehabilitar sitios contaminados.

Así también, al Artículo 19: Investigación, desarrollo y vigilancia sobre el mercurio, que dicta lo siguiente:

1) Las Partes se esforzarán por cooperar, teniendo en consideración sus respectivas circunstancias y capacidades, en la elaboración y el mejoramiento de:

a) Los inventarios del uso, el consumo y las emisiones antropógenas al aire, y de las liberaciones al agua y al suelo, de mercurio y compuestos de mercurio;

b) La elaboración de modelos y la vigilancia geográficamente representativa de los niveles de mercurio y compuestos de mercurio en poblaciones vulnerables y el entorno, incluidos medios bióticos como los peces, los mamíferos marinos, las tortugas marinas y los pájaros, así como la colaboración en la recopilación y el intercambio de muestras pertinentes y apropiadas;

c) Las evaluaciones de los efectos del mercurio y los compuestos de mercurio para la salud humana y el medio ambiente, además de los efectos sociales, económicos y culturales, especialmente en lo que respecta a las poblaciones vulnerables;

d) Las metodologías armonizadas para las actividades realizadas en el ámbito de los apartados a), b) y c) precedentes;

e) La información sobre el ciclo ambiental, el transporte (incluidos el transporte y la deposición a larga distancia), la transformación y el destino del mercurio y los compuestos de mercurio en un conjunto de ecosistemas, teniendo debidamente en cuenta la distinción entre las emisiones y

liberaciones antropógenas y naturales de mercurio y la nueva movilización de mercurio procedente de su deposición histórica;

f) La información sobre el comercio y el intercambio de mercurio y compuestos de mercurio y productos con mercurio añadido; y

g) La información e investigación sobre la disponibilidad técnica y económica de productos y procesos que no utilicen mercurio, y sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para reducir y monitorizar las emisiones y liberaciones de mercurio y compuestos de mercurio (Figura 4).

Anexo D

Lista de fuentes puntuales de emisiones de mercurio y compuestos de mercurio a la atmósfera

Categoría de fuente puntual:

Centrales eléctricas de carbón;

Calderas industriales de carbón;

Procesos de fundición y calcinación utilizados en la producción de metales no ferrosos¹;

Plantas de incineración de desechos;

Fábricas de cemento clinker.

Figura 4. Anexo extraído del Convenio de Minamata sobre el Mercurio, Texto y Anexos
Fuente: ONU – Medio Ambiente, 2019.

6.4.3. Normativas Canadienses sobre Sedimentos para la protección de la Vida Acuática (CEQG)

El gobierno canadiense en 1995 publica una guía para la protección acuática donde se menciona que evaluar la calidad de los sedimentos es un importante foco de atención en la evaluación ambiental, la protección y la gestión de los ecosistemas acuáticos. Históricamente, las actividades relacionadas con la calidad del agua estaban motivadas por la preocupación por la salud humana, pero la atención se ha desplazado en los últimos años hacia la protección de otros componentes del ecosistema y otros usos del agua. Estos usos del agua incluyen la vida acuática de agua dulce y marina, las actividades recreativas y la estética, el riego y el riego del ganado, y el suministro de agua industrial.

El gobierno canadiense sugiere mayoritariamente el uso complementario para evaluar la calidad de los sedimentos a través de sus normativas para la calidad de los sedimentos para la protección de la vida acuática, las cuales fueron elaboradas a partir de la información científica disponible sobre los efectos biológicos de las sustancias químicas asociadas a los sedimentos.

El objetivo de estas herramientas es orientar a los organismos provinciales, federales, territoriales y no gubernamentales que participan en la protección, evaluación y gestión de la calidad de los sedimentos,

proporcionando una revisión científica de la información toxicológica existente sobre una sustancia química, que puede utilizarse para apoyar el establecimiento de objetivos de calidad de los sedimentos para proteger la vida acuática, que se desarrollan para reflejar una serie de consideraciones específicas de un área específica (Tabla 4).

Tabla 4. Límites máximos permitidos para sedimentos según la Canadian Environmental Quality Guidelines

Metales Pesados	Unidad	Valores guía para sedimentos
Bario	mg/kg	No se especifica valor
Arsénico	mg/kg	5.9
Cadmio	mg/kg	0.6
Cromo	mg/kg	37.3
Plomo	mg/kg	35.0
Mercurio	mg/kg	0.17
Níquel	mg/kg	No se especifica valor
Zinc	mg/kg	123

Fuente: CEQG, 1995

6.4.4. Normativa Europea: Contenido máximo de metales pesados en productos alimenticios

Los alimentos deben ser regularizados hoy en día debido a que así se podría evitar agentes contaminantes, como los metales pesados, que puedan introducirse en la cadena trófica y afectar la salud de quienes los consumen. Debido a esto, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) en el 2019 ha dispuesto que dichos los productos sean adecuados

para el consumo humano, regulándolos mediante límites máximos aplicables (Tabla 5).

Tabla 5. Contenidos máximos de determinados contaminantes en los productos alimenticios para la Unión Europea.

Metal Pesado	Productos alimenticios	Contenidos máximos (mg/kg peso fresco)
Cadmio	Moluscos bivalvos	1,0
Mercurio	Productos de la pesca en general (comprende marisqueo y acuicultura)	5.9

Fuente: EFSA, 2019

6.4.5. Codex Alimentarius

El Codex Alimentarius, o “Código Alimentario”, es un conjunto de normas, directrices y códigos de prácticas aprobados por la Comisión del Codex Alimentarius. La Comisión de 1963, conocida también como CAC, constituye el elemento central del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias y fue establecida por la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) con la finalidad de proteger la salud de los consumidores y promover prácticas leales en el comercio alimentario.

Gracias a esto, en 1995 se publica los principios recomendados por el Codex Alimentarius en relación con los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos; se indican también los niveles máximos y planes de muestreo relacionados de los contaminantes y las sustancias tóxicas naturales que se encuentran en los alimentos y piensos que, por recomendación de la Comisión del Codex, deben aplicarse a los productos que circulan en el comercio internacional.

Esta norma comprende únicamente niveles máximos de contaminantes y sustancias tóxicas naturales que se encuentran en los alimentos y piensos en los casos en que el contaminante puede ser transferido al alimento de origen animal y que pueden ser pertinentes para la salud pública (Tabla 6).

Tabla 6. Límites máximos permitidos de metales pesados en los alimentos según el Codex Alimentarius.

Nombre producto	mg/kg	Observaciones del Codex
Moluscos marinos bivalvos	2.0 (Cd) No límite (Hg)	Excluidas las ostras y vieiras
Pescado	No Límite (Cd) 0,5 (Hg)	Excepto los peces depredadores. Los límites de referencia se han establecido para el metilmercurio en los pescados o productos pesqueros frescos que son objeto de comercio internacional.

Fuente: Codex Alimentarius, 1995

6.4.6. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente – Ecuador (TULSMA).

El TULSMA en el Anexo 1 del libro VI del año 2015 se pronuncia hasta la actualidad con una norma de calidad y de descarga de efluentes del recurso agua y que tiene como objetivo principal proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Está dictada

bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y establece: a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado; b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y, c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Dicho esto, el presente trabajo toma en cuenta dentro de la normativa ambiental vigente los Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios ya que dichas normativas se emplean en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura (Figura 5).

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	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
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Clorofenoles		mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs	Concentración total de PCBs.	mg/l	0,001	0,001	0,001

Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1

Figura 5. Tabla extraída de los Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Fuente: TULSMA, 2015.

De igual manera, dentro del TULSMA existe Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados que se encuentra en el Anexo 2 del Libro VI, la cual es una norma técnica ambiental vigente dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental con el objetivo principal de preservar o conservar la calidad del suelo para salvaguardar y preservar la integridad

de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Por lo que, el presente estudio ubica los criterios de calidad de suelo y criterios de remediación para conocer los valores de fondo aproximados o límites analíticos de detección de un contaminante en el suelo (Figura 6).

Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	Suelo
Relación de Adsorción de Sodio (Índice SAR)		4*
Parámetros Inorgánicos		
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	5
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	30
Cromo Total	mg/kg	20
Cromo VI	mg/kg	2.5
Cianuro (libre)	mg/kg	0.25
Estaño	mg/kg	5
Flúor (total)	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	2
Níquel	mg/kg	20
Plomo	mg/kg	25
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	25
Zinc	mg/kg	60
Parámetros Orgánicos		
Benceno	mg/kg	0.05
Clorobenceno	mg/kg	0.1
Etilbenceno	mg/kg	0.1
Estireno	mg/kg	0.1
Tolueno	mg/kg	0.1
Xileno	mg/kg	0.1
PCBs	mg/kg	0.1
Clorinados Alifáticos (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorobencenos (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hexaclorobenceno	mg/kg	0.1
hexaclorociclohexano	mg/kg	0.01
Fenólicos no clorinados (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorofenoles (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	mg/kg	0.1

Figura 6. Tabla extraída de los Criterios de Calidad de suelo.
Fuente: TULSMA, 2015.

7. METODOLOGÍA

7.1. Área de estudio

La historia de la parroquia “El Morro” no está bien definida debido a la falta de documentos oficiales y escasa literatura sobre el tema. Sin embargo, existen textos que nos hacen referencia sobre su fundación entre 1653 - 1654 y a su vez otros textos afirman que la fundación data de 1735, pero todos coinciden que lo realizaron indios llegados de Chanduy (Delgado, 2015).

Después, bajo la presidencia del General Juan José Flores, mediante decreto Legislativo apoyado en el Artículo 1 autorizaba al Poder Ejecutivo a formar circuitos de dos o más cantones que se comuniquen fácilmente, creándose el Circuito Cantonal Del Morro y Santa Elena, siendo esta última la cabecera cantonal, y ese mismo año se hace una división territorial de la provincia del Guayas, sus cantones y parroquias según la Ley de 1835. Actualmente, se ubica al suroeste de la provincia del Guayas, Golfo de Guayaquil, a 106 km de la cabecera cantonal a 6 msnm (Delgado, 2015).

Desde 1970 Puerto “El Morro” dependía de actividades vinculadas a la agricultura, ganadería y pesca, no obstante, debido a la deforestación de la zona lo mismos comuneros han dirigido sus esfuerzos a enfatizar la pesca artesanal, pesca blanca, recolección de bivalvos y cangrejos.

Hoy en día, aparte de las actividades antes mencionadas la actividad turística se ha convertido en una gran fuente de ingresos para la población aportando con el desarrollo turístico de la zona donde se involucra la comunidad, por lo que se creó mediante acuerdo ministerial N.- 266 el 13 de septiembre de 2007 el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro (REVISMEM). Entre las principales razones para su declaratoria como área protegida están la existencia de una importante población de delfines que habitan en el canal de El Morro y la colonia de fragatas de la isla Manglecito (SNAP, 2015; Delgado, 2015).

Varias zonas ubicadas alrededor y cerca del estero El Morro y el gran estero El Salado no se libraron de la masiva instalación de camarónicas ocurrida en décadas pasadas. Sin embargo, con la reducción de esta actividad a nivel nacional y la declaratoria como área protegida de una importante franja a ambos lados del estero El Morro, el manglar está en proceso de recuperación. Las comunidades locales que se encuentran aledañas al refugio son consideradas como pobladores ancestrales del manglar; ellos dependen de la pesca y recolección de especies como conchas y cangrejos para su subsistencia. Desde la declaratoria como área protegida, y a medida que se incrementa el turismo en el refugio, los pobladores locales participan también como proveedores de servicios, ya sea mediante el alquiler de botes o trabajando como guías locales (SNAP, 2015).

Esta área protegida contiene 10.130,16 hectáreas de superficie, ubicándose en la zona del canal del Morro y pertenece al subsistema de áreas protegidas marinas y costeñas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SNAP y que está bajo la autoridad de la Subsecretaría de Gestión Marina y Costera del Ministerio del Ambiente (Delgado, 2015).

Actualmente, el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro ha identificado cuatro zonas principales que se encuentran ubicadas en toda la extensión del área protegida: I. Zona de uso múltiple; II. Zona de Uso Turístico (ZUT); III y VI. Zona de Conservación Estricta (ZCE); V. Zona de Producción Acuícola (ZPA) (Figura 7).



Figura 7. Imagen de las zonas principales Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro.
Fuente: Sistema Nacional de Áreas Protegidas, 2015.

Para el presente estudio se establecieron un total de cinco estaciones de muestreo dentro del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, todas posicionadas geográficamente (Tabla 7) utilizando un GPS portátil modelo eTrex 10 (Garmin®) (Figura 8).

Tabla 7. Coordenadas geográficas (UTM) de los puntos de muestreo por cada estación.

Estación	Puntos de Muestreo	UTM	
		X	Y
Rebesa	Concha 2	583856	9709496
Lagarto	Concha 3	582330	9708120
Guarillo I	Concha 4	582767	9706225
Guarillo II	Concha 5	582898	9705464
Cangrejito	Concha 6	583462	9707401

Fuente: Propia



Figura 8. Área de estudio.
Fuente: Google Earth, 2022.

7.2. Colecta y conservación de muestras

Se seleccionaron 5 estaciones de muestreo se realizaron transectos lineales, fijándose tres puntos de muestreo por cada estación, con separación de 10 metros entre cada punto (Figura 9).

En cada uno de los puntos de muestreo se tomaron parámetros físico – químicos (temperatura, salinidad y pH), muestras de agua superficial, sedimento y del organismo de estudio (*Anadara tuberculosa*) en período de marea baja durante la época seca. Se utilizó un pHmetro modelo YSI pH10 (EcoSense®) para la toma de los parámetros de pH y temperatura, y un refractómetro modelo HI98319 (Hanna®) para la salinidad (Figura 10).

Se construyó un muestreador especial diseñado para la colecta de muestras de agua, las cuales se conservaron en envases de polietileno de 1000 mL tratados previamente con HNO₃ (ácido nítrico) al 3% y lavadas con agua ultra pura (COVENIN 2709: 2002) (Figura 11).

Los sedimentos se tomaron de la capa superficial (5 - 10 cm de profundidad) usando una espátula de plástico y conservados en fundas tipo ziploc con cierre hermético (Figura 12) (Mero et al., 2012).

Las muestras de organismos (*Anadara tuberculosa*) se colectaron manualmente con ayuda de pescadores artesanales del área utilizando guantes de examinación de nitrilo y conservados en fundas tipo ziploc con cierre hermético. Cabe destacar, que en cada una de las estaciones se obtuvieron entre 8 a 20 individuos (Figura 13).

Finalmente, todas las muestras (agua, sedimentos y organismos) fueron rotuladas, guardadas y transportadas en una hielera hasta el Laboratorio de Metales Pesados del Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) (Figura 14).

7.3. Colecta y conservación de muestras

7.3.1. Agua

Las muestras de agua al llegar al laboratorio fueron preservadas añadiendo 1mL de HNO₃ concentrado. Posteriormente, las muestras se homogenizaron, se filtraron por triplicado en papel Whattman N° 40 y se enrasaron a volumen de 100 mL (Figura 15) (Standard Methods, 2005).

7.3.2. Sedimentos

Los sedimentos se extendieron en una superficie plástica y secados a temperatura ambiente durante 2 semanas aproximadamente. Se disgregaron y tamizaron a través de un tamiz de 71 µm, posteriormente las muestras tamizadas se secaron a 80 ° C en una estufa por 1 hora para eliminar humedad (Figura 16) (Mero et al., 2012).

7.3.3. Organismo de estudio

Las muestras de organismos al llegar al laboratorio se lavaron con abundante agua destilada para eliminar restos de sedimento. Luego, se procesaron retirando el cuerpo de los individuos y ya extraídos se colocaron en cápsulas de porcelana y secados en una estufa a 80 ° C durante 48 horas (Figura 17) (Alcívar y Mosquera, 2012). Además, fueron medidas con calibrador para conocer el tamaño de las muestras recolectadas.

7.4. Análisis de las muestras

La determinación de cadmio y mercurio en agua, sedimentos y el organismo de estudio (*Anadara tuberculosa*) se realizó en el Laboratorio de Metales Pesados del Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP), los mismos que siguieron procedimiento internos y acreditados.

7.5. Lectura de muestras, Obtención de datos y Análisis estadístico

Las lecturas o cuantificación de cadmio y mercurio en las muestras de agua superficial, sedimento y *Anadara tuberculosa* se realizaron en un espectrofotómetro de absorción atómica de llama (Figura 18).

Las unidades de absorbancia obtenidas se comprobaron con las concentraciones de control junto con las curvas de calibración. Los cálculos (ppm) se realizaron a través del programa Excel utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{ppm} = \frac{\text{ppm en solución muestra} \times \text{Volumen}}{\text{Masa}}$$

Luego de obtenidas las concentraciones (ppm) de Cd y Hg se determinó la normalidad de los datos utilizando una prueba de Anderson-Darling. Después, se realizó una prueba de homocedasticidad de Levene o igualdad de varianzas. para finalmente comparar las medias de las concentraciones de Cd y Hg. También, se aplicó ANOVA de una vía, con $p < 0.05$ como valor significativo y un test a posteriori de Tukey para la comparación de datos. Todas las pruebas estadísticas se realizaron usando el programa MINITAB versión 19.0.

8. RESULTADOS

8.1. Parámetros Físico – Químicos

La temperatura promedio por cada estación de muestreo osciló entre 24,6 – 26,5 °C, no se mostró diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de Guarillo I y II y Cangrejito. No obstante, la estación Rebesa fue estadísticamente distinta a las demás ($p > 0,05$) (Figura 19).

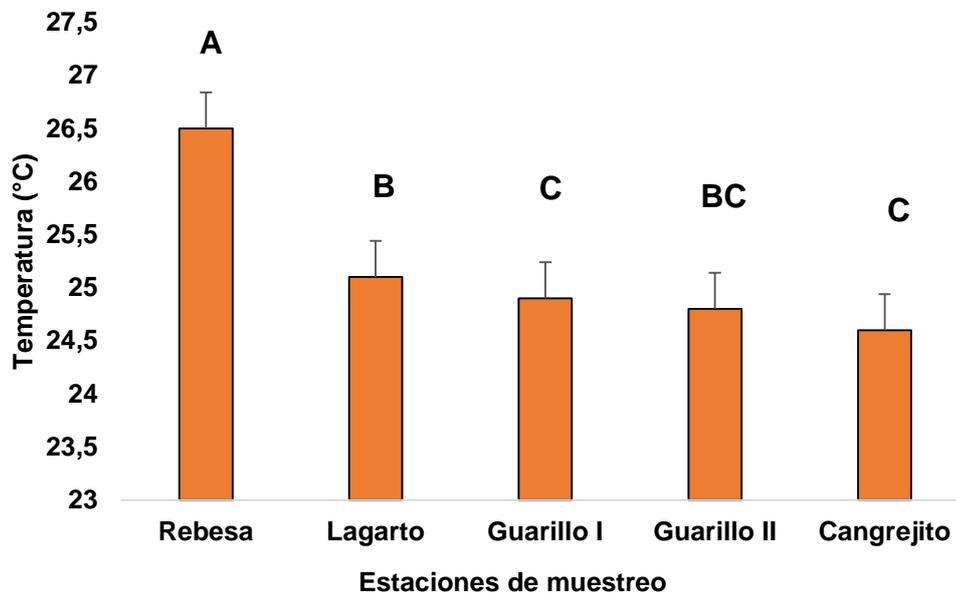


Figura 19. Valores promedios de temperatura por cada estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0,05$) y test de Tukey

En cuanto al pH sólo se encontró diferencias estadísticamente significativas entre la estación Rebesa y las demás ($p < 0.05$) con un promedio de 7,66 – 8. Cabe destacar que el pH se encontró en el rango permitido según el TULSMA para la preservación de flora y fauna (6-9) (Figura 20).

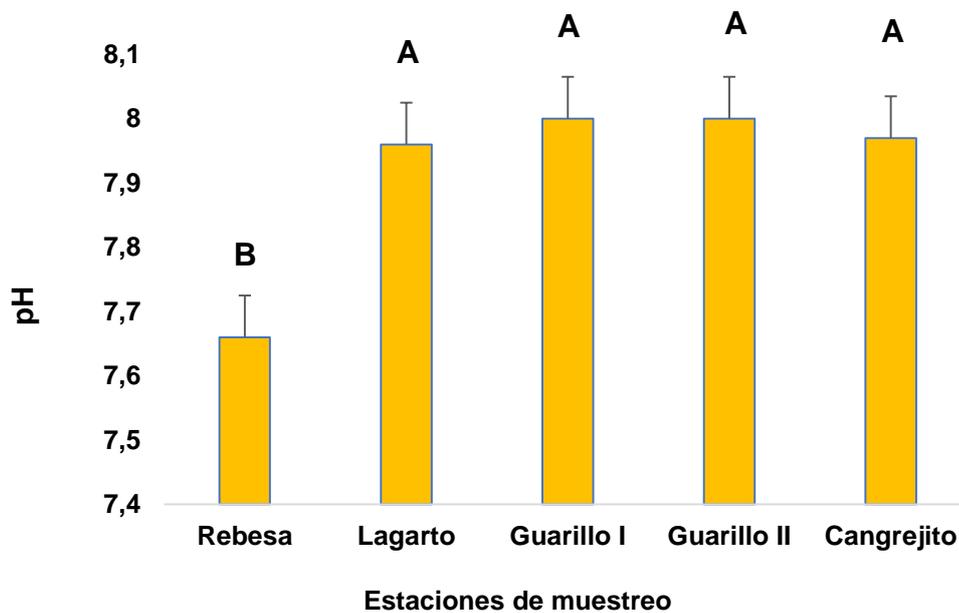


Figura 10. Valores promedios de pH por cada estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

Para salinidad sólo la estación Rebesa presentó diferencias estadísticamente significativas entre las demás estaciones de muestreo ($p < 0.05$), presentándose promedios de 25,3 – 25,6 respectivamente (Figura 21).

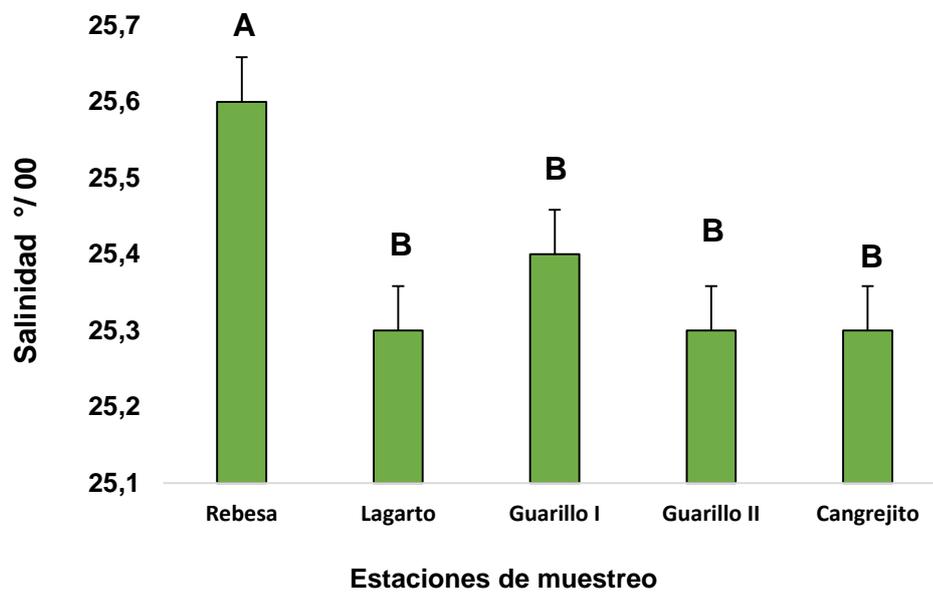


Figura 11. Valores promedios de salinidad por cada estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

8.2. Agua

Las mayores concentraciones de cadmio se obtuvieron en las estaciones de: Rebesa (0,0005 ppm), Guarillo I (0,0003 ppm) y Guarillo II (0,0003 ppm) respectivamente, de los cuales sólo la estación Rebesa presentó diferencias estadísticamente significativas entre las tres ($p < 0.05$) (Figura 22). Así mismo, las concentraciones halladas no superaron el límite máximo permisible de la normativa ecuatoriana vigente para Cd en agua (0,005 ppm).

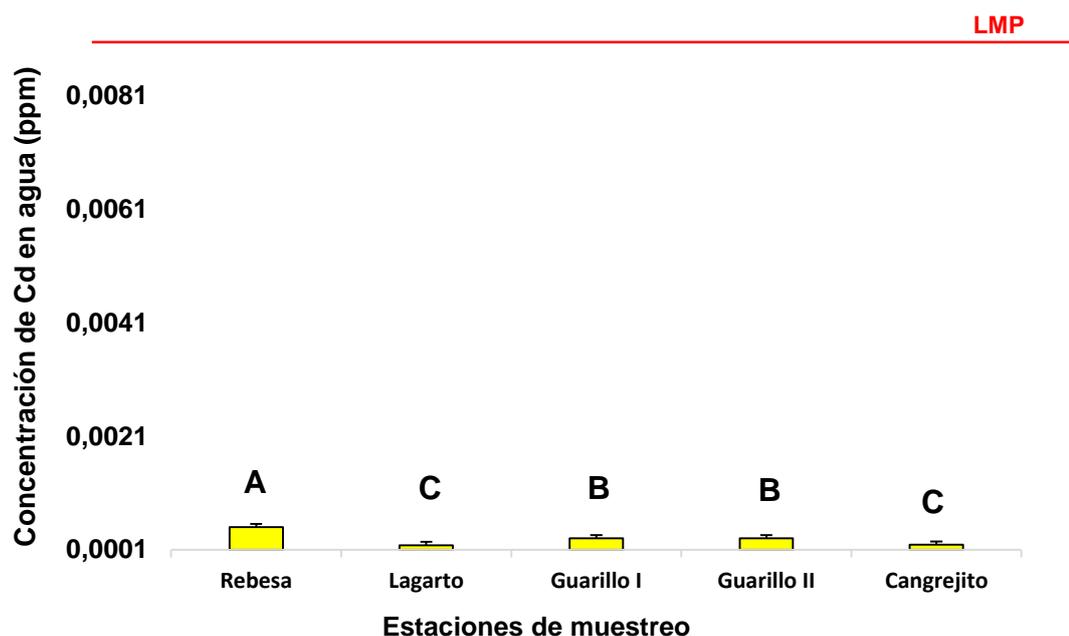


Figura 12. Concentración promedio de Cd en agua superficial por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. LMP: Límite máximo permisible según TULSMA. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS ($n = 3$). Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.005$) y test de Tukey

En cuanto a mercurio el metal pesado resultó indetectable para la estación Guarillo II, no así en Rebesa y Guarillo I que se obtuvieron concentraciones promedio mayores de (0,005 ppm) y (0,005 ppm) respectivamente. Además, la estación Lagarto, Guarillo II y Cangrejito presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí ($p < 0.05$) (Figura 23). Cabe mencionar, que las concentraciones superaron el límite máximo permisible de la normativa ecuatoriana vigente (0,001 ppm).

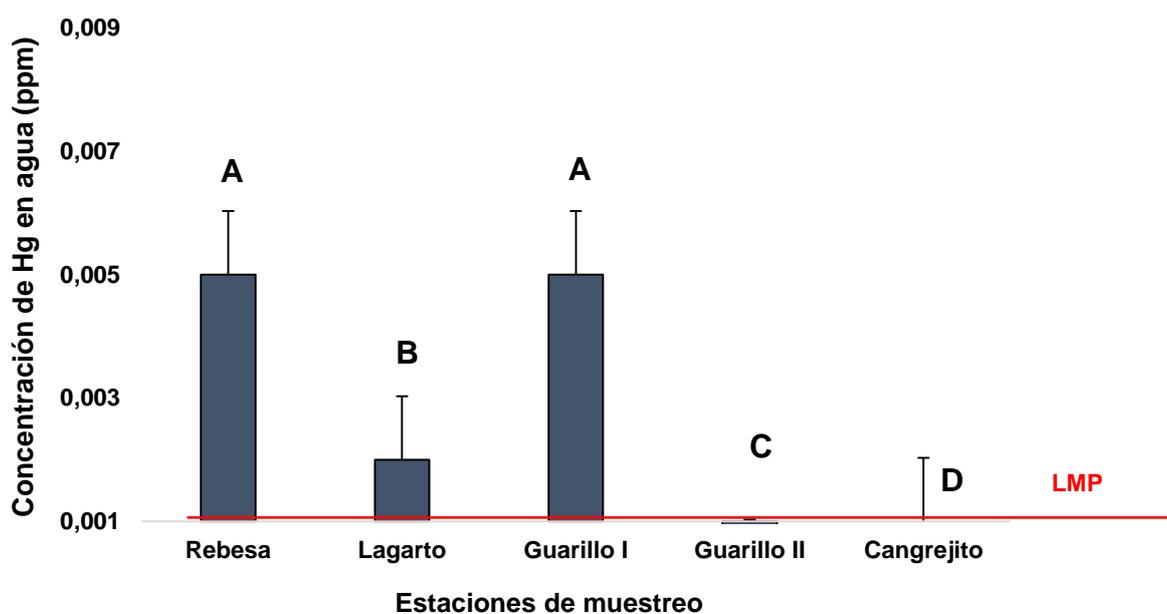


Figura 13. Concentración promedio de Hg en agua superficial por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. LMP: Límite máximo permisible según TULSMA. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS ($n = 3$). Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.005$) y test de Tukey.

8.3. Sedimentos

Se encontraron concentraciones de Cd con promedios mayores para las estaciones de Rebesa (0,35 ppm) y Cangrejito (0,32 ppm) respectivamente. Así mismo, entre las nombradas estaciones no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Sin embargo, las concentraciones no sobrepasan a la normativa canadiense (0,6 ppm) ni a la normativa ecuatoriana vigente en cuanto a suelos (0,5 ppm) (Figura 24).

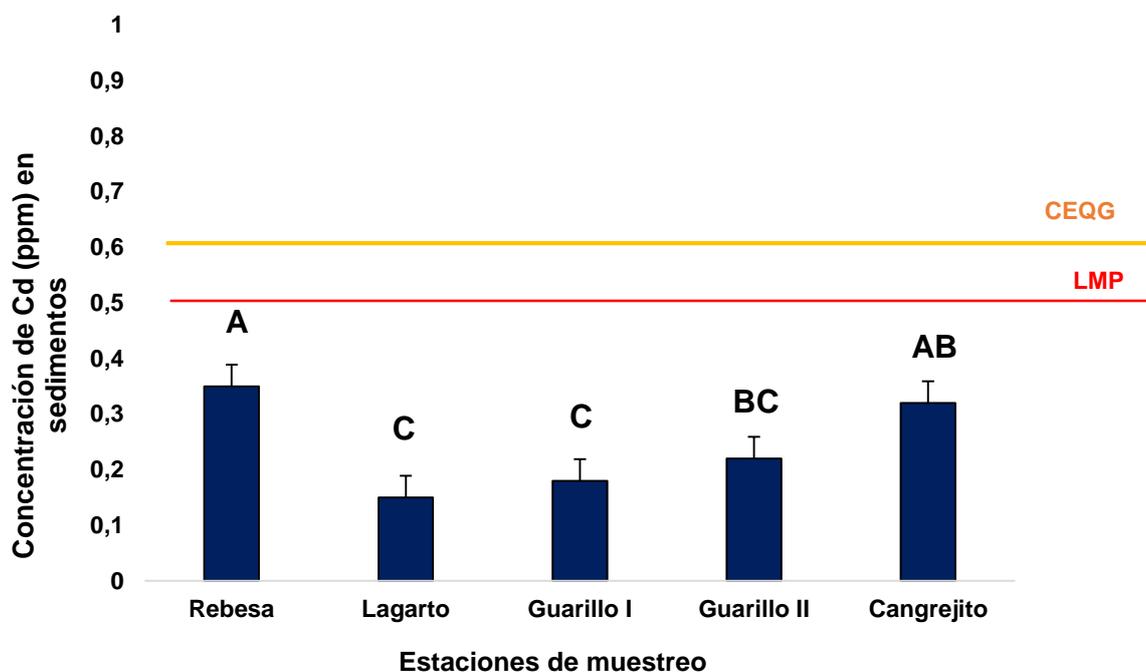


Figura 14 Concentración total de Cd en sedimentos por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. LMP: Límite máximo permisible según TULSMA. CEQG: Canadian Environmental Quality Guidelines. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS ($n = 3$). Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.005$) y test de Tukey.

En cuanto a Hg, los promedios mayores fueron para las estaciones de Rebesa (0,1 ppm) y Guarillo II (0,09 ppm) respectivamente y sin presentar diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($p < 0.05$). Cabe destacar que, las concentraciones no sobrepasan a la normativa canadiense (0,17 ppm) y están en el rango de la normativa ecuatoriana vigente en cuanto a suelos (0,1 ppm) (Figura 25).

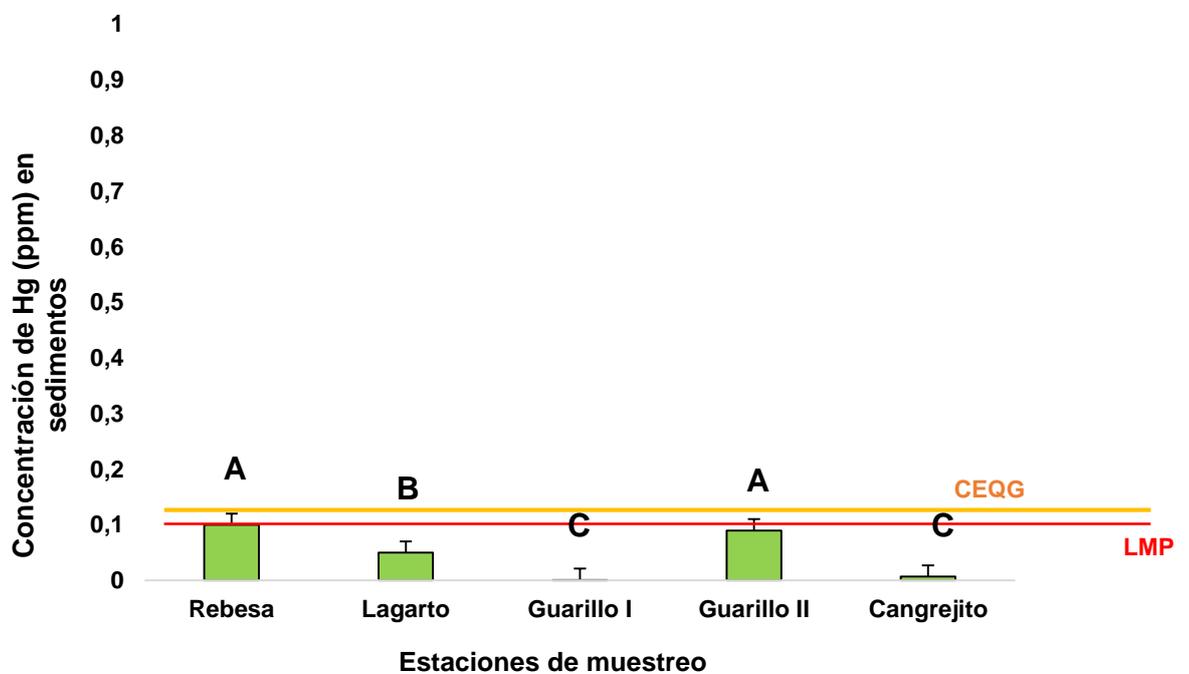


Figura 15. Concentración de Hg en sedimentos por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. LMP: Límite máximo permisible según TULSMA. CEQG: Canadian Environmental Quality Guidelines. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS, ($n=3$). Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

8.4. Organismo de estudio (*Anadara tuberculosa*).

El organismo de estudio (*Anadara tuberculosa*) presentó las mayores concentraciones de Cd en las estaciones de Rebesa (0,44 ppm), Lagarto (0,44 ppm) y Guarillo II (0,39 ppm) respectivamente (Figura 26). Cabe indicar que, las estaciones de Rebesa y Lagarto no presentaron diferencias significativas entre ellas, no así con las demás estaciones las cuales ambas tuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Es necesario mencionar que todas las conchas prietas analizadas presentaron concentraciones inferiores a los límites máximos permisibles para consumo humano según el *Codex Alimentarius* (2.0 mg/Kg) y a su vez también los valores obtenidos son menores al determinado por la ESFA (2019) de 1.0 mg/Kg.

Además, se realizaron las medidas correspondientes a los individuos dando valores desde 2,9 cm a 5,6 cm de longitud, aunque antes del análisis el laboratorio solicitó colocar en un solo funda cada muestra de acuerdo a la estación y sin valvas.

Cabe mencionar también que no se detectó concentraciones de mercurio en *A. tuberculosa* en las estaciones de muestreo o fueron extremadamente bajas que el espectrofotómetro de absorción atómica no registró datos de Hg.

Finalmente, se niega la hipótesis de que el organismo estudiado esté siendo afectado por las concentraciones de Cd y Hg

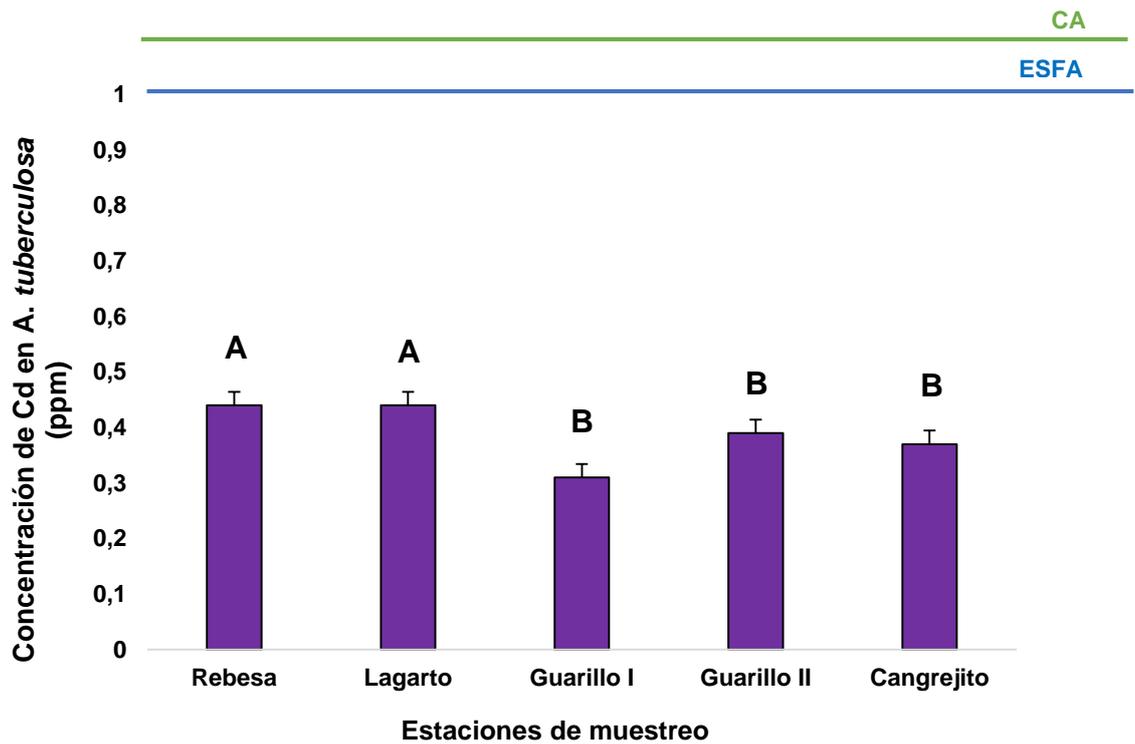


Figura 16. Concentración total de Cd en *Anadara tuberculosa* por estación de muestreo en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. CA: CODEX ALIMENTARIUS. ESFA: AUTORIDAD EUROPEA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA. Los resultados obtenidos se presentan a manera de barras las cuales representan la Media \pm DS ($n=3$). Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p<0.05$) y test de Tukey.

8.5. Correlación de concentraciones de metales pesados (Cd y Hg) en agua, sedimentos y el organismo de estudio con los parámetros físico químicos.

Se realizó un Análisis de Componentes principales (Figura 27) para verificar si existía relación entre las variables estudiadas y se obtuvo una correlación moderada entre la concentración de Cd en *Anadara tuberculosa* y Cd en agua. Así mismo, no se observa que exista relación con los parámetros físico-químicos, lo que indica que la contaminación por Cd en estos bivalvos es proporcional a la contaminación de Cd en el agua.

Cabe mencionar que no se realizó correlación de las componentes principales y los parámetros analizados con el Hg debido a que no se detectó dicho metal pesado en el organismo de estudio.

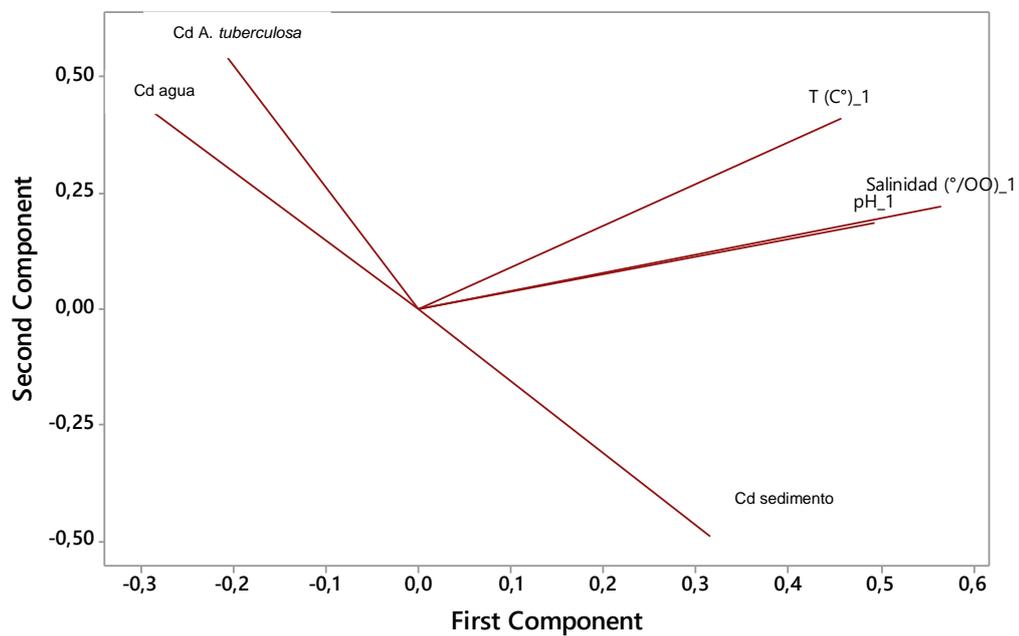


Figura 17. Análisis de Componentes principales de las distintas variables estudiadas (agua, sedimento, organismo de estudio y parámetros físico – químicos).

9. DISCUSIÓN

El área de estudio es una zona que, aunque declarada como área protegida existe una gran actividad acuícola por las camarónicas en sus alrededores y a su vez también existen actividades agropecuarias que podrían estar aportando con metales pesados a el área circundante para luego ser biomagnificado por las cadenas tróficas, sobre todo en especies de consumo local e interés comercial como es la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) que estaría bioacumulandolo, motivo por el cual surgió la idea principal de este trabajo para conocer si al consumirlas sería un riesgo potencial hacia la salud.

Dado esto, se analizaron muestras de agua obtenidas en el área de estudio para luego compararlas con los límites máximos permitidos en la normativa ecuatoriana vigente para Cd (0,005 ppm) y Hg (0,001 ppm) establecidos dentro los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas marinas y de estuario presentes en el Anexo 1 – Libro VI del TULSMA, los mismos que no los sobrepasaron en Cd no así en Hg los cuales superaron los niveles permitidos.

Así mismo, las concentraciones resultantes de cadmio y mercurio en agua no sobrepasan a las obtenidas por Alcívar y Mosquera (2011), en rangos de 0,035 – 0,06 ppm para Cd, de igual modo los mismos autores explican

que dichos valores altos y por encima de los límites máximos permitidos de la época (0,005 ppm para Cd) se deben a que el área de estudio está expuesta a una contaminación constante por las actividades industriales que se desarrollan en las riberas del Estero Salado, así como por los desechos producidos por los asentamientos urbanos localizados en la misma área. Aunque, la posible detección de Cd y Hg en agua en el presente estudio podría deberse a las aguas residuales domésticas e industriales (camaroneras) que las vierten sin tratamientos previos y/o adecuados o también a los desechos orgánicos encontrados en el área y a las embarcaciones del sitio ya que se sabe es un sitio de intensa actividad turística y pesquera (captura de cangrejos y conchas).

En cuanto a sedimento se encontraron que las concentraciones no sobrepasaban a la Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG) para sedimentos en aguas dulces, marinas y estuarinas (0,6 ppm) ni tampoco a la normativa ecuatoriana vigente en cuanto a suelos según el TULSMA Anexo 2 del Libro VI (0,5 ppm) para Cd. Además, hay que mencionar que al no existir límites máximos permitidos para metales pesados (Cd y Hg) en sedimentos de aguas dulces, marinas y estuarinas (sólo mencionan para suelo) se realizó la comparativa con normativas internacionales. Si comparamos con otros trabajos como el Alcívar & Mosquera (2011), que obtuvieron concentraciones de Cd en rangos de 3,50 – 9,50 ppm en el Puente Portete y por Jiménez (2012), el cual halló hasta

6.99 ppm en concentraciones de Cd en la misma área, así como también las presentadas por Rodríguez (2013), en concentraciones de 8,77 ppm en Cd en el Puente 5 de Junio, resulta que se obtuvieron valores minoritarios en el presente trabajo de titulación a diferencia de los anteriores que fueron realizados en un área con características parecidas al estudiado (Estero Salado).

Para Hg, las concentraciones no sobrepasan a la Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG) (0,17 ppm), sin embargo, al conocer que si existen concentraciones tanto para Cd y Pb en los sedimentos podría considerarse que están actuando como reservorios y que dependiendo de las condiciones físico – químicas podrían transformarse en biodisponibles y convertirse en una fuente de contaminación (Arcos & Castro, 2005; Parra & Espinoza, 2008).

Los parámetros físico-químicos tomados *in situ* en el área de estudio, mostraron que no existe diferencias significativas entre las estaciones de muestreo y en rangos de 24,6 °C a 26,5°C en temperatura, siendo menores sabiendo que el estudio se realizó durante la época seca y que lo sucedido podría deberse a que el parámetro fue tomado cercano a los manglares de la zona produciendo de esta manera sombra dejando que no hubiera

reflejado los rayos solares hacia los sitios donde se colectaron las muestras.

Para el pH los valores oscilaron entre 7,66 – 8 entre las estaciones estudiadas y que según Brunetti et al. (2009), la movilidad y biodisponibilidad de los metales pesados, entre ellos el cadmio, están determinadas por factores ambientales, y su fijación en los sedimentos ocurre por adsorción y reacciones con la materia orgánica.

Por otra parte, la salinidad no presentó mucha variación ya que se mantuvo entre 25,3 – 25,6 ‰ en las estaciones de muestreo, por lo que este valor podría deberse a que las mediciones se realizaron durante la época seca en periodo de baja mar a diferencia de otros autores que han estudiado áreas de manglar, pero realizando muestreos en período de pleamar.

Para el organismo de estudio (*Anadara tuberculosa*) no se presentaron concentraciones de Hg debido a que la lectura del mismo en el espectrofotómetro de absorción atómica fue menor al límite de detección del mismo. En cuanto a Hg los valores obtenidos fueron menores al límite permisible publicado por el *Codex Alimentarius* (2,0 mg/Kg) y al ESFA (1,0 mg/Kg) que al convenios y normativas internacionales intensifica el resultado obtenido y ayuda a conocer que el organismo no está

acumulando en su totalidad los metales pesados. Aunque, Siguenza (2016), también realizó estudios anteriores en la especie en estudio resultando ser menores al mismo *Codex Alimentarius* en cuanto a Pb, Cd y As y que el autor cree que se deba a que el área donde se colectaron las muestras hay aportes menores de carácter antropogénico.

Así mismo, Santana y Zambrano (2022), realizaron un estudio en concha prieta en el Refugio de vida silvestre Isla corazón y fragatas obteniendo valores menores a los niveles máximos de la Unión Europea en Hg (muestreo 1= 0.006 mg/kg, muestreo 2= 0.017 mg/kg y muestreo 3= 0.023 mg/kg) y comparando con el actual que no se detectó presencia de Hg en el área de estudio, y así también concuerda con lo encontrado por Carrasco y Webster (2016), que en su investigación sobre la capacidad bioacumuladora de metales pesados en moluscos bivalvos de los esteros del cantón Balao, donde las muestras analizadas no sobrepasaron (0.23 mg/kg) al límite máximo permisible para moluscos bivalvos de la Normativa Europea, enfatizando que la baja presencia de mercurio probablemente se deba a los niveles naturales presentes en estas regiones y en general en áreas libres de contaminación.

De igual manera, los presentes resultados son parecidos con los valores encontrados por Ordoñez (2015), ya que en su estudio sobre

bioacumulación de Hg en el bivalvo *Anadara tuberculosa* en Bajo Alto, Estero Huayla, Puerto Hualtaco y Archipiélago de Jambelí - provincia de El Oro, registrando niveles (0.0862 mg/kg) aceptables de acuerdo a la normativa del *Codex Alimentarius*. Pasando al mismo contexto Cedeño y Zambrano (2017), investigaron Hg en concha negra (*Anadara tuberculosa*) del manglar El Salto – Esmeraldas hallando concentraciones de 0.001 mg/kg, es decir inferiores al límite máximo permisible para moluscos bivalvos estipulado por la unión europea. Por último, Cabrera (2017) publicó concentraciones de mercurio en el área protegida Parque Nacional Machalilla en Manabí que no sobrepasaron el límite permisible (0.5 mg/kg) durante los meses de época seca (mayo, junio, julio, agosto) para la unión europea.

Así también, se evidenció una correlación moderada con las concentraciones de Cd presentadas en agua y la especie de estudio, haciendo que al ser una especie filtradora pueda incorporar directamente a su organismo este metal a través de este medio (acuático). Cabe indicar, que el elemento Hg no presentó concentraciones detectables para *Anadara tuberculosa* ya que quizás este elemento no se encuentre en concentraciones biodisponibles para la biota en el área de estudio, pero a su vez acrecienta la posibilidad de utilizar a la especie estudiada como bioindicador de metales pesados.

Por otro lado, no se realizaron estudios de biodisponibilidad de los metales Cd y Hg en el sedimento, dado el hecho de que se sabe los sedimentos de manglar tienen la capacidad de acumular metales pesados en formas poco disponibles y difíciles de remover debido a sus propiedades físicas y químicas (Tam & Wong, 1996; Espinosa et al., 2011) y que podría estar pasando en el área de estudio. También, podría deberse a que las condiciones intrínsecas de la rizósfera de los manglares hacen que los metales no estén biodisponibles y son adsorbidos a las arcillas del suelo, a la materia orgánica, a carbonatos y a sulfatos que son generados por las bacterias sulfatoreductoras en el ambiente anóxico de la rizósfera de los manglares (Parra & Espinosa, 2008).

Finalmente, podemos negar la hipótesis ya que el organismo estudiado acumula Cd, aunque no Hg, sin afectar al recurso y sin ser un posible riesgo potencial hacia la salud para los consumidores locales del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro (REVISMEM).

10. CONCLUSIONES

- Se cuantificaron las concentraciones de Cd y Hg en agua y sedimento de las muestras colectadas en el área de estudio, encontrándose valores inferiores a los límites máximos permisibles según el TULSMA (normativa ambiental vigente ecuatoriana) Anexos 1 y 2 del Libro VI y la Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG).
- Los individuos muestreados y luego estudiados de *Anadara tuberculosa* no acumularon Hg, sin embargo, si se detectó Cd en mínimas concentraciones y no superando a los límites máximos permisibles según el *Codex Alimentarius* y de la ESFA (Unión Europea) para consumo humano.
- Las condiciones intrínsecas de la rizósfera de los manglares podrían hacer que los metales no estén biodisponibles en el área de estudio y son adsorbidos a las arcillas del suelo, a la materia orgánica, a carbonatos y a sulfatos que son generados por las bacterias sulfatoreductoras en el ambiente anóxico de la rizósfera de los mangles haciendo que no estén en disponibilidad para bioacumularlos.

- Finalmente se rechaza la hipótesis inicial, ya que existe evidencia de concentraciones de Cd y Hg en el área de estudio en agua y sedimentos en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, pero no está siendo acumulado totalmente por el organismo de estudio por lo que no afecta al recurso ni al consumo humano.

11. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar futuros estudios con diversos metales pesados dentro del área de estudio.
- Continuar con el monitoreo de metales pesados dentro del área de estudio en general dado el interés representativo que presenta debido ya que habitan y se desarrollan especies de consumo local y de importancia económica.
- Se sugiere llevar a cabo estudios en cuanto concentraciones biodisponibles de metales pesados sobre todo Cd y Hg tanto en agua como en sedimento dentro del área de estudio para poder determinar si estos se estarían o no incorporando a otras especies locales y de interés comercial, y posteriormente a las cadenas tróficas.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar, M., & Mosquera, J. (2011). *Concentración de metales pesados (Cr total, Pb, Cd) en agua superficial y sedimentos en el Estero Salado (Guayaquil)*. (Tesis de Grado para la obtención de título de Biólogo, Universidad de Guayaquil).
- Baran, J. (1995). *Química Bioinorgánica*.
- Benavides, A., Del Pezo, R., Pernía, B. Mero, M., Cornejo, X., Magallanes, I. Romero, B., Zambrano, J. (2018). Efecto del cadmio sobre la germinación y crecimiento de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (Plantae-Combretaceae). *ECOVIDA*, 8 (1), 64 - 83.
- Cabanilla, C. (2010). Comercialización de la concha prieta (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en los principales puertos de la costa ecuatoriana. *Instituto Nacional de Pesca. Boletín Científico y Técnico*.
- Cabot, C., Poschenrieder, Ch, & Barcelo, J. (1988). Cadmio, presencia natural y antropogénica del Cd en el medio ambiente. *Circular farmacéutica*, 298: 91 – 108.
- Carrasco, R. & Webster, R. (2016). *Capacidad bioacumuladora de metales pesados en moluscos bivalvos de los esteros del cantón Balao*. (Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Magister en Gestión Ambiental, Universidad del Azuay).

- Coelho, J.; Monteiro, R.; Catry, T.; Lourenco, P.; Catry, P.; Regalla, A.; Catry, I.; Figueira, P.; Pereira, E.; Vale, C. (2016). Estimation of Mercury Background Values in Sediment and Biota of the Bijagós Archipelago, Guinea-Bissau. *Mar. pollution Bull.*
- Cornelis, R., & Nordberg, M. (2007). General Chemistry, Sampling, Analytical Methods, and Speciation.
- Dekov, V.M., Araujo, F. Van Grieken, R., & Subramanian, V. (1998). Chemical composition of sediments and suspended matter from the Cauvery and Brahmaputra (India). *The Science of the Total Environment*, 212: 89 – 105.
- Delgado, L. (2015). *Evaluación de la presencia de residuos domésticos y el impacto en el visitante de la zona turística de puerto el Morro como indicador de necesidad de un proyecto de manejo y monitoreo de residuos.* (Trabajo de titulación, Universidad de Guayaquil – Facultad de Comunicación Social).
- Durán, I. L., Fuentes, M. V., Gómez, J. A. (2004). Concentración de cadmio, plomo y cobre en *Anadara tuberculosa* del manglar de la isla Taborcillo, Punta Chame, Republica de Panamá. *Tecnociencia*, 6 (2): 91 – 104.
- Förstner, U., Wittmann, G.T.W. (1981). Heavy metal pollution in the aquatic environment (2 nd Ed.). *Spring – Verlag*. Berlín. Heidelberg. New York, pp. 486.

Fundación Natura. Guía para el monitoreo de la calidad de agua de corrientes superficiales dirigida a municipios medianos y pequeños del Ecuador, 2010. pp. 42 - 92.

Gaioli, M., Amoedo, D., González, D (2012). Impacto Del Mercurio Sobre La Salud Humana Y El Ambiente. *Arch. Argentino Pediatría*, 110 (3), 259–264.

Gobert, S., Daemers-Lambert, C., Bouquegneau, J.M. (1992). Etat physiologique et contamination en metaux lourds des moules *Mytilus edulis* sur la Côte Belge. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 61, 177-194.

Jiménez, D. (2012). *Cuantificación de metales pesados (cadmio, cromo, níquel y plomo) en agua superficial, sedimento y organismos (Crassostrea columbiensis) ostión de mangle en el Puente Portete del Estero Salado (Guayaquil)*. Universidad de Guayaquil.

Klaassen, C. D. (2001). Casarett and Doull's Toxicology: the basic science of poisons. Ed. McGraw-Hill. 6th ed. New York.

Kimbrough K. L., Johnson, W.E., Lauenstein, G.G., Christensen, J.D & Apeti, D.A. (2008). An Assessment of two decades of contaminants monitoring in the nation's coastal zone. *Silver Spring, MD. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 74*. 105 pp.

Kuffó, K. (2013). *Niveles de cadmio, cromo, plomo, y su bioacumulación por Mytella strigata delimitando la zona urbano-marginal en el Estero Salado de Guayaquil*. (Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil).

- Loaban C., Harrison, P. & Ducan, M. (1985). *The Physiological Ecology of Seaweeds*. Cambridge University Press. London.
- Londoño, L. (2016). Riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>.
- Mackenzie, C.L. (2001). The fisheries for man grave cockles, *Anadara* spp. from Mexico to Peru with descriptions of their habitats and biology the fishermen`s lives and the effects of shrimp farming. *Marine Fisheries Review*, 64(1), 1 – 39.
- Madeddu, R. (2005). *Estudio de la influencia del cadmio sobre el medioambiente y el organismo humano: perspectivas experimentales epidemiológicas y morfofuncionales en el hombre y los animales de experimentación*. (Tesis doctoral, Universidad de Murcia – España).
- Mero, M. (2010), *Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del golfo de Guayaquil*. (Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil).
- Mero, M., Arcos, V., Egas, F., Siavichay, R. & Lindao, G. (2012). Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial *Anadara tuberculosa* y *A. grandis* de Puerto El Morro, Ecuador. *Revista de Divulgación de La Dirección de Investigaciones Y Proyectos Académicos de La Universidad de Guayaquil*, 4(4), 19–32.
- Moreno M. (2003). Toxicología Ambiental “Evaluación de riesgos para la salud humana”, *Mc Graw-Hill/Interamericana de España*. Madrid-España.

- Murray, K.S. (1996). Statistical comparisons of heavy metal concentrations in River sediments. *Environmental Geology*, 27: 54 – 58.
- Olavarría, Y. (2007). *Determinación de trazas de cadmio en cholga (Aulacomya ater), chorito (Mytilus chilensis) y ostra chilena (Ostrae chilensis) en la zona de Chiloé (Hueihue)*. (Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Químico Farmacéutico, Universidad Austral – Chile).
- Ordoñez, M. (2014). *Bioacumulación de metales pesados (Pb, Hg, Cd) en el bivalvo Anadara tuberculosa en cuatro localidades (Bajo Alto, Estero Huayla, Puerto Hualtaco y Archipiélago de Jambelí) de la región costera de la provincia de El Oro*. (Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero Químico, Universidad Técnica de Machala – Ecuador).
- Orozco, C., Gonzales, N., Rodríguez, F., & Alfayate, J. (2003). Contaminación ambiental una visión desde la química. (c. R. Ortega, ed.) Madrid, España: S.A. ediciones paraninfo.
- Palacios, Z. (2008). *Histopatología de branquias y hepatopáncreas del mejillón verde Perna viridis (bivalvia: Mytilidae) expuesto a dosis subletales de mercurio (modalidad: investigación)*. (Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Licenciada en Biología, Universidad de Sucre – Venezuela).

- Peris, M. (2006). Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de castellón (España). Universidad de Valencia, 247.
- Pernía Santos, B. M., Mero, M., Cornejo, X., Ramírez-Prado, N., Ramírez, L., Bravo, K., Zambrano, J. (2018). Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 89–105.
- Ramírez, A. (2002). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 63(1): 51 – 64.
- Ramírez, M. (1999). Diseño de un modelo de saneamiento de suelos contaminados con metales pesados derivados de la explotación minera. Tesis de Post grado. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.
- Ramírez, N. (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). (Tesis de Grado para la obtención de título de Biólogo, Universidad de Guayaquil).
- Riofrío, D. (2016). *Biomonitoreo de mercurio en bivalvo Anadara grandis en tres localidades de la región costera de la provincia de El Oro*. (Tesis de Grado para la obtención de título de Ingeniería Química, Universidad Técnica de Machala).

- Rodríguez, F. (2013). *Cuantificación de cadmio, plomo y níquel en agua superficial, sedimento y organismos (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).
- Rosas, H. (2005). Contaminación de sedimentos del río Anoia por metales pesados (Barcelona – España). *Investigación & Desarrollo*, 5: 75 – 89.
- Senior, W., Valarezo, C., Sánchez O., Jácome, N., Tobar, J., Collaguazo, A., Hernández, D. Rodríguez, G., Benítez, A., Fermín, I., De la Cruz, R., y Márquez, A. (2014). Evaluación de la distribución del contenido total de metales pesados, Cu, Cd, Pb, Hg en sedimentos superficiales del estero Santa Rosa – El Oro – Ecuador.
- Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) (2015). Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro.
- 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).
- Sadiq, M. (1992). *Toxic Metal Chemistry in Marine environments*. Marcel Dekker Inc., New York. 390pp.
- Salomons, W., Kerdijk, H., Van Pagee, H., Klomp, R. & Schreur, A. (1988). Behaviour and Impact Assessment of Heavy Metals in Estuarine and

Coastal Zones. En: U. Seeliger, L. De Lacerda, S. Patchineelam (Eds)
Metals in Coastal Environments of Latin America: 157 – 198.

Solórzano, L. (1983). Método de análisis químico utilizado en el curso latinoamericano de post-grado Instrumentación y análisis químico de Agentes Contaminantes en el Mar. *Boletín Científico y Técnico. Revista del Instituto Nacional de Pesca*, 7 (1): 53 – 54.

Tobar, J., Ramírez – Muñoz, M., Fermín, I, y Senior, W. (2017). Concentración de Metales Pesados en Bivalvos *Anadara tuberculosa* y *A. similis* del Estero Huaylá, Provincia de El Oro, Ecuador. *Boletín Del Centro De Investigaciones Biológicas*, 51(2), 97-116.

Ureña, R. (2007). *Metalotioneínas en peces y gasterópodos: su aplicación en la evaluación de la contaminación.* (Tesis doctoral, Universidad de Valencia - España).

Velásquez, O. & Cortes, L. (1997). Estudio y evaluación de metales traza (Pb, Cr, c, Cd y Hg) en aguas, sedimentos y organismos marinos de la Bahía de Buenaventura. *Boletín Científico Universidad del Valle*, 57 – 61.

Vidal, G. (2009). *Identificación de las variables que intervienen en la acumulación de cadmio en los moluscos filtradores.* (Tesis de Grado Licenciado en Bioquímica y Título Profesional de Bioquímico – Universidad Austral de Chile).

13. ANEXOS



Figura 9. Transectos lineales y marcación de puntos mediante GPS realizados en las estaciones de muestreo para la respectiva toma de muestras.



Figura 18. Parámetros físicos – químicos tomados in situ en las estaciones de muestreo.



Figura 19. Colecta y envasado de muestras de agua superficial.



Figura 20. Colecta de muestras de sedimento.



Figura 21. Búsqueda y colecta del organismo de estudio.



Figura 22. Rotulación de muestras.



Figura 23. Filtrado de muestras de agua superficial.



Figura 24. Secado de muestras de sedimento



Figura 25. Medición y extracción de *Anadara tuberculosa* para su posterior análisis.



Figura 26. Espectrofotómetro de absorción atómica.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Rebesa_T	3	26,3667	A
Lagarto_T	3	25,1333	B
Guarillo II_T	3	24,7333	B C
Cangrejito_T	3	24,6000	C
Guarillo I_T	3	24,567	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Lagarto_T - Rebesa_T	-1,233	0,138	(-1,688. -0,779)	-8,92	0,000
Guarillo I_T - Rebesa_T	-1,800	0,138	(-2,255. -1,345)	-13,02	0,000
Guarillo II_T - Rebesa_T	-1,633	0,138	(-2,088. -1,179)	-11,81	0,000
Cangrejito_T - Rebesa_T	-1,767	0,138	(-2,221. -1,312)	-12,78	0,000
Guarillo I_T - Lagarto_T	-0,567	0,138	(-1,021. -0,112)	-4,10	0,014
Guarillo II_T - Lagarto_T	-0,400	0,138	(-0,855. 0,055)	-2,89	0,092
Cangrejito_T - Lagarto_T	-0,533	0,138	(-0,988. -0,079)	-3,86	0,021
Guarillo II_T - Guarillo I_T	0,167	0,138	(-0,288. 0,621)	1,21	0,749
Cangrejito_T - Guarillo I_T	0,033	0,138	(-0,421. 0,488)	0,24	0,999
Cangrejito_T - Guarillo II_T	-0,133	0,138	(-0,588. 0,321)	-0,96	0,865

One-way ANOVA: Rebesa pH. Lagarto pH. Guarillo I pH. Guarillo II pH. Cangrejito pH

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	5	Rebesa pH. Lagarto pH. Guarillo I pH. Guarillo II pH. Cangrejito pH

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	4	0,32967	0,082417	37,69	0,000
Error	10	0,02187	0,002187		
Total	14	0,35153			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0467618	93,78%	91,29%	86,00%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Guarillo II pH	3	8,0300	A
Guarillo I pH	3	8,0233	A
Cangrejito pH	3	7,9533	A
Lagarto pH	3	7,9333	A
Rebesa pH	3	7,6267	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Lagarto pH - Rebesa pH	0,3067	0,0382	(0,1811. 0,4322)	8,03	0,000
Guarillo I p - Rebesa pH	0,3967	0,0382	(0,2711. 0,5222)	10,39	0,000
Guarillo II - Rebesa pH	0,4033	0,0382	(0,2778. 0,5289)	10,56	0,000
Cangrejito p - Rebesa pH	0,3267	0,0382	(0,2011. 0,4522)	8,56	0,000
Guarillo I p - Lagarto pH	0,0900	0,0382	(-0,0355. 0,2155)	2,36	0,204
Guarillo II - Lagarto pH	0,0967	0,0382	(-0,0289. 0,2222)	2,53	0,159
Cangrejito p - Lagarto pH	0,0200	0,0382	(-0,1055. 0,1455)	0,52	0,983
Guarillo II - Guarillo I p	0,0067	0,0382	(-0,1189. 0,1322)	0,17	1,000
Cangrejito p - Guarillo I p	-0,0700	0,0382	(-0,1955. 0,0555)	-1,83	0,407
Cangrejito p - Guarillo II	-0,0767	0,0382	(-0,2022. 0,0489)	-2,01	0,328

One-way ANOVA: Rebesa S. Lagarto S. Guarillo I S. Guarillo II S. Cangrejito S

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	5	Rebesa S. Lagarto S. Guarillo I S. Guarillo II S. Cangrejito S

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	4	0,17231	0,043077	9,73	0,002
Error	10	0,04427	0,004427		
Total	14	0,21657			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0665332	79,56%	71,38%	54,01%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Rebesa S	3	25,6333	A
Guarillo I S	3	25,4233	B
Lagarto S	3	25,4167	B
Cangrejito S	3	25,3533	B
Guarillo II S	3	25,3300	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Lagarto S - Rebesa S	-0,2167	0,0543	(-0,3953. -0,0380)	-3,99	0,017
Guarillo I S - Rebesa S	-0,2100	0,0543	(-0,3886. -0,0314)	-3,87	0,021
Guarillo II - Rebesa S	-0,3033	0,0543	(-0,4820. -0,1247)	-5,58	0,002
Cangrejito S - Rebesa S	-0,2800	0,0543	(-0,4586. -0,1014)	-5,15	0,003
Guarillo I S - Lagarto S	0,0067	0,0543	(-0,1720. 0,1853)	0,12	1,000
Guarillo II - Lagarto S	-0,0867	0,0543	(-0,2653. 0,0920)	-1,60	0,531
Cangrejito S - Lagarto S	-0,0633	0,0543	(-0,2420. 0,1153)	-1,17	0,770
Guarillo II - Guarillo I S	-0,0933	0,0543	(-0,2720. 0,0853)	-1,72	0,466
Cangrejito S - Guarillo I S	-0,0700	0,0543	(-0,2486. 0,1086)	-1,29	0,704
Cangrejito S - Guarillo II	0,0233	0,0543	(-0,1553. 0,2020)	0,43	0,992

One-way ANOVA: Rebesa. Lagarto. Guarillo I. Guarillo II. Cangrejito

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	5	Rebesa. Lagarto. Guarillo I. Guarillo II. Cangrejito

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	4	0,000000	0,000000	1331,08	0,000
Error	10	0,000000	0,000000		
Total	14	0,000000			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0000063	99,81%	99,74%	99,58%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Rebesa	3	0,000510	A
Guarillo II	3	0,000320	B
Guarillo I	3	0,000307	B
Cangrejito	3	0,000187	C
Lagarto	3	0,000183	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Lagarto - Rebesa	-0,000327	0,000005	(-0,000344. -0,000310)	-63,26	0,000
Guarillo I - Rebesa	-0,000203	0,000005	(-0,000220. -0,000186)	-39,38	0,000
Guarillo II - Rebesa	-0,000190	0,000005	(-0,000207. -0,000173)	-36,79	0,000
Cangrejito - Rebesa	-0,000323	0,000005	(-0,000340. -0,000306)	-62,61	0,000
Guarillo I - Lagarto	0,000123	0,000005	(0,000106. 0,000140)	23,88	0,000
Guarillo II - Lagarto	0,000137	0,000005	(0,000120. 0,000154)	26,47	0,000
Cangrejito - Lagarto	0,000003	0,000005	(-0,000014. 0,000020)	0,65	0,964
Guarillo II - Guarillo I	0,000013	0,000005	(-0,000004. 0,000030)	2,58	0,148
Cangrejito - Guarillo I	-0,000120	0,000005	(-0,000137. -0,000103)	-23,24	0,000
Cangrejito - Guarillo II	-0,000133	0,000005	(-0,000150. -0,000116)	-25,82	0,000

One-way ANOVA: Rebesa Hg. LagartoHg. Guarillo I Hg. Guarillo II Hg. Cangrejito Hg

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	5	Rebesa Hg. LagartoHg. Guarillo I Hg. Guarillo II Hg. Cangrejito Hg

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	4	0,000067	0,000017	931,24	0,000
Error	10	0,000000	0,000000		
Total	14	0,000067			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0001342	99,73%	99,63%	99,40%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Guarillo I Hg	3	0,005267	A
Rebesa Hg	3	0,005033	A
LagartoHg	3	0,002200	B
Cangrejito Hg	3	0,001033	C
Guarillo II Hg	3	0,000000	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value
LagartoHg - Rebesa Hg	-0,002833	0,000110	(-0,003194. -0,002473)	-25,86
Guarillo I H - Rebesa Hg	0,000233	0,000110	(-0,000127. 0,000594)	2,13
Guarillo II - Rebesa Hg	-0,005033	0,000110	(-0,005394. -0,004673)	-45,95
Cangrejito H - Rebesa Hg	-0,004000	0,000110	(-0,004360. -0,003640)	-36,51
Guarillo I H - LagartoHg	0,003067	0,000110	(0,002706. 0,003427)	27,99
Guarillo II - LagartoHg	-0,002200	0,000110	(-0,002560. -0,001840)	-20,08
Cangrejito H - LagartoHg	-0,001167	0,000110	(-0,001527. -0,000806)	-10,65
Guarillo II - Guarillo I H	-0,005267	0,000110	(-0,005627. -0,004906)	-48,08
Cangrejito H - Guarillo I H	-0,004233	0,000110	(-0,004594. -0,003873)	-38,64
Cangrejito H - Guarillo II	0,001033	0,000110	(0,000673. 0,001394)	9,43

One-way ANOVA: Rebesa Sed C. Lagarto Sed . Guarillo I S. Guarillo II . Cangrejito S

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	5	Rebesa Sed Cd. Lagarto Sed Cd. Guarillo I Sed Cd. Guarillo II Sed Cd. Cangrejito Sed Cd

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	4	0,08223	0,020557	12,14	0,001
Error	10	0,01693	0,001693		
Total	14	0,09916			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0411501	82,92%	76,09%	61,58%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Rebesa Sed Cd	3	0,3900	A
Cangrejito Sed Cd	3	0,3300	A B
Guarillo II Sed Cd	3	0,2400	B C
Guarillo I Sed Cd	3	0,2133	C
Lagarto Sed Cd	3	0,1967	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Lagarto Sed - Rebesa Sed C	-0,1933	0,0336	(-0,3038. -0,0829)	-5,75	0,001
Guarillo I S - Rebesa Sed C	-0,1767	0,0336	(-0,2871. -0,0662)	-5,26	0,003
Guarillo II - Rebesa Sed C	-0,1500	0,0336	(-0,2605. -0,0395)	-4,46	0,008
Cangrejito S - Rebesa Sed C	-0,0600	0,0336	(-0,1705. 0,0505)	-1,79	0,431
Guarillo I S - Lagarto Sed	0,0167	0,0336	(-0,0938. 0,1271)	0,50	0,986
Guarillo II - Lagarto Sed	0,0433	0,0336	(-0,0671. 0,1538)	1,29	0,703
Cangrejito S - Lagarto Sed	0,1333	0,0336	(0,0229. 0,2438)	3,97	0,018
Guarillo II - Guarillo I S	0,0267	0,0336	(-0,0838. 0,1371)	0,79	0,927
Cangrejito S - Guarillo I S	0,1167	0,0336	(0,0062. 0,2271)	3,47	0,038
Cangrejito S - Guarillo II	0,0900	0,0336	(-0,0205. 0,2005)	2,68	0,128

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Rebesa Sd Hg. Lagarto Sed . Guarillo I S. Guarillo II . Cangrejito S

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	5	Rebesa Sd Hg. Lagarto Sed Hg. Guarillo I Sed Hg. Guarillo II Sed Hg. Cangrejito Sed Hg

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	4	0,037181	0,009295	49,57	0,000
Error	10	0,001875	0,000188		
Total	14	0,039056			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0136943	95,20%	93,28%	89,20%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Rebesa Sd Hg	3	0,1300	A
Guarillo II Sed Hg	3	0,09467	A
Lagarto Sed Hg	3	0,05333	B
Cangrejito Sed Hg	3	0,007033	C
Guarillo I Sed Hg	3	0,001000	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Lagarto Sed - Rebesa Sd Hg	-0,0767	0,0112	(-0,1134. -0,0399)	-6,86	0,000
Guarillo I S - Rebesa Sd Hg	-0,1290	0,0112	(-0,1658. -0,0922)	-11,54	0,000
Guarillo II - Rebesa Sd Hg	-0,0353	0,0112	(-0,0721. 0,0014)	-3,16	0,061
Cangrejito S - Rebesa Sd Hg	-0,1230	0,0112	(-0,1597. -0,0862)	-11,00	0,000
Guarillo I S - Lagarto Sed	-0,0523	0,0112	(-0,0891. -0,0156)	-4,68	0,006
Guarillo II - Lagarto Sed	0,0413	0,0112	(0,0046. 0,0781)	3,70	0,027
Cangrejito S - Lagarto Sed	-0,0463	0,0112	(-0,0831. -0,0095)	-4,14	0,013
Guarillo II - Guarillo I S	0,0937	0,0112	(0,0569. 0,1304)	8,38	0,000
Cangrejito S - Guarillo I S	0,0060	0,0112	(-0,0307. 0,0428)	0,54	0,981
Cangrejito S - Guarillo II	-0,0876	0,0112	(-0,1244. -0,0509)	-7,84	0,000

Individual confidence level = 99,18%

One-way ANOVA: Rebesa Cd co. Lagarto Cd c. Guarillo I C. Guarillo II . cANGREJITO C

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	5	Rebesa Cd concha. Lagarto Cd concha. Guarillo I Cd concha. Guarillo II Cd concha. cANGREJITO Cd concha

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	4	0,036960	0,009240	18,48	0,000
Error	10	0,005000	0,000500		
Total	14	0,041960			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Lagarto Cd concha	3	0,4500	A
Rebesa Cd concha	3	0,43333	A
Guarillo II Cd concha	3	0,3700	B
cANGREJITO Cd concha	3	0,3433	B
Guarillo I Cd concha	3	0,32333	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted
					P-Value
Lagarto Cd c - Rebesa Cd co	0,0167	0,0183	(-0,0434. 0,0767)	0,91	0,886
Guarillo I C - Rebesa Cd co	-0,1100	0,0183	(-0,1700. -0,0500)	-6,02	0,001
Guarillo II - Rebesa Cd co	-0,0633	0,0183	(-0,1234. -0,0033)	-3,47	0,038
cANGREJITO C - Rebesa Cd co	-0,0900	0,0183	(-0,1500. -0,0300)	-4,93	0,004
Guarillo I C - Lagarto Cd c	-0,1267	0,0183	(-0,1867. -0,0666)	-6,94	0,000
Guarillo II - Lagarto Cd c	-0,0800	0,0183	(-0,1400. -0,0200)	-4,38	0,009
cANGREJITO C - Lagarto Cd c	-0,1067	0,0183	(-0,1667. -0,0466)	-5,84	0,001
Guarillo II - Guarillo I C	0,0467	0,0183	(-0,0134. 0,1067)	2,56	0,153
cANGREJITO C - Guarillo I C	0,0200	0,0183	(-0,0400. 0,0800)	1,10	0,805
cANGREJITO C - Guarillo II	-0,0267	0,0183	(-0,0867. 0,0334)	-1,46	0,607



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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pág. 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2948-M29			Reporte No.	58503
EMPRESA	NOMBRE	BRIGGITE VILLON NAVAS			
nplh@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE			
TIPO DE PRODUCTO	AGUA				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA 2 REBESA	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,00050	mg/l
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	0,0050	mg/l

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 marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

ING. FERNANDA HURTADO

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO





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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2949-M29			Reporte No.	58504
EMPRESA	NOMBRE	BRIGGITE VILLON NAVAS			
nph@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE			
TIPO DE PRODUCTO	AGUA				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA 3 LAGARTO	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,00018	mg/l
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	0,0020	mg/l

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 marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

ING. FERNANDA HURTADO

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO





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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pág 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2990-M29			Reporte No.	58505
EMPRESA	NOMBRE BRIGGITE VILLON NAVAS				
npin@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE			
TIPO DE PRODUCTO	AGUA				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA 4 GUARILLO I	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PEÑO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,00030	mg/l
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	0,0050	mg/l

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.

ING. FERNANDA HURTADO

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO





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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pag: 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2951-M29			Reporte No.	58506
EMPRESA	NOMBRE	BRIGGITE VILLON NAVAS			
npln@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE			
TIPO DE PRODUCTO	AGUA				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA S GUARILLO II	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PEÑO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,00030	mg/l
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	<0,09	mg/l

Muestreo realizado por	EMPRESA
Observaciones	0,09 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

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.

ING. FERNANDA HURTADO

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO





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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2952-M29			Reporte No.	58507
EMPRESA	NOMBRE	BRIGGITE VILLON NAVAS			
nph@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE			
TIPO DE PRODUCTO	AGUA				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA 6 CANGREJITO	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,00019	mg/l
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	0,0010	mg/l

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.

ING. FERNANDA HURTADO

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO SUPLENTE





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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pág 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2948-M29			Reporte No.	58503
EMPRESA	NOMBRE BRIGGITE VILLON NAVAS				
npin@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPBE				
TIPO DE PRODUCTO	SEDIMENTO				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA 2 REBESA	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PEÑO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,35	mg/kg
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	0,1	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 marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.



ING. FERNANDA HURTADO



RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO



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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Página 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2949-M29			Reporte No.	58504
EMPRESA	NOMBRE	BRIGGITE VILLON NAVAS			
npin@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE			
TIPO DE PRODUCTO	SEDIMENTO				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA 3 LAGARTO	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,15	mg/kg
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	0,05	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 marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

ING. FERNANDA HURTADO

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO





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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pág. 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2950-M29		Reporte No.	58505	
EMPRESA	NOMBRE BRIGGITE VILLON NAVAS				
nph@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE			
TIPO DE PRODUCTO	SEDIMENTO				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA 4 GUARILLO I	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura(°C) 19-25		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	0,001	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 marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.



ING. FERNANDA HURTADO

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO





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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2953-M29			Reporte No.	58508
EMPRESA	NOMBRE	BRIGGITE VILLON NAVAS			
npjh@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE			
TIPO DE PRODUCTO	CONCHA PRIETA (ANADARA TUBERCULOSA)				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA 2 REBESA	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,44	mg/kg
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-50 1986	<0,09	mg/kg

Muestreo realizado por	EMPRESA
Observaciones	0,09 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

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.



ING. FERNANDA HURTADO



RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO



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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pag 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2951-M29			Reporte No.	58506
EMPRESA	NOMBRE	BRIGGITE VILLON NAVAS			
npln@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE			
TIPO DE PRODUCTO	SEDIMENTO				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA S GUARILLO II	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	GLA BIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,22	mg/kg
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	0,09	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 marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.



ING. FERNANDA HURTADO



RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO



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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pág 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2954-M29		Reporte No.	58509	
EMPRESA	NOMBRE BRIGGITE VILLON NAVAS				
npin@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE				
TIPO DE PRODUCTO	CONCHA PRIETA (ANADARA TUBERCULOSA)				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA 3 LAGARTO	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PEÑO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,44	mg/kg
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	<0,09	mg/kg

Muestreo realizado por	EMPRESA
Observaciones	0,09 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

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 marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

ING. FERNANDA HURTADO



RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO



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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pág 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2955-M29			Reporte No.	58510
EMPRESA	NOMBRE	BRIGGITE VILLON NAVAS			
nph@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE			
TIPO DE PRODUCTO	CONCHA PRIETA (ANADARA TUBERCULO SA)				
FACTURA	N/A	CÓDIGO/LOTE	CONCHA 4 GUARILLO I	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PE SO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,31	mg/kg
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	<0,09	mg/kg

Muestreo realizado por	EMPRESA
Observaciones	0,09 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

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.

ING. FERNANDA HURTADO

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO





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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Página 1/1

CÓDIGO ÚNICO No.	74930-2956-M29			Reporte No.	58511
EMPRESA	NOMBRE BRIGGITE VILLON NAVAS				
nph@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE				
TIPO DE PRODUCTO	CONCHA PRIETA (ANADARA TUBERCULO SA)				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA 5 GUARILLO II	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,39	mg/kg
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	<0,09	mg/kg

Muestreo realizado por	EMPRESA
Observaciones	0,09 mg/kg primer punto de la curva de calibración de Hg

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 marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

ING. FERNANDA HURTADO

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO





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

CONTROL INTERNO
MULTIDISCIPLINARIO

ORIGINAL

Pág. 1/1

CODIGO UNICO No.	74930-2952-M29			Reporte No.	58507
EMPRESA	NOMBRE BRIGGITE VILLON NAVAS				
nph@produccion.gob.ec	DIRECCIÓN	LIBERTAD, PARA ANALISIS DE ESTUDIANTES UPSE			
TIPO DE PRODUCTO	SEDIMENTO				
FACTURA	N/A	CODIGO/LOTE	CONCHA 6 CANGREJITO	FECHA DE RECEPCION	18/07/2022
PESO DECLARADO	N/A	MARCA	N/A	FECHA FINALIZACION DE ANALISIS	25/07/2022
ORDEN DE TRABAJO	225144	CLASIFICACION	N/A	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	29/07/2022
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	0,32	mg/kg
*Mercurio	PI_MP1 VARIAN AA-60 1986	0,007	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 marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

ING. FERNANDA HURTADO

RESPONSABLE DE CALIDAD Y
TÉCNICO SUPLENTE





Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

PRONUNCIAMIENTO FAVORABLE No. MAATE-ARSFC-2022-2390

Sr. VILLON NAVAS BRIGGITTE TERESA,

Una vez que la propuesta para Autorización de Recolección de Especímenes de la Diversidad Biológica Sin Fines Comerciales para Investigación Científica, ha sido analizada, el Ministerio del Ambiente y Agua en uso de las atribuciones que le confiere el Acuerdo Interministerial SENESCYT-MAE N°001 aprueba el Proyecto **Determinación de concentraciones de cadmio y mercurio en concha prieta Anadara tuberculosa agua y sedimento del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro.**, al haber cumplido con los parámetros técnicos, administrativos y legales, establecidas en la ley.

Por lo dispuesto, se solicita realizar el pago correspondiente en:

BANECUADOR

RUC MAATE: 1768192860001

CUENTA CTE. No. 3001480604 / SUB-LÍNEA: 190499

TIPOS DE SERVICIOS: Servicios de Áreas Protegidas y Vida Silvestre

En base a lo dispuesto en el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria.

Atentamente,

LAGLA CHIMBA BYRON ADRIAN

DIRECCIÓN DE BIODIVERSIDAD



AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 1782

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

No. MAATE-ARSFC-2022-2390

Documento de Identificación	0930454020
Solicitante	VILLON NAVAS BRIGGITTE TERESA
Ver Detalles	MAATE-ARSFC-2022-2390

1.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Componente a Recolectar * Animal Archaea Bacteria Chromista Fungi Plantae Protozoa Viruses

Título del Proyecto:	Determinación de concentraciones de cadmio y mercurio en concha prieta Anadara tuberculosa agua y sedimento del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro.								
Planteamiento del Problema: *	Dentro del conjunto de contaminantes que afectan a los ecosistemas marinos costeros tenemos al cadmio (Cd) y el mercurio (Hg), los cuales se consideran de los más dañinos debido al grado de toxicidad y por concentrarse en las redes tróficas.								
Objetivo General: *	Determinar las concentraciones de cadmio y mercurio en concha prieta (Anadara tuberculosa), sedimento y agua analizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica a través de un laboratorio estandarizado - certificado, con la finalidad de conocer si el recurso se encuentra apto para consumo humano del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro.								
Objetivos Específicos:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1. Cuantificar la concentración de cadmio y plomo en agua y sedimento de las muestras obtenidas en el área de estudio.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3. Correlacionar las concentraciones de cadmio y mercurio en agua, sedimento y el organismo de estudio (Anadara tuberculosa) obtenidas de las diferentes estaciones de muestreos con los parámetros físico - químicos (pH, temperatura, salinidad).</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2. Analizar la concentración de cadmio y mercurio del tejido blando en concha prieta (Anadara tuberculosa) para conocer si está apta para consumo humano.</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Descripción	1	1. Cuantificar la concentración de cadmio y plomo en agua y sedimento de las muestras obtenidas en el área de estudio.	2	3. Correlacionar las concentraciones de cadmio y mercurio en agua, sedimento y el organismo de estudio (Anadara tuberculosa) obtenidas de las diferentes estaciones de muestreos con los parámetros físico - químicos (pH, temperatura, salinidad).	3	2. Analizar la concentración de cadmio y mercurio del tejido blando en concha prieta (Anadara tuberculosa) para conocer si está apta para consumo humano.
N°	Descripción								
1	1. Cuantificar la concentración de cadmio y plomo en agua y sedimento de las muestras obtenidas en el área de estudio.								
2	3. Correlacionar las concentraciones de cadmio y mercurio en agua, sedimento y el organismo de estudio (Anadara tuberculosa) obtenidas de las diferentes estaciones de muestreos con los parámetros físico - químicos (pH, temperatura, salinidad).								
3	2. Analizar la concentración de cadmio y mercurio del tejido blando en concha prieta (Anadara tuberculosa) para conocer si está apta para consumo humano.								

Antecedentes: *	Sólo se tiene constancia y registro de un estudio dentro del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro (REVISMEM), el cual fue realizado por Mero et al. (2012), donde tomaron muestras in situ de agua, sedimentos y organismos (Anadara tuberculosa y Anadara grandis), mediante el cual buscaban detectar la presencia de cadmio y plomo y de igual forma utilizar a las nombradas especies como bioindicadores, ya que son de gran importancia tanto para el comercio como para el consumo interno en las comunidades asentadas en el Golfo de Guayaquil. El mismo estudio concluyó que, las concentraciones de cadmio y plomo detectadas en agua en tres estaciones de muestreo excedieron los límites permisibles según los criterios de calidad de agua admisibles para la preservación de la flora, fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario descrito en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS - 2009), asimismo las concentraciones de cadmio y plomo en sedimentos varió				
Justificación: *	La ingesta de metales pesados por los organismos acuáticos depende del hábitat y hábitos alimenticios. Las especies filtradoras y organismos planctónicos están más expuestos a los metales pesados disueltos en agua o asociados a partículas (Olavarria, 2007). De todos los metales pesados, el cadmio posee una movilidad y dispersión ambiental muy elevada por la relativa solubilidad de sus sales e hidróxidos que lo convierten en un contaminante cosmopolita que causa un gran impacto ambiental (Ruiz, 2003). Además, reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico: 1. Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente; 2. Bioacumulación; 3. Persistencia en el medio ambiente; 4. Viaja grandes distancias con el viento y en los cursos de agua (Ramírez, 2002). Por otra parte, la mayor concentración de mercurio, así como su contaminación se ha constatado en especies acuáticas tanto de				
Técnicas de laboratorio:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Espectrofotometría de absorción atómica</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Descripción	1	Espectrofotometría de absorción atómica
N°	Descripción				
1	Espectrofotometría de absorción atómica				

8- METODOLOGÍA APLICADA AL LABORATORIO

Métodos empleados en el laboratorio: *

Las muestras de agua colectadas serán filtradas a través de papel Whatman N°40 y rotuladas para su posterior lectura en un espectrofotómetro. Las muestras de sedimento se disgregarán con un mortero y tamizarán utilizando tamices de 250, 125, 71 μm de luz de malla. Luego, las muestras tamizadas se colocarán en cápsulas de porcelana y llevadas a la estufa a una temperatura de 100 ° C durante una hora, después se pesarán a través de una balanza en tubos de ensayo donde se agregará 10 mL de HNO₃ (ácido nítrico) concentrado. Finalmente, se sellarán los tubos de ensayo con tapones cubriendo con teflón y llevados a Baño María

12- RESULTADOS ESPERADOS

Determinar cadmio y mercurio mediante el estudio de concentraciones en Anadara tuberculosa (especie de interés de consumo local) para poder conocer si existe o no un posible riesgo potencial hacia la salud de quienes la consuman cuando está contaminada por metales pesados (Cd y Hg), y a su vez comparando dichas concentraciones con las que posiblemente se hallen en muestras de agua y sedimento para conocer el funcionamiento de dicho metal dentro de estos factores abióticos y su incorporación a la cadena trófica. Así como, su potencial como bioindicador de metales pesados.

OBLIGACIONES DEL/ LOS INVESTIGADORES.

9. Ingresar al sistema electrónico de recolecta de especímenes de especies la diversidad biológica del ministerio del ambiente y agua, el o los informes parciales o finales en formato PDF, en el formato establecido.

Con los siguientes anexos:

- Escaneado de el o los certificados originales del depósito o recibo de las muestras, emitidas por las Colecciones Científicas Ecuatorianas como Internacionales depositarias de material biológico.
- Escaneado de las publicaciones realizadas o elaboradas en base al material biológico

- Escaneado de material fotográfico que considere el investigador pueda ser utilizados para difusión. (se mantendrá los derechos de autor).

10. Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos el número de Autorización de Recolección otorgada por el Ministerio del Ambiente y Agua, con el que se recolecto el material biológico.

11. Depositar los holotipos en una institución científica depositaria de material biológico.

12. Los holotipos solo podrán salir del país en calidad de préstamo por un periodo no más de un año.

13. Las muestras biológicas a ser depositadas deberán ingresar a las colecciones respectivas siguiendo los protocolos emitidos por el Curador/a custodio de los especímenes.

14. Las muestras deberán ser preservadas, curadas y depositadas de lo contrario, se deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.

DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD
LAGLA CHIMBA BYRON ADRIAN

La Libertad, 15 de Agosto del 2022

Oficio No. 37-RGDM-2022

Señor Ingeniero
Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
En su despacho.

Por medio del presente, procedo a informar que se ha realizado el respectivo seguimiento y supervisión, en calidad de tutor de la estudiante BRIGGITTE TERESA VILLÓN NAVAS con C.C. 0930454020, cuyo tema es "DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y MERCURIO EN CONCHA PRIETA, *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833), EN AGUA Y SEDIMENTO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE MANGLARES EL MORRO". La estudiante ha acogido todas las sugerencias remitidas, con la finalidad que el documento presente la calidad pertinente de un trabajo de titulación.

De acuerdo a lo indicado, extiendo el **AVAL** correspondiente en calidad de tutor del tema "DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y MERCURIO EN CONCHA PRIETA, *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833), EN AGUA Y SEDIMENTO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE MANGLARES EL MORRO". La portadora de este documento podrá hacer uso del mismo para los fines pertinentes y de acuerdo a las normativas de titulación vigente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,



Bigo. Ricardo Duque Marín, M.Sc.

DOCENTE TITULAR AGREGADO.

C.C. Archivo

Ing. Jimmy Villón
Director de la Carrera de Biología Universidad Estatal de
Santa Elena
En su despacho.-

Yo, **OSCAR DAVID VASCONEZ CALDERON**, Administrador del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, CERTIFICO QUE; la Srta. **VILLÓN NAVAS BRIGGITTE TERESA**, estudiante de la carrera de Biología de la Universidad Estatal Península de Santa Elena con cédula de identidad número **0930454020**

CERTIFICO.-

Que el trabajo de tesis previo la obtención del título de Biólogo con el tema **"DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DE CADMIO Y MERCURIO EN CONCHA PRIETA, *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) AGUA Y SEDIMIENTO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE MANGLARES EL MORRO"**, tuvo seguimiento en todo el periodo de investigación por el Blgo Juan Romero, encargado del programa de Manejo de Biodiversidad del área protegida, contando con el acompañamiento del equipo técnico del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, verificando que toda la información y datos recolectados obtenidos sean originales.

Así mismo, certifico que todo el trabajo ha sido realizado de manera personal por la estudiante en mención.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la peticionaria dar el uso pertinente en lo que estime conveniente. De ser el caso, estoy presto a dar toda la información que se requiera.

Atentamente,



**OSCAR DAVID
VASCONEZ
CALDERON**

OSCAR DAVID VASCONEZ CALDERON
Administrador del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro.

