



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

“METALES PESADOS EN AGUA, SEDIMENTOS Y RAÍCES DE *Rhizophora mangle*
DE LA RESERVA ECOLÓGICA MANGLARES CAYAPAS MATAJE, PROVINCIA
DE ESMERALDAS.”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODesarrollo

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

04. GESTIÓN SOSTENIBLE Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS
NATURALES

SUBLÍNEA. AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

AUTORA: KAROL MAYTE ECHEVERRÍA SIMBAÑA

ASESOR: Ph.D. RUBÉN DEL TORO DÉNIZ

IBARRA, DICIEMBRE-2019



Ibarra, 16 de Diciembre de 2019

Ph.D. Rubén Del Toro Déniz
ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f:)

Ph.D. Rubén Del Toro Déniz

C.C.: 175754447-1



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f) 

Ph.D. Rubén Del Toro Déniz

C.C. 100174372-1

(f) 

Ph.D. Paolo Ordoñez

C.C. 110376487-2

(f) 

Mgs. Moraima Mera

C.C. 100174372-1



ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Karol Mayte Echeverria Simbaña, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilizaciones de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 16 de Diciembre de 2019

f):

Karol Mayte Echeverria Simbaña

C.C.: 10384327-1



AUTORÍA

Yo, Karol Mayte Echeverria Simbaña, portador de la cédula de ciudadanía N° 1003843271, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f): .....

Karol Mayte Echeverria Simbaña

C.C.: 100384327-1



DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo: Karol Mayte Echeverria Simbaña, con CC: 100384327-1, autor del trabajo de grado intitulado: “METALES PESADOS EN AGUA, SEDIMENTOS Y RAÍCES DE *Rhizophora mangle* DE LA RESERVA ECOLÓGICA MANGLARES CAYAPAS MATAJE, PROVINCIA DE ESMERALDAS.”, previo a la obtención del título profesional de Ingeniero en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, Lunes, Diciembre 2019

(f.) 

Karol Mayte Echeverria Simbaña

C.C. 100384327-1



DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJOS DE TITULACIÓN

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación del Proyecto de Titulación: “Metales pesados en agua, sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle* de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje, Provincia de Esmeraldas.”; lo propuesto en el Código de Ética de la Investigación y el Aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 15 de Enero de 2018.

Para Constancia firma:

f) 

Karol Mayte Echeverria Simbaña

CC: 100384327-1

Ingeniería Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo.

DEDICATORIA

En especial a Carmen, mi madre; quien con su amor, ejemplo de perseverancia y sacrificio me ha enseñado a valorar todo lo que tengo y motivado a trabajar por alcanzar mis sueños.

A mi Abuelita Elena por cuidarme y estar presente no solo en esta importante etapa de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome su amor incondicional.

A mi familia porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida además de siempre acompañarme y brindarme su apoyo en el transcurso de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi Madre mi principal motivación y apoyo, gracias por todo el esfuerzo invertido para la culminación de mis estudios.

A mis Abuelos por haberme cuidado y forjado en la persona que soy actualmente, brindándome amor y cariño como una hija más.

A mis amigas Lizbeth, Melanie y Melissa quienes han estado incondicionalmente en los buenos y malos momentos, dedicándome palabras de aliento para no decaer y cumplir con mis ideales.

A mi tutor de tesis, Doctor Rubén del Toro, gracias por toda su paciencia y todo el tiempo que dedicó en asesorar este proyecto.

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
3.1. OBJETIVOS	7
3.1.1. Objetivo General.....	7
3.1.2. Objetivos Específicos	7
3.2. HIPÓTESIS.....	8
3.2.1. Variable independiente	8
3.2.2. Variable dependiente	8
4. ESTADO DEL ARTE	9
4.1. Antecedentes	9
4.1.1. Metales pesados en ríos que desembocan en la REMACAM	9
4.1.2. Metales pesados en ecosistemas de manglar	9
4.1.3. Metales pesados en sedimentos	10
4.1.4. Metales pesados en <i>Rhizophora mangle</i>	11
4.1.5. Metales pesados y parámetros fisicoquímicos.....	12
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
5.1. Área de Estudio	14
5.2. Materiales, Equipos, Reactivos e Insumos.....	15
5.3. Levantamientos de datos	16
5.4. Colecta y conservación de las muestras	17
5.5. Recolección de muestras de agua, sedimentos y raíces de <i>Rhizophora mangle</i>	19
5.6. Análisis en el Laboratorio	21
5.7. Titulación de soluciones de calibración	22
5.8. Titulaciones de soluciones stock de Cd y Pb (100 ppm)	22
5.9. Establecimiento de las curvas de calibración.....	22
5.10. Cuantificación de metales.....	23
5.10.1. Agua	23
5.10.2. Sedimentos	23
5.10.3. Raíces de <i>Rhizophora mangle</i>	25
5.11. Lectura de la muestra.....	27

5.12.	Control de la calidad.....	27
5.13.	Análisis de datos Bioconcentración la especie <i>Rhizophora mangle</i>	28
5.14.	Análisis estadístico	29
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
6.1.	Resultados	30
6.2.	Discusión.....	49
7.	CONCLUSIONES.....	56
8.	RECOMENDACIONES	57
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
10.	ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas Geográficas de los Puntos de Muestreo en La Reserva	17
Tabla 2. Condiciones para la determinación de Cadmio	22
Tabla 3. Condiciones para la determinación de Plomo	23
Tabla 4. Curva de calibración de estándares.....	27
Tabla 5. Concentración de plomo en agua de manglar de la REMACAM (época seca).....	30
Tabla 6. Concentración de plomo en agua de manglar de la REMACAM (época lluviosa)	30
Tabla 7. Concentración de cadmio en agua de manglar de la REMACAM (época seca) ...	31
Tabla 8. Concentración de cadmio en agua de manglar de la REMACAM (época lluviosa)	31
Tabla 9. Concentración de plomo en sedimento de la REMACAM (época seca).....	32
Tabla 10. Concentración de plomo en sedimento de la REMACAM (época lluviosa).....	32
Tabla 11. Concentración de cadmio en sedimentos de la REMACAM (época seca)	32
Tabla 12. Concentración de cadmio en sedimento de la REMACAM (época lluviosa)	33
Tabla 13. Concentración de plomo en raíz de <i>Rhizophora mangle</i> de la REMACAM (época seca).....	33
Tabla 14. Concentración de plomo en raíz de <i>Rhizophora mangle</i> de la REMACAM (época lluviosa).....	33
Tabla 15. Concentración de cadmio en raíz de <i>Rhizophora mangle</i> de la REMACAM (época seca).....	34
Tabla 16. Concentración de cadmio en raíz de <i>Rhizophora mangle</i> de la REMACAM (época lluviosa)	34
Tabla 17. Factores de concentración de plomo y cadmio en raíces de <i>R. mangle</i>	34
Tabla 18. Potencial de hidrogeno del agua	35
Tabla 19. Características físico – químicas en agua (época seca)).....	35
Tabla 20. Características físico – químicas en agua (época lluviosa).....	35
Tabla 21. Correlación plomo y parámetros físico químicos en agua (época seca).....	37
Tabla 22. Correlación Plomo con los parámetros físico químicos en agua (época lluviosa)	37
Tabla 23. Correlación cadmio y parámetros físico químicos en agua (época seca)	37
Tabla 24. Correlación cadmio y parámetros físico químicos en agua (época lluviosa)	38
Tabla 25. Correlación plomo en agua, plomo en sedimentos y plomo en raíces (época seca)	38
Tabla 26. Correlación plomo en agua, plomo en sedimentos y plomo en raíces (época lluviosa).....	39
Tabla 27. Correlación cadmio en agua, cadmio en sedimento y cadmio en raíces (época seca).....	39
Tabla 28. Correlación cadmio en agua, cadmio en sedimentos y cadmio en raíces (época lluviosa).....	39
Tabla 29. Predicciones de plomo y parámetros físico químicos en agua (época seca)	40

Tabla 30. Predicciones de plomo y parámetros físico químicos en agua (época lluviosa)..	41
Tabla 31. Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del plomo y parámetros físico químicos en agua (época seca)	41
Tabla 32. Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del plomo y parámetros físico químicos en agua (época lluviosa)	42
Tabla 33. Ecuaciones cadmio y parámetros físico químicos en agua (época seca).....	42
Tabla 34. Ecuaciones cadmio y parámetros físico químicos en agua (época lluviosa)	43
Tabla 35. Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del cadmio y parámetros físico químicos en agua (época seca)	43
Tabla 36. Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del cadmio y parámetros físico químicos en agua (época seca)	43
Tabla 37. Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del cadmio y parámetros físico químicos en agua (época lluviosa)	44
Tabla 38. Ecuaciones plomo en agua, plomo en sedimentos y plomo en raíces (época seca)	44
Tabla 39. Ecuaciones plomo en agua, plomo en sedimentos y plomo en raíces (época lluviosa).....	44
Tabla 40. Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del plomo en agua, plomo en sedimentos y plomo en raíces (época seca)	45
Tabla 41. Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del plomo en agua, plomo en sedimentos y plomo en raíces (época seca)	45
Tabla 42. Ecuaciones cadmio en agua, cadmio en sedimentos y cadmio en raíces (época seca).....	45
Tabla 43. Ecuaciones cadmio en agua, cadmio en sedimentos y cadmio en raíces (época lluviosa).....	46
Tabla 44. Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del cadmio en agua, cadmio en sedimentos y cadmio en raíces (época seca).....	46
Tabla 45. Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del cadmio en agua, cadmio en sedimentos y cadmio en raíces (época lluviosa).....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de muestreo en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje.....	14
Figura 2. Punto M1 (frente al muelle del cantón San Lorenzo)	17
Figura 3. Punto M2 (frente a la base militar del cantón San Lorenzo).....	18
Figura 4. Punto M3 (ex camaronera de la empresa Acualosa)	18
Figura 5. Sitio M4 (sector La Tolita ex minería de extracción artesanal de oro)	19
Figura 6. Toma de muestra de Agua.....	20
Figura 7. Toma de muestra de sedimentos	20
Figura 8. Toma de muestra de raíces	21
Figura 9. Toma de parámetros físicos y químicos	21
Figura 10. Muestra de agua preservada	23
Figura 11. Tamizado de sedimentos	24
Figura 12. Secado y triturado de raíces.....	25
Figura 13. Pesado y digestión de raíces	26
Figura 14. Filtrado y enraizado de muestra de raíces	26
Figura 15. Curva de calibración de estándares del Cadmio.....	28
Figura 16. Curva de calibración de estándares del Plomo	28
Figura 17. Medición de impacto de la investigación	48
Figura 18. Diagrama de dispersión entre la variable de plomo en agua y temperatura (época seca).....	68
Figura 19. Diagrama de dispersión entre la variable de plomo en agua y salinidad (época seca).....	68
Figura 20. Diagrama de dispersión entre la variable de plomo en agua y conductividad (época seca)	68
Figura 21. Diagrama de dispersión entre la variable de plomo en agua y pH (época seca)	69
Figura 22. Diagrama de dispersión entre la variable de plomo en agua y temperatura (época lluviosa).....	70
Figura 23. Diagrama de dispersión entre la variable de plomo en agua y salinidad (época lluviosa).....	70
Figura 24. Diagrama de dispersión entre la variable de plomo en agua y conductividad (época lluviosa)	70
Figura 25. Diagrama de dispersión entre la variable de plomo en agua y pH (época lluviosa).....	71
Figura 26. Diagrama de dispersión entre la variable de cadmio en agua y temperatura (época seca)	72
Figura 27. Diagrama de dispersión entre la variable de cadmio en agua y salinidad (época seca).....	72
Figura 28. Diagrama de dispersión entre la variable de cadmio en agua y conductividad (época seca)	72
Figura 29. Diagrama de dispersión entre la variable de cadmio en agua y pH (Época seca)	73

Figura 30. Diagrama de dispersión entre la variable de cadmio en agua y temperatura (época lluviosa).....	74
Figura 31. Diagrama de dispersión entre la variable de cadmio en agua y salinidad (época lluviosa).....	74
Figura 32. Diagrama de dispersión entre la variable de cadmio en agua y conductividad (época lluviosa).....	74
Figura 33. Diagrama de dispersión entre la variable de cadmio en agua y pH (Época lluviosa).....	75
Figura 34. Diagrama de dispersión entre la variable de plomo en agua y sedimento (época seca)	76
Figura 35. Diagrama de dispersión entre la variable de plomo en agua y raíz (época seca)	76
Figura 36. Diagrama de dispersión entre la variable de plomo en agua y sedimento (época lluviosa).....	77
Figura 37. Diagrama de dispersión entre la variable de plomo en agua y raíz (época lluviosa).....	77
Figura 38. Diagrama de dispersión entre la variable de cadmio en agua y sedimento (época seca)	78
Figura 39. Diagrama de dispersión entre la variable de cadmio en agua y raíz (época seca)	78
Figura 40. Diagrama de dispersión entre la variable de cadmio en agua y sedimento (época lluviosa).....	79
Figura 41. Diagrama de dispersión entre la variable de cadmio en agua y raíz (época lluviosa).....	79
Figura 42. Datos de calibración del cadmio en espectrofotómetro de absorción atómica	80
Figura 43. Datos de calibración del plomo en espectrofotómetro de absorción atómica	80

1. RESUMEN

Anteriores investigaciones realizadas en afluentes de la provincia de Esmeraldas han evidenciado la contaminación generada por metales pesados. El objetivo principal del presente trabajo fue determinar las concentraciones de metales pesados (Cd y Pb), en agua, sedimentos y raíces de *Rizhophora mangle* en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje, en los periodos del 2018 al 2019. Para la realización del trabajo, se recolectaron muestras en época seca y lluviosa, en cuatro zonas de muestreo para finalmente ser analizadas por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Las concentraciones de metales pesados encontrados en el agua, fue de $0,5738 \text{ mg l}^{-1}$ para plomo y $0,0354 \text{ mg l}^{-1}$ para cadmio, sobrepasando los valores máximos permisibles ($\text{Pb} > 0,001 \text{ ppm}$ y $\text{Cd} > 0,005 \text{ ppm}$). En cuanto a las concentraciones de metales pesados plomo y cadmio en sedimentos fue de $34,53 \text{ mg kg}^{-1}$ y $1,16 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente, los cuales sobrepasan los límites permisibles de las normas canadienses ($\text{Pb} > 30,2 \text{ mg kg}^{-1}$ y $\text{Cd} > 0,7 \text{ mg kg}^{-1}$). Mientras que las concentraciones de metales en las raíces de *Rizhophora mangle* fue $24,25 \text{ mg kg}^{-1}$ para plomo y $1,29 \text{ mg kg}^{-1}$ para cadmio y se obtuvo un factor de concentración (FBC) de 0,70 para plomo y 0,89 para cadmio, por lo que se considera como una especie excluyente de plomo y cadmio.

La presencia del metal pesado Plomo en agua, tomado en época seca presentó asociación con el parámetro de conductividad, mientras que en la época lluviosa el plomo en agua presentó asociación tanto con el parámetro de salinidad como el de conductividad. En cuanto al metal Cadmio en agua presentó asociación en época seca con los parámetros de temperatura, salinidad y pH, de igual manera se observó en época lluviosa una asociación del cadmio en agua con los parámetros de conductividad y pH.

Existe asociación entre la concentración de plomo en agua y concentración en sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, en época seca, también se encontró asociación de la concentración de cadmio en agua y la concentración de cadmio en sedimentos en época seca, mientras que en época lluviosa se observó asocian entre la concentración de cadmio en agua y asociación de cadmio en raíces de *Rhizophora mangle*.

Palabras clave: Metales pesados, *Rizhophora mangle*, límites permisibles, plomo, cadmio

2. ABSTRACT

Previous investigations conducted in tributaries of the province of Esmeraldas have evidenced the pollution generated by heavy metals. The main objective of the present work was to determine the concentrations of heavy metals (Cd and Pb), in water, sediments and roots of *Rizhophora mangle* in the Cayapas Mataje Mangrove Ecological Reserve, in the periods from 2018 to 2019. For the realization of the work, samples were collected in dry and rainy season, in four sampling areas to finally be analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometry.

The heavy metal concentrations found in the water were 0.5738 mg l⁻¹ for lead and 0,0354 mg l⁻¹ for cadmium, exceeding the maximum allowable values (Pb > 0,001 ppm and Cd > 0,005 ppm). Regarding the concentrations of heavy metals, lead and cadmium in sediments, it was 34,53 mg kg⁻¹ and 1,16 mg kg⁻¹ respectively, which exceed the permissible limits of Canadian standards (Pb > 30,2 mg kg⁻¹ and Cd > 0,7 mg kg⁻¹). While the concentrations of metals in the roots of *Rizhophora mangle* were 24,25 mg kg⁻¹ for lead and 1,29 mg kg⁻¹ for cadmium and a concentration factor (BCF) of 0,70 for lead and 0,89 was obtained for cadmium, so it is considered as an exclusionary species of lead and cadmium.

The presence of the heavy metal Lead in water, taken in the dry season, was associated with the conductivity parameter, while in the rainy season the lead in water showed an association with both the salinity and conductivity parameters. As for the metal, Cadmium in water showed an association in the dry season with the parameters of temperature, salinity and pH, in the same way an association of the cadmium in water with the conductivity and pH parameters was observed in the rainy season.

There is an association between the concentration of lead in water and concentration in sediments and roots of *Rhizophora mangle*, in the dry season, there was also an association of the concentration of cadmium in water and the concentration of cadmium in sediments in the dry season, while in the rainy season it was observed to associate between the concentration of cadmium in water and association of cadmium in roots of *Rhizophora mangle*.

Keywords: Heavy metals, *Rizhophora mangle*, allowable limits, lead, cadmium

3. INTRODUCCIÓN

Los manglares son denominados sistemas marinos costeros de gran importancia, poseen dos zonas estrechamente relacionadas la terrestre y la marina, lo que conlleva a que albergue gran biodiversidad de especies. Denominado como un ecosistema de gran valor debido a la extensa producción de material seco, superando las 25 toneladas por hectárea anualmente (Agraz et al., 2006).

La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje (REMACAM), ubicada al norte de la provincia de Esmeraldas, debido a sus características naturales sobresalientes, recursos paisajísticos, arqueológicos y culturales, fue declarada como Reserva Ecológica el 15 de noviembre de 1995. Además de su alta biodiversidad esta reserva forma parte de la Lista de Humedales de Importancia Internacional de Ramsar, desde el 12 de junio del 2003, con 44,847 Ha de humedales; su gran valor se lo atribuye a la compleja y diversidad de especies que acoge, muchas de ellas endémicas y amenazadas como el cocodrilo (*Crocodylus acutus*), la nutria (*Lontra longicaudata*), entre otros (Ministerio del Ambiente, 2008).

Actualmente la conservación de los manglares se ve afectada a consecuencia de las actividades antropogénicas, la inadecuada administración de desechos domésticos, la incorrecta disposición final de los combustibles por reparación de embarcaciones y motores fuera de borda, contaminantes que son arrojados directamente al manglar (Arizaga, 2015).

Según el Global Initiative against Transnational Organized Crime Diario (2016) afirma que la contaminación de los ríos de la provincia de Esmeraldas tiene como principal factor la minería ilegal de extracción de oro, por parte de la Universidad Central del Ecuador se han hecho estudios en diferentes localidades de la provincia, tomando 14 muestras en distintos puntos de los ríos Cayapas y ríos Santiago; que dieron como resultado la presencia de arsénico, aluminio, cianuro y cobre. Estos ríos por la actividad de la minería ilegal contienen una gran cantidad de metales pesados, que sin tratamiento adecuado desembocan en los manglares siendo esto muy preocupante para dicho ecosistema.

Flamand y Rojas (2015), afirman que la situación actual de los manglares es delicada y

compleja a consecuencia de las actividades antrópicas. El aumento desmedido de contaminantes ha comprometido las condiciones de los ecosistemas marinos y costeros, uno de ellos es la presencia de metales pesados que debido a su alta solubilidad en medios acuáticos son altamente propensos a ser adsorbidos por organismos acuáticos y se trasladan fácilmente, llegando a acumularse en plantas y animales de la zona.

La toxicidad de cualquier sustancia depende de la dosis, es por esta razón que los compuestos metálicos pueden ser para el humano esencialmente necesarios para la vida y solo llegan a ser tóxicos en elevadas concentraciones, mientras que otros no son esenciales y llegan a ser tóxicos en cualquier concentración. Dentro del segundo grupo mencionado están los dos metales estudiados en la presente investigación, el cadmio y el plomo, caracterizados por ser altamente tóxicos (Hernández et al., 2004).

El cadmio (Cd), con número atómico 48 y masa atómica 112,411; este metal es uno de los mayores contaminantes ambientales e industriales, debido a su alta capacidad de bioacumulación que ocasiona su persistencia en el ambiente y además tiene la capacidad de transportarse a grandes distancias con el viento y cursos de agua (Ramírez, 2013).

Al Cadmio se lo encuentra en forma de ión libre o como complejo iónico asociado a otras sustancias orgánicas e inorgánicas. Este metal se divide en compuestos solubles e insolubles, los solubles se transportan por medio del agua mientras que los compuestos de cadmio insolubles se depositan en el sedimento (Blumkin et al., 2015).

En la movilización y distribución de un contaminante en un medio acuático, están involucrados factores hidráulicos, microbiológicos y químicos. La solubilidad del cadmio está influenciada directamente por la dureza del agua y la presencia de sulfuros coloidales, es por ello que cuando las aguas procedentes de los ríos llegan al mar, el ión Cd^{2+} por lo general procede a unirse a las partículas en suspensión y a depositarse en sedimentos, debido a esto el metal se ubica en las zonas más cercanas a la costa y en estuarios (Sánchez, 2016).

Por otro lado, el plomo (Pb), con número atómico 82 y con un peso atómico 207,19; es un metal pesado, de color azulado. A este metal lo podemos encontrar de forma natural en el ambiente, pero se halla en mayores concentraciones en el ambiente debido a la intervención antrópica. Muchas de las aplicaciones que este metal tóxico tiene es en la industria del combustible, pinturas, productos empleados en la industria agrícola,

petrolera, etc. Las partículas grandes de plomo se colocan en contacto con el suelo o el agua por precipitación, mientras que las pequeñas partículas viajan largas distancias a través del aire y permanecen en la atmósfera, que con la intervención de la lluvia regresan al suelo (Emsley, 2001).

Una vez depositado en el suelo se conserva en la capa superficial a una profundidad de 2 a 5 cm, el plomo no se lixivia fácilmente a menos que se encuentra en un medio muy ácido. El plomo se adsorbe fuertemente en sedimentos limos, arcillas y óxidos de hierro y manganeso, también interviene en los procesos bioquímicos de todas las células y sistemas de los organismos, se unen a las proteínas principalmente a los grupos del sulfidrilo, ocasionando alteraciones en su estructura y su función (Matte, 2003).

Últimamente las investigaciones basadas en metales pesados en ecosistemas acuáticos, son de gran interés para la protección del ambiente, debido al rol fundamental que juegan estos elementos en los seres vivos (Sánchez y Bridgewater, 2007).

Con el fin de aportar al conocimiento sobre el destino de los metales pesados que ingresan a la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje y el rol que cumple el ecosistema de manglar en la retención de estos contaminantes, es de suma importancia que a más de los análisis de agua, se realicen análisis en sedimentos debido a que es un medio favorable para la acumulación y retención de metales pesados por largos periodos de tiempo a causa de las condiciones anaeróbicas y las propiedades fisicoquímicas que limitan la biodisponibilidad del metal (Cabañas, 2014).

Los sedimentos no son la única matriz que presenta relevancia en cuanto a la acumulación de metales pesados varios estudios realizados en ecosistemas de manglar se fundamentan en la capacidad de acumulación de estos contaminantes en las plantas, en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje el ecosistema está formado por tres zonas (norte, central y sur), cada una de estas dominada por una especie de mangle. Ministerio del Ambiente (2009) afirma que dentro de la REMACAM se han identificaron 55 especies pertenecientes a 23 familias. De estas, la especie *Rhizophora mangle* es la dominante en las zonas descritas, por ende representa la especie más importante dentro de la reserva, así lo menciona el Plan de Manejo de la Reserva Ecología Manglares Cayapas Mataje.

La especie *Rhizophora mangle*, es un árbol que tiene como nombre común mangle rojo, denominada así por su caracterizada corteza rojiza, es la especie que se encuentra con mayor abundancia en la REMACAM bajo la línea de la costa en las zonas de mayor grado de inundación. Sus raíces protuberantes incorporan aire y proporcionan soporte y estabilidad, además poseen poros o lenticelas que les permite incorporar nutrientes y realizar intercambio de gases, las raíces poseen sal halófila que mediante un sistema de filtración no absorbe agua salada internamente. Según Lacerda et al. (1986) este proceso afecta la absorción de metales pesados por parte de la planta, que en comparación a otras especies de árboles de mangle como *Avicennia schaueriana* (Scholander et al., 1962).

La especie *Rhizophora mangle* posee un alto valor ecológico y económico, debido a que actúa como hábitat y criadero de muchas especies de peces y mariscos de gran relevancia socioeconómica para la industria pesquera (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2012).

Los manglares juegan un rol importante en el ámbito socio económico, específicamente en el área de acuicultura local, puesto que sirven como zona de cría para gran variedad de peces y otros animales usados para la alimentación del hombre como conchas y cangrejos (Dang et al., 2006).

Pese a su gran importancia en el campo ambiental, social, económico e histórico La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje, no registra estudios que permitan dar a conocer las condiciones actuales en cuanto la contaminación por metales pesados en agua, sedimentos y raíces de mangle rojo, medios que están relacionados directamente con la calidad ambiental y los recursos socioeconómicos de los cuales la comunidad depende y se beneficia.

Por lo tanto la elaboración de esta investigación está fundamentada en determinar la presencia o ausencia de metales pesados (Cd y Pb) en agua, sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle* en cuatro puntos de muestreo de La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje. El aporte de la investigación propuesta podrá dar sustento a la búsqueda de alternativas para mitigar la contaminación, mediante la posibilidad de establecer nuevas normativas que regulen las actividades antrópicas que afectan al ecosistema.

3.1. OBJETIVOS

3.1.1. Objetivo General

Determinar los metales pesados presentes en el agua, sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle* de La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje, cantón San Lorenzo provincia de Esmeraldas.

3.1.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar la concentración de metales pesados en agua, sedimento y raíces de la especie *Rhizophora mangle*, obtenidas en el área de estudio.
- Establecer la posible asociación entre la concentración de metales pesados en agua, con las características físico – químicas (pH, temperatura, salinidad y conductividad) de La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje.
- Establecer la posible asociación entre la concentración de metales pesados en agua, con la concentración de metales en sedimentos y raíces de la *Rhizophora mangle*
- Socializar el Proyecto con las autoridades correspondientes a fin que se tomen medidas para evitar la presencia de metales pesados

3.2. HIPÓTESIS

Existen metales pesados en agua, sedimentos y raíces de la *Rhizophora mangle*, en La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje y la presencia de estos metales está asociada con las características físico – químicas (pH, temperatura, salinidad y conductividad) de La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje.

3.2.1. Variable independiente

Contenido de metales pesados Plomo y Cadmio en agua

3.2.2. Variable dependiente

Contenido de metales pesados en sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*.

3.2.3. Variable de control

Parámetros físico – químicos (pH, temperatura, salinidad y conductividad)

4. ESTADO DEL ARTE

En este apartado se presenta la naturaleza de los metales pesados a determinar en diferentes matrices ambientales, además describe el estado actual de los métodos de análisis de metales pesados.

4.1. Antecedentes

4.1.1. Metales pesados en ríos que desembocan en la Reserva

Según el Comité para la eliminación de la discriminación racial de Naciones Unidas (2017) menciona en su informe que el equipo del Centro de Investigación y Desarrollo (CID) de la PUCESE, realizó un estudio en relación a la minería, en el periodo del año 2011 hasta el año 2014, estableció 24 estaciones de monitoreo en cursos de agua del Sistema Santiago - Cayapas en los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo, arrojo como resultado que en varias especies de peces se encontraron niveles de Cadmio, Cromo Plomo, Cobre y Zinc que imposibilitarían su consumo de acuerdo a marcos legales internacionales puesto que Ecuador no cuenta con un marco legal para la jurisdicción.

Montaño (2017) afirma que tras realizar una investigación a inicios del año 2017, donde se tomó muestras a lo largo de la cuenca del Río Santiago en el cantón San Lorenzo, mismo que cabe destacar desemboca en la REMACAM, los catorce ríos estudiados fueron Punto Limpio Cachaví, Valle de la Virgen, San José de Durango, Minas Viejas, La Boca, Ricaurte (Río Palaví), Ricaurte (Río Tululbí), Wimbi, Wimbicito, Concepción, Los Ajos, Maldonado, Zapallito y Río Cachaví (San Antonio), en estos ríos se evidenció la presencia de zinc, cobre, cromo, hierro, cadmio, plomo y níquel.

4.1.2. Metales pesados en ecosistemas de manglar

Según estudios realizados por Pernía Santos et al. (2018) en el Estero Salado, ubicado en la ciudad de Guayaquil, en la costa de Ecuador, se veía evidenciada su alta contaminación de metales pesados debido a actividades antrópicas aledañas al lugar, por lo que se decidió estudiar la concentración de metales Cadmio y plomo.

Se afirma en el documento que:

En el agua, sedimento, hojas de mangles como *Rhizophora racemosa*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa*, y gasterópodos como

Littorina varia y *Cerithidea mazatlanica*. Dando como resultado los valores de Cd y Pb en agua y sedimento superaron a los límites permisibles establecidos en las normas ecuatoriana y canadiense (Pernía Santos et al., 2018).

4.1.3. Metales pesados en sedimentos

Los metales pesados son particularmente relevantes porque tienden a acumularse en los sedimentos de la superficie, lo que promueve a un aumento gradual en cuanto a su concentración en el área (Fernández, Andrade, Silva y De La Iglesia, 2014).

En diversos ecosistemas de manglares en alrededor del mundo los metales pesados en sedimentos ha sido sujeto de estudio; por ejemplo en Malasia se hicieron estudios de As, Cd, Co, Cr y Ni, en los que arrojó como resultado que las concentraciones de algunos metales, como As, Cd y Pb, fueron comparativamente más altas que los valores de los sedimentos tomados del fondo. Concluyendo que es un problema ambiental crítico para la zona y los organismos están altamente expuestos a As (Tavakoly et al., 2013).

En el Golfo de California se determinaron concentraciones fuertes para (Al, Fe, Li y Ni) y débil (para Cd, Co, Cr, Pb, V y Zn). Las concentraciones más altas en la mayoría ocurrieron en sedimentos de grano fino (Soto y Páez, 2001).

En Portugal fueron monitoreadas setenta y ocho estaciones dentro de la bahía principal del estuario y se encontró de metales pesados y metaloides, Cd, Cu, Pb, Cr, Hg, Al, Zn y As. Además se analizó el contenido de fracción fina de sedimento, la materia orgánica y el potencial redox (Caeiro et al., 2005).

Mejias, Musa, y Otero (2013) hicieron un estudio zona costera de Cataño, Puerto Rico, realizaron análisis exploratorios sobre la capacidad fitoacumulativa de tres especies de manglares para diez metales (Aluminio, mercurio, arsénico, cromo, cadmio, cobre, plomo, hierro, zinc y manganeso). Se analizaron muestras aleatorias de suelo y hojas verdes y senescentes de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*.

Los estudios mencionados anteriormente dejan en evidencia que la contaminación a largo plazo que se identificaron en varios de los ecosistemas de manglar son generados por actividades antrópicas, ocasionando un efecto directo en las condiciones ecológicas de los sedimentos (Essien, Antai, y Olajire, 2009).

4.1.4. Metales pesados en *Rhizophora mangle*

La contaminación a partir de actividades antropogénicas de metales pesados se ha convertido en una preocupación a nivel mundial. El problema se agrava en zonas costeras, particularmente en áreas de manglar debido a la hidrodinámica de la región y la vegetación propia del lugar (Kabata, 2011).

En los ecosistemas estuarinos las raíces de mangle juegan un rol importante en cuanto a la depuración del agua y sedimentos, ya que retienen elevadas cantidades de material orgánico y trazas de metales arrastrados por la marea (MacFarlane, Koller y Blomberg, 2007).

Según Ochoa et al. (2016) aseguran que la especie de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) presenta raíces absorbentes que resultan ser indicadores adecuados de contaminación por metales pesados. Por lo que esta especie podría considerarse una bioindicadora de contaminación por metales pesados.

De acuerdo a un estudio realizado por Pinheiro et al. (2012), afirma que el cangrejo *Ucides cordatus* y el mangle rojo *Rhizophora mangle* son potenciales bioacumuladores de metales. En el estudio realizado se cuantificó la acumulación de seis metales (Cd, Cr, Cu, Hg, Mn y Pb) en diferentes órganos de ambas especies en estudio, llegando a concluir que los tejidos de *R. mangle leaves* y *U. cordatus* son efectivos para monitorear metales; demostrando así ser catalogados como importantes bioindicadores de áreas de manglares contaminadas por varios metales.

Un estudio realizado en La Ciénaga Grande de Santa Marta en Colombia sobre la presencia de metales pesados como el plomo en órganos de la especie *Rhizophora mangle*, se obtuvo como resultado concentraciones bajas

Las concentraciones de plomo estuvieron bajo el límite de detección del método utilizado (<2.38 µg/g), a excepción de las raíces absorbentes (16.3 µg/g); y que existen diferencias significativas en los contenidos de cadmio, cobre y zinc entre órganos de *R. mangle*, encontrándose el siguiente orden de concentración: raíces absorbentes > tallo > hojas jóvenes > hojas adultas > raíces aéreas. (Naranjo & Troncoso, 2008, p.107)

Así mismo Cabañas (2014) expone que la especie *Rhizophora mangle* al estar expuesta al plomo fue quien presentó mayor afectación en cuanto a su morfología y fisiología, y la

concentración del metal fue baja se mantuvo en la raíz sin presentar translocación a los distintos órganos de la planta.

Desde la década de los 90, la contaminación ambiental ha podido ser medida a través del análisis de concentración en tejidos animales y plantas (Aksoy y Öztürk, 1997), especialmente en especies del género *Rhizophora* (Lisbôa et al., 2009).

A razón de lo antes expuesto la especie mangle especialmente del género *Rhizophora*, resulta eficiente y apropiada para el estudio del impacto ambiental por metales pesados en ecosistemas de manglar (De Jesus et al., 2004).

4.1.5. Metales pesados y parámetros fisicoquímicos

En el proceso de movilización de los metales pesados en agua dulce que al encontrarse con agua marina ocasiona una serie de procesos biogeoquímicos influye en la distribución de estos metales en las fases disuelta y particulada de la columna de agua, esto evidencia la complejidad del funcionamiento de estos elementos en el agua (Foster et al., 1978; Marín, 2007).

En dicho proceso intervienen factores dentro de los que destacan el pH, salinidad, conductividad y temperatura (Turner, 1996). El pH interviene directamente con la especiación química y la movilización de varios metales, siendo fundamental en las interacciones de estos elementos, como por ejemplo la dureza del agua y compuestos orgánicos (Rovira, 1993). El pH además está ligado a la estabilidad de iones como cationes, los mismos que influyen en la toxicidad de los metales pesados debido a la formación de compuestos insolubles como carbonatos, esto suele suceder especialmente cuando se mezclan aguas de distintos orígenes. Además una de las razones que representa mayor importancia para estudiar este parámetro es puesto que el pH contribuye en la eficiencia de la interacción entre el ion metálico y la superficie del adsorbente (Proaño, 2016).

En cuanto a la salinidad Harter y Naidu (2001), afirman que es una variable relevante e importante en la movilidad de los metales pesados, puesto que en sistemas estuarinos el ión Cl⁻ tiene la capacidad de formar varios complejos con los metales lo que permite que estos puedan intercambiar, aumentar o disminuir su disponibilidad en el medio acuático.

Así mismo La Consejería de Educación, Formación y Empleo de Murcia (2013) afirma:

“La conductividad eléctrica es proporcional al contenido de sales disueltas y por tanto, está directamente relacionada con la suma de cationes o aniones que se determinen químicamente y en general”. Por lo que en Macías (2015) y Cabañas (2014) decidieron en sus estudios de metales pesados en ecosistemas de manglar incluir estos parámetros.

Otro de los parámetros a tomar en cuenta es el de la temperatura debido a que tiene influencia directa sobre la solubilidad de los metales pesados causando perjuicios en la biota del ecosistema que se encuentre en contacto con el toxico (Rosas, 2001). Cabe recalcar que como regla general las altas temperaturas y la baja salinidad en un medio tienden actuar de manera sinérgica con los metales pesados, haciendo que estos aumenten su toxicidad (Bryant et al., 1985).

5. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1. Área de Estudio

Las muestras se tomaron dentro de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje (REMACAM). La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje se localiza en la provincia de Esmeraldas, comprende al cantón San Lorenzo con las parroquias Mataje, Tambillo y Palma Real y al cantón Eloy Alfaro con las parroquias Pampanal de Bolívar, Valdez y La Tola. Posee una superficie de 53.100 ha y fue declarada sitio Ramsar por la UNESCO en el año 2003 (Ministerio del Ambiente, 2015). (Figura 1)

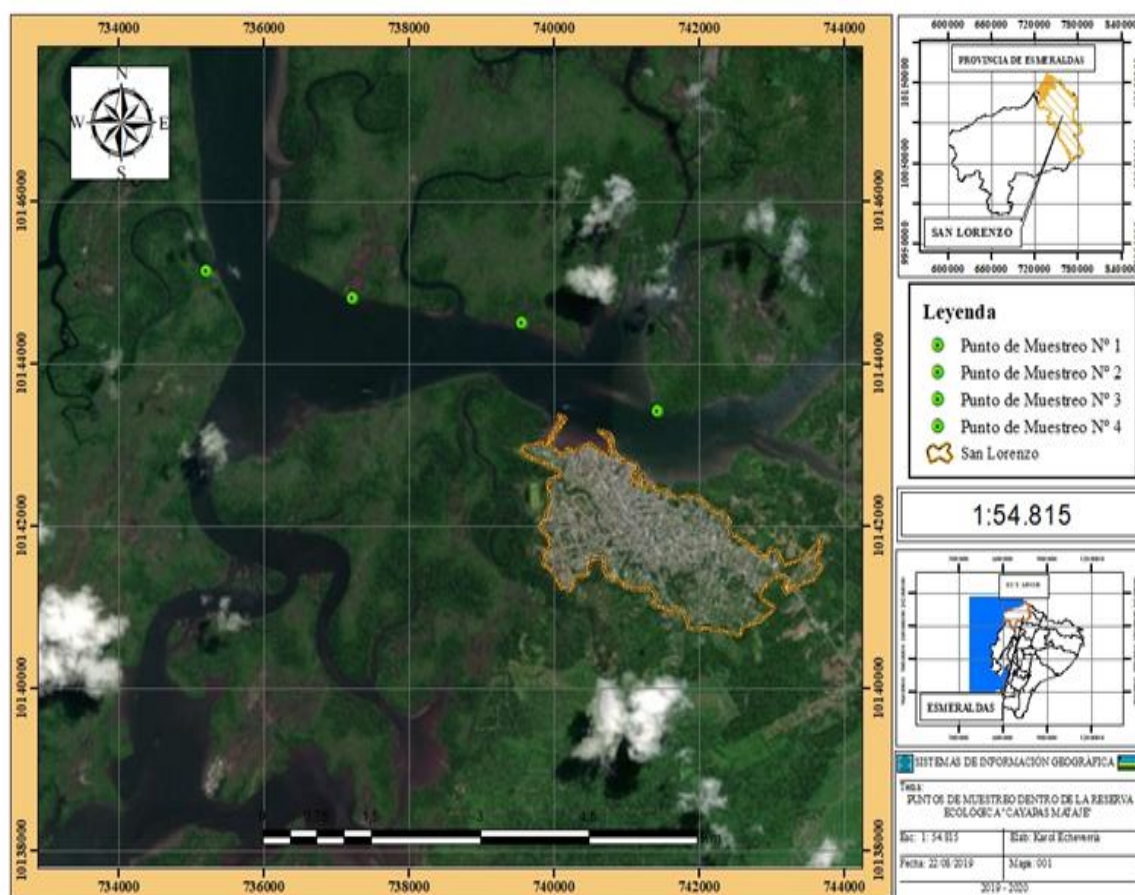


Figura 1. Puntos de muestreo en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje del cantón San Lorenzo, provincia de Esmeralda.
Fuente: El Autor.

5.2. Materiales, Equipos, Reactivos e Insumos

Materiales

- Envases de polietileno de 600ml
- Fundas tipo ziploc
- Hielera
- Navaja
- Filtro de membrana de 47mm (titan)
- Agitador
- Mascarilla
- Guantes quirúrgicos
- Pipetas volumétricas 5ml y 10ml
- Balón volumétrico 100ml
- Vasos de precipitación 50ml
- Agitador magnético
- Tamices (numero 40,50 y 60)
- Piceta

Equipos

- Bomba de vacío GAST (modelo: DOA-P704-AA) (Serie: 517000872)
- Espectrofotómetro de absorción atómica (modelo: SensAA GBC Scientific equipment Dual) (Serie: 12367)
- Balanza analítica (modelo: Adam PW254) (Serie: AE4383736)
- GPS (modelo: Garmin)
- Cabina extractora (modelo: Labconco) (Serie:2247300)
- Plato calentador (modelo: WiseStir) (Serie: 1210180045)
- Agitador Meinzer (modelo: Meinzer II) (Serie: 049902)
- Horno mufla (serie:1126209301181030)
- Estufa (Serie: 1210180008)
- Conductímetro marca Hanna instruments (Serie: 12101800105)
- Potenciómetro marca Horiba, (modelo: F-71G) (Serie: 12101801122)
- Salinometro marca Sper Scientific, (Serie: 12101800722)

Reactivos

- Ácido nítrico 65% AP
- Ácido clorhídrico AP
- Solución de referencia Cd Atomic Absorption Standard (AA) AA08N – 1, Marca AccuStandard
- Solucion de referencia Pb Atomic Absorption Standard (AA) AA29N – 1, Marca AccuStandard
- Agua ultrapura Tipo 1

Insumos

- Agua de manglar
- Sedimento de manglar
- Raíces de *Rhizophora mangle*

5.3. Levantamientos de datos

Se seleccionó un total de cuatro estaciones de muestreo:

M1: Ubicado frente al muelle de San Lorenzo

M2: Ubicado frente a la base militar de San Lorenzo

M3: Ubicado en la ex camaronera Acualosa

M4: Ubicado en el sector La Tolita ex minera de extracción artesanal de oro

Con el propósito de determinar las concentraciones de cadmio y plomo, en cada estación se captaron muestras de agua, sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, en dos periodos, marea alta y de marea baja debido a que los niveles de concentración de los metales pesados disminuyen como consecuencia del efecto de dilución que genera la entrada de agua dulce al estuario (Campos y Gallo, 1997; Peñafiel, Vallejo y Chalen, 2017). Las coordenadas de cada punto de muestreo serán determinadas utilizando un GPS.

Tabla 1.
Coordenadas Geográficas de los puntos de muestreo en La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje.

Puntos	Coordenadas X UTM	Coordenadas Y UTM
M1	17N 0741440	UTM 0143418
M2	17N 0739557	UTM 0144509
M3	17N 0737226	UTM 0144818
M4	17N 0735205	UTM 0145152

Elaborado por: El Autor

5.4. Colecta y conservación de las muestras

Se realizó dos colectas de muestras de agua, sedimento y raíces de *Rhizophora mangle*, la primera colecta el 12 de Enero del 2019 durante el periodo de marea baja y la segunda colecta el 2 de Abril de 2019 durante el periodo de marea alta, en los siguientes sitios:

- a) El primer punto de muestreo (M1) se lo realizó frente al muelle del cantón San Lorenzo



Figura 2. Punto M1 (frente al muelle del cantón San Lorenzo)

Fuente: Echeverria, K. 2019.

b) El segundo punto de muestreo (M2) frente a la base militar del cantón San Lorenzo



Figura 3. Punto M2 (frente a la base militar del cantón San Lorenzo)
Fuente: Echeverria, K. 2019.

c) El tercer punto de muestreo (M3) en la ex camaronera de la empresa Acualosa



Figura 4. Punto M3 (ex camaronera de la empresa Acualosa)
Fuente: Echeverria, K. 2019.

d) El cuarto muestreo (M4) sector La Tolita ex minería de extracción artesanal de oro



Figura 5. Sitio M4 (Sector La Tolita ex minería de extracción artesanal de oro)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

5.5. Flujo para la recolección de muestras de agua, sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*

Para los cuerpos de agua como estuarios o manglares los criterios a ser tomados en cuenta para la selección de sitios de muestreo se basan en información previamente obtenida que aporten relevancia para su selección, como por ejemplo descargas de aguas residuales, asentamientos irregulares, embarcaciones pequeñas o grandes, actividades de comercio. Por lo que se decidió tomar muestras simples (CONABIO, 2018).

La toma de muestra se realizó con material plástico previamente tratado para evitar contaminación cruzada, antes de tomar la muestra definitiva en el campo se enjuagó con la misma agua de mar. Para la colecta de muestras de agua superficial se utilizó envases de polietileno de 600ml. (figura 6)



Figura 6. Toma de muestra de Agua
Fuente: Echeverria, K. 2019.

Las muestras de sedimento fueron colectadas a 10 cm de profundidad (capa superficial) con ayuda de una espátula, para posteriormente ser conservados en fundas tipo ziploc con cierre hermético (Mero, Arcos, Egas, Siavichay y Lindao, 2012). (Figura 7).



Figura 7. Toma de muestra de sedimentos
Fuente: Echeverria, K. 2019.

Para la toma de muestras de raíces *Rhizophora mangle* se procedió en primer lugar a la identificación de la especie, mediante una inspección visual de los sitios de estudio a fin de identificar la especie *Rhizophora mangle*. “Las muestras fueron identificadas por taxonomía clásica utilizando para ello claves taxonómicas” (Ver Anexo III) (Moreno e Infante, 2016).

Según Ochoa et al. (2016):

Una vez identificada la especie, se colectó las raíces de *Rhizophora mangle* de forma manual con ayuda de una navaja entre la interacción agua sedimento a no más de 1 metro de profundidad y se conservaron en bolsas ziploc (figura 8).



Figura 8. Toma de muestra de raíces
Fuente: Echeverria, K. 2019.

También se determinó parámetros físico químicos: temperatura, salinidad, conductividad y potencial de hidrogeno (figura 9).



Figura 9. Toma de parámetros físicos y químicos
Fuente: Echeverria, K. 2019.

Una vez colectada todas las muestras se rotularon y fueron trasladadas en una hielera hasta el Laboratorio de Química de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, (PUCESI).

5.6. Análisis en el Laboratorio

Para el análisis de las muestras de agua, sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle* se utilizaron los procedimientos internos del Laboratorio de Química de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. Para la cuantificación de metales pesados se utilizó el Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

5.7. Titulación de soluciones de calibración

En base a las soluciones estándar patrón (1000 ppm) de marca acreditada en el medio científico, con la finalidad de uso en Absorción Atómica, se prepararon las distintas soluciones encaminadas a determinar la curva del elemento de interés.

5.8. Titulaciones de soluciones stock de Cd y Pb (100 ppm)

A partir de la solución stock de 1000 ppm se tomaron 1 mL de solución de cadmio y plomo respectivamente y se enrasó a 10 mL con agua desionizada ultrapura y, se homogenizó; este procedimiento se realizó con las soluciones de Cd y Pb.

5.9. Establecimiento de las curvas de calibración

Las curvas de calibración fueron ajustadas para cada elemento con los estándares correspondientes.

Cadmio.- Sus estándares fueron 0,2 – 0,4 – 0,6 – 1,2 – 1,8 (ppm)

Características tomadas del manual del espectrofotómetro de absorción atómica: ATOMIC ABSORPTION, Lamp current: -3.0mA, Flame type: - Air – Acetylene (oxidizing).

Tabla 2

Condiciones generales de trabajo para la determinación de Cadmio

Longitud de onda (nm)	Ancho de ranura (nm)	Rango de trabajo óptimo (µg/ml)	Sensibilidad (µg/ml)
228,8	0,5	0,2 – 1,8	0,009

Fuente: (GBC Scientific Equipment, 2004)

Plomo.- Sus estándares fueron 2,5 - 5 – 7,5 – 10 y 20 (ppm)

Características tomadas del manual del espectrofotómetro de absorción atómica: ATOMIC ABSORPTION, Lamp current: -5.0mA., Flame type: - Air – Acetylene (oxidizing).

Tabla 3

Condiciones generales de trabajo para la determinación de Plomo

Longitud de onda (nm)	Ancho de ranura (nm)	Rango de trabajo óptimo (µg/ml)	Sensibilidad (µg/ml)
217,0	1,0	2,5 – 20	0,06

Fuente: (GBC Scientific Equipment, 2004)

5.10. Cuantificación de metales

5.10.1. Agua (Método SM 3005A)

En el laboratorio, las muestras de agua fueron preservadas añadiendo 1ml de HNO₃ concentrado, se homogenizaron para luego ser filtradas con la ayuda de una bomba al vacío a través de una membrana de 47 µm, se enrasaron las muestras a un volumen de 100 ml (figura 10). Y por último para la cuantificación de metales pesados Cadmio y Plomo se utilizó el Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

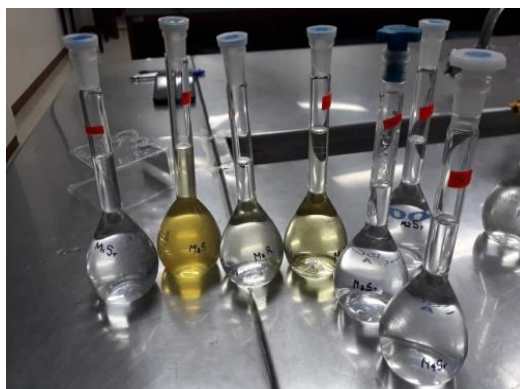


Figura 10. Muestra de agua preservada
Fuente: Echeverría, K. 2019.

5.10.2. Sedimentos (Método SM 3030E)

Las muestras de sedimento fueron colocadas en crisoles de porcelana y se secaron en la mufla a 110 °C por 24 horas, para eliminar la humedad. Luego las muestras se disgregaron y tamizaron (figura 11). (American Public Health Association, 2005).



Figura 11. Tamizado de sedimentos
Fuente: Echeverria, K. 2019.

Se procedió a pesar 2 gramos de muestra del sedimento previamente calcinado y se colocó en un vaso de precipitación, luego se añadió 15 ml de ácido nítrico y 5 ml de ácido clorhídrico, con ayuda de un agitador se procedió a remover, para ello fue necesario utilizar mascarilla y la cámara extractora.

Dentro de la cámara extractora se colocó el plato calentador, en donde fueron colocados los vasos de precipitación para proceder a la digestión. La digestión se realizó durante 12 horas 105 °C.

Pasado el tiempo se dejó enfriar los tubos y luego se filtraron las muestras en matraces de 100 ml se enrasó con agua ultrapura y se homogenizó, previamente etiquetar las muestras.

Debido a que en el proceso de filtrado se observó gran cantidad de residuos de la muestra digerida, para descartar que en ellos se retuviera los metales pesados en estudio, se decidió realizar una segunda digestión con los residuos de la primera digestión es por ello que se etiqueto las muestras como S1 (primera digestión), y Ss1 (segunda digestión).

Los datos obtenidos en la unidad de partes por millón (ppm), fueron convertidos a mg/kg, con el propósito de tener una mejor interpretación y comparación de los datos obtenidos mediante la siguiente ecuación (Ecuación 1):

$$\frac{A \times V}{W}$$

Ecuación 1: Formula para muestras sólidas

A = mg/l de metal en la muestra procesada de la curva de calibración.

V = Volumen final de la muestra procesada, l. (0,11)

W = Peso de la muestra, kg. (2g)

(United States Environmental Protection Agency, 2007).

Por último se decidió preparar una muestra que contuviese 15 ml de ácido nítrico y 5 ml de ácido clorhídrico, y se enrasó a un volumen de 100ml con agua ultrapura. Por consiguiente se corrió esta muestra para determinar las concentraciones en ppm de los metales pesados en estudio Cd y Pb, presentes en los reactivos utilizados para la digestión. Los datos se obtuvieron con el propósito de restar estas concentraciones a las muestras, para obtener un dato más preciso sobre las concentraciones de Cd y Pb en los sedimentos con el propósito de descartar alteraciones en los datos.

5.10.3. Raíces de *Rhizophora mangle*

Según Ochoa et al. (2016):

Para a toma de muestras de raíces *Rhizophora mangle* se cortaran con una navaja de vidrio entre la interacción agua-sedimento a no más de 1 metro de profundidad y se conservaron en bolsas de polietileno, ambas muestras se mantendrán en una hielera hasta su posterior análisis en laboratorio. (p.22)

En el laboratorio se procedió a lavar las muestras según la metodología de Pernía Santos et al. (2018) menciona:

Con agua destilada, se las colocó en cápsulas de porcelana, se secaron en una estufa a 80°C por 48 h, se trituraron en un mortero y se tomaron alícuotas de 0.4 g y se colocaron en vasos de precipitación previamente lavados con $HNO_3 2N$ (figura 12).



Figura 12. Secado y triturado de raíces
Fuente: Echeverría, K. 2019.

Posteriormente a cada vaso de precipitación se adicionó una mezcla de ácidos nítrico y clorhídrico (HNO_3 -HCl) en proporción 2:1, en este caso 10 ml de ácido nítrico y 5 ml de ácido clorhídrico, y se dejó que la muestras se digesten por 12 horas en las planchas agitadoras colocadas dentro de la cámara extractora por la emanación de gases marrones tóxicos. (Figura 13)



Figura 13. Pesado y digestión de raíces
Fuente: Echeverría, K. 2019.

Una vez digerida la muestra se filtró a través de filtro de membrana de $47\mu m$ y se enrasó a 100 ml con agua ultrapura. (Figura 14)



Figura 14. Filtrado y enrasado de muestra de raíces
Fuente: Echeverría, K. 2019.

Debido a que en el proceso de filtrado se observó gran cantidad de residuos de la muestra digerida, para descartar que en ellos se retuviera los metales pesados en estudio, se decidió realizar una segunda digestión con los residuos generados de la primera digestión es por ello que se etiqueto las muestras como R1 (primera digestión), y Rr1 (segunda digestión). Para su cuantificación posterior en un espectrofotómetro de absorción atómica.

Los datos obtenidos en la unidad de partes por millón (ppm), fueron convertidos a mg sobre kg, mediante la fórmula para muestras sólidas explicada anteriormente en la sección de sedimentos. (Ver Ecuación 1)

Para finalizar se decidió preparar una muestra que contuviera 10 ml de ácido nítrico y 5 ml de ácido clorhídrico, y se enrasó a un volumen de 100ml con agua ultrapura. Por consiguiente se corrió esta muestra para determinar las concentraciones en ppm de los metales pesados en estudio Cd y Pb, presentes en los reactivos utilizados para la digestión de las raíces de *Rhizophora mangle*. Los datos se obtuvieron con el propósito de restar estas concentraciones a las muestras, para obtener un dato más preciso sobre las concentraciones de Cd y Pb en las raíces con el fin de descartar alteraciones en los datos.

5.11. Lectura de la muestra

Previamente se calibró la curva de estándares para cada elemento (Plomo y Cadmio) y luego se realizaron las lecturas de las muestras digeridas en el espectrofotómetro de absorción atómica. Cabe recalcar que se realizaron 3 lecturas por muestra.

5.12. Control de la calidad

De forma simultánea se realizaron lecturas de las muestras control, contemplando lecturas de concentración de chequeo del equipo (duplicado de muestra). Luego se realizó las lecturas de repetibilidad, donde cada valor es un promedio de tres lecturas.

Curvas de calibración

Previamente a la lectura de las muestras se calibra el equipo con estándares de los metales en estudio (Cadmio y Plomo) (Tabla 4, figura 15 y 16)

Tabla 4

Estándares de los metales Cd y Pb para la curva de calibración en espectrofotómetro de absorción atómica

Metal	Estándar 1	Estándar 2	Estándar 3	Estándar 4	Estándar 5
CADMIO (ppm)	0,2	0,4	0,6	1,2	1,8
PLOMO (ppm)	2,5	5	7,5	10	20

Elaborado por: El autor

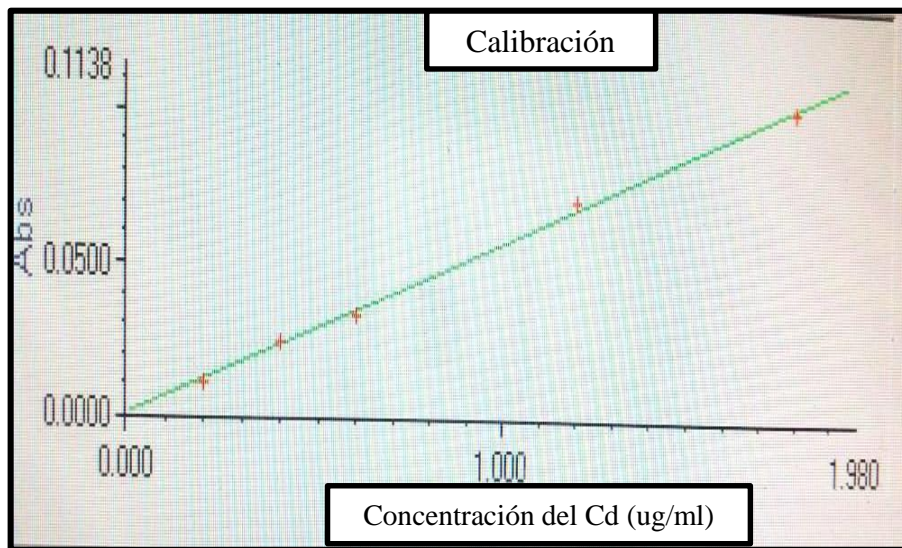


Figura 15. Curva de calibración de estándares del Cadmio
 Nota: Ecuación: $\text{Conc} = 17.1744 * \text{Abs}$; $R^2: 0.9972$ R: 0.9986
 Fuente: Echeverría, K. 2019.

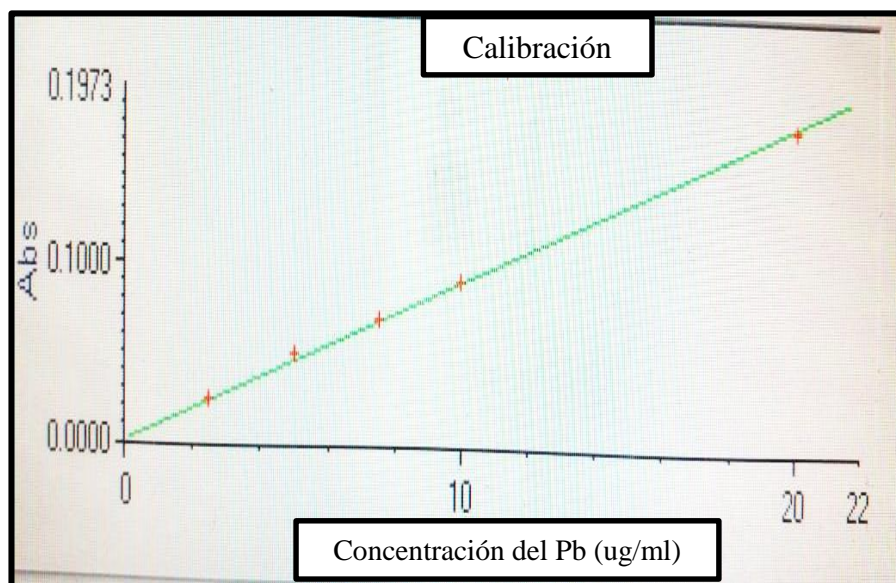


Figura 16. Curva de calibración de estándares del Plomo
 Nota: Ecuación: $\text{Conc} = 110.1144 * \text{Abs}$; $R^2: 0.9985$ R: 0.9992
 Fuente: Echeverría, K. 2019.

5.13. Análisis de datos Bioconcentración la especie *Rhizophora mangle*

Con el fin de conocer si la especie de *Rhizophora mangle* analizada puede ser considerada especie acumuladora, se procedió a calcular el factor de bioconcentración (FBC) mediante los datos obtenidos de concentración de metal en el tejido de la raíz de la planta y los sedimentos tomados en la zona de estudio, mediante la fórmula se lograra describir la posible absorción o acumulación del metal pesado presente en el medio próximo al manglar (Colorado, Alvarado, y Romero, 2012; Ruiz y Armienta, 2012).

Factor de bioconcentración, se define como la relación de las concentraciones de metal en las raíces, en este caso las *Rhizophora mangle* y en el sedimento en que estas se hallan (Bu-Olayan y Thomas, 2009). Se calculó de la siguiente manera (Ecuación 2):

Fórmula:

$$FBC = \frac{\text{Concentración de metal en el tejido de la planta (mg/kg)}}{\text{Concentración metálica en el sedimento asociado a las raíces (mg/kg)}}$$

Ecuación 2: Factor de bioconcentración

El Factor de Bioconcentración (FBC) se interpreta de la siguiente manera:

Si el $1 < FBC < 10$, el tejido o planta es acumuladora

Si el $FBC=1$, equilibrio entre las concentraciones del tejido y el medio

Si el $FBC > 10$ la planta es hiperacumuladora

Si el $FBC < 1$, es excluyente, no hay acumulación del metal en el tejido o planta, la cual puede estar liberando activamente los iones que absorbe o también puede significar que el tejido aún no ha empezado el proceso de acumulación o que los iones son transferidos de un tejido a otro. (Naranjo & Troncoso, 2008, p.112)

5.14. Análisis estadístico

Se determinó la normalidad de los datos de parámetros físico químicos y las concentraciones (ppm) de Cd y Pb utilizando una prueba de Shapiro Wilk en el programa R-studio (R x64 2.12.2). Para verificar la correlación entre los parámetros físico-químicos y las concentraciones de metales en raíces de *Rhizophora mangle*, agua y sedimento, se utilizó coeficiente de correlación lineal de Pearson y por último se realizó ecuaciones de predicción con sus respectivos predichos y residuales, mediante el programa Statgraphics versión 5.12.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Resultados

6.1.1. Agua

Las concentración de plomo en promedio durante los 4 muestreos en época seca fue de 0,7400 mg^l⁻¹, mientras que en época lluviosa fue de 0,4076 mg^l⁻¹, dando un promedio de 0,5738 mg^l⁻¹, lo cual indica que sobrepasa el límite máximo permisible que es de 0.001 mg^l⁻¹ según la Tabla II del Libro VI. Anexo I. Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas, y de estuario del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiental (TULSMA, 2015).

Tabla 5

Concentración de plomo en agua de manglar de la REMACAM (época seca)

Puntos de muestreo	Plomo (mg ^l ⁻¹)			Promedio (mg ^l ⁻¹)
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
M1	1,277	1,272	1,266	1,2716
M2	0,645	0,656	0,649	0,65
M3	0,49	0,456	0,482	0,476
M4	0,548	0,554	0,586	0,5626
Promedio total (mg/l)				0,7400

Elaborado por: El autor

Tabla 6

Concentración de plomo en agua de manglar de la REMACAM (época lluviosa)

Puntos de muestreo	Plomo (mg ^l ⁻¹)			Promedio (mg ^l ⁻¹)
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
M1	0,333	0,382	0,334	0,3496
M2	0,34	0,396	0,334	0,3566
M3	0,473	0,469	0,466	0,4693
M4	0,43	0,48	0,448	0,455
Promedio total (mg ^l ⁻¹)				0,4076

Elaborado por: El autor

Las concentraciones de cadmio en promedio durante los 4 muestreos en época seca fue de 0,0354 mg^l⁻¹, mientras que en época lluviosa fue de 0,0307 mg^l⁻¹, dando un promedio de 0,03307 mg^l⁻¹, lo cual indica que sobrepasa el límite máximo permisible que es de 0.005 mg^l⁻¹ según la Tabla II del Libro VI. Anexo I. Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida

acuática y silvestre en aguas dulces, marinas, y de estuario del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiental (TULSMA, 2015).

Tabla 7

Concentración de cadmio en agua de manglar de la REMACAM (época seca)

Puntos de muestreo	Cadmio (mg l^{-1})			Promedio (mg l^{-1})
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
M1	0,038	0,039	0,039	0,0386
M2	0,0142	0,0083	0,015	0,0125
M3	0,043	0,045	0,047	0,045
M4	0,05	0,044	0,043	0,0456
Promedio total (mg l^{-1})				0,0354

Elaborado por: El autor

Tabla 8

Concentración de cadmio en agua de manglar de la REMACAM (época lluviosa)

Sitios de muestreo	Cadmio (mg l^{-1})			Promedio (mg l^{-1})
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
M1	0,033	0,032	0,034	0,033
M2	0,01	0,019	0,0074	0,0121
M3	0,039	0,037	0,042	0,0393
M4	0,037	0,036	0,042	0,0383
Promedio total (mg l^{-1})				0,0307

Elaborado por: El autor

6.1.2. Concentración de HCl y HNO_3 (Blanco)

En la preparación del blanco se usó 15 ml de ácido clorhídrico y 5ml de ácido nítrico y se enrasó a 100ml con agua ultrapura, arrojó como resultado 0,083 mg l^{-1} para plomo y para cadmio 0,009 mg l^{-1}

6.1.3. Sedimento

El Pb en sedimentos se halló en promedio 41,54 mg kg^{-1} en la época seca, mientras que en la época lluviosa se registró en promedio 27,52 mg kg^{-1} , equivalente a un promedio de 34,53 mg kg^{-1} . Que según los límites permisibles de las normas canadienses sobre las pautas de calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática es de 30,2 mg kg^{-1} para Plomo (CCME, 2007). Por lo que se concluye que los resultados obtenidos sobrepasan los límites permisibles.

Tabla 9

Concentración de plomo en sedimento de la REMACAM (época seca)

Puntos de muestreo	Plomo (mgkg ⁻¹)
M1	26,465
M2	54,13
M3	44,43
M4	41,15
Promedio Total (mgkg ⁻¹)	41,54

Elaborado por: El Autor

Tabla 10

Concentración de plomo en sedimento de la REMACAM (época lluviosa)

Puntos de muestreo	Plomo (mgkg ⁻¹)
M1	22,43
M2	30,6
M3	23,05
M4	34,03
Promedio Total (mgkg ⁻¹)	27,52

Elaborado por: El Autor

El Cd presente en el sedimento registró concentraciones promedio de 1,16625 mgkg⁻¹ en época seca y en época lluviosa 1,164 mgkg⁻¹. Que según los límites permisibles de las normas canadienses sobre las pautas de calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática es de 0,7 mgkg⁻¹ para Cadmio (CCME, 2007). Por lo que se concluye que los resultados obtenidos sobrepasan los límites permisibles.

Tabla 11

Concentración de cadmio en sedimentos de la REMACAM (época seca)

Puntos de muestreo	Cadmio (mgkg ⁻¹)
M1	0,665
M2	0,65
M3	1,55
M4	1,8
Promedio Total (mgkg ⁻¹)	1,16625

Elaborado por: El Autor

Tabla 12

Concentración de cadmio en sedimento de la REMACAM (época lluviosa)

Puntos de muestreo	Cadmio (mgkg ⁻¹)
M1	0,53
M2	1
M3	1,63
M4	1,5
Promedio Total (mgkg ⁻¹)	1,164

Elaborado por: El Autor**6.1.4. Raíces de *Rhizophora mangle***

Las raíces de la especie *Rhizophora mangle* tuvieron concentraciones promedio 28,6 mgkg⁻¹ de Plomo en época seca, mientras que en época lluviosa se obtuvo un promedio de 19,9 mgkg⁻¹. Con un promedio general de 24,25 mgkg⁻¹. (Tabla 13 y 14)

Mientras que en cadmio se tuvieron concentraciones promedio de 1,37 mgkg⁻¹ en época seca, y de 1,22 mgkg⁻¹ en época lluviosa. Con un promedio general de 1,29 mgkg⁻¹. (Tabla 15 y 16)

Tabla 13.

Concentración de plomo en raíz de Rhizophora mangle de la REMACAM (época seca)

Puntos de muestreo	Plomo (mgkg ⁻¹)
M1	16,75
M2	25,45
M3	31,33
M4	41
Promedio Total (mgkg ⁻¹)	28,6

Elaborado por: El Autor

Tabla 14.

Concentración de plomo en raíz de Rhizophora mangle de la REMACAM (época lluviosa)

Puntos de muestreo	Plomo (mgkg ⁻¹)
M1	22,15
M2	15,16
M3	19,31
M4	23,01
Promedio Total (mgkg ⁻¹)	19,9

Elaborado por: El Autor

Tabla 15

Concentración de cadmio en raíz de Rhizophora mangle de la REMACAM (época seca)

Puntos de muestreo	Cadmio (mgkg ⁻¹)
M1	1,2
M2	1,26
M3	1,68
M4	1,36
Promedio Total (mgkg ⁻¹)	1,37

Elaborado por: El Autor

Tabla 16

Concentración de cadmio en raíz de Rhizophora mangle de la REMACAM (época lluviosa)

Puntos de muestreo	Cadmio (mgkg ⁻¹)
M1	0,665
M2	0,88
M3	1,55
M4	1,8
Promedio Total (mgkg ⁻¹)	1,22

Elaborado por: El Autor

6.1.5. Bioconcentración de plomo y cadmio en raíces de *Rhizophora mangle*

En la tabla 17 se muestran los valores del FBC para plomo y cadmio en las raíces de *Rhizophora mangle*. Los FBC del plomo y cadmio, mostraron valores menores a 1.

Tabla 17

Factores de concentración de plomo y cadmio en raíces de R. mangle.

Metal en raíz	FBC	Interpretación
Plomo	0.70	Excluyente
Cadmio	0,89	Excluyente

Elaborado por: El autor

6.1.6. Parámetros físico-químicos

Potencial de hidrógeno pH.- El pH registrado en la época seca como en la época lluviosa, se encuentra dentro de los criterios admisibles para aguas marinas y de estuario del TULSMA que es de 6.5 a 9.5 (Tabla 18).

Tabla 18
Potencial de hidrogeno del agua

Época	Sitios de muestreo	pH
Época seca	M1	7,26
	M2	7,33
	M3	7,14
	M4	7,18
Época lluviosa	M1	7,12
	M2	7,32
	M3	6,79
	M4	7,22

Elaborado por: El autor

Parámetros físicos – químicas (pH, temperatura, salinidad y conductividad eléctrica) de La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje en época seca

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos de los parámetros físico químicos: pH, temperatura, salinidad y conductividad eléctrica; tomados in situ de la REMACAM.

Tabla 19
Características físico – químicas en agua (época seca)

Puntos de muestreo	Temperatura (°C)	pH	Parámetro	
			Salinidad (ppm)	Conductividad eléctrica (mSm ⁻¹)
M1	23	7,26	33	24.0
M2	24	7,33	34	24.1
M3	23	7,14	32	24.2
M4	22	7,18	30	24.1

Elaborado por: El autor

Características físico – químicas (pH, temperatura, salinidad y conductividad eléctrica) de La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje en época lluviosa

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos de los parámetros físico químicos: pH, temperatura, salinidad y conductividad eléctrica; tomados in situ de la REMACAM.

Tabla 20
Características físico – químicas en agua (época lluviosa)

Puntos de muestreo	Temperatura (°C)	pH	Parámetro	
			Salinidad (ppm)	Conductividad eléctrica (mSm ⁻¹)
M1	25.5	7,12	32.6	15.92
M2	26	7,32	33	16.3
M3	26.5	6,79	33.5	15.2
M4	25	7,22	34	15.8

Elaborado por: El autor

6.1.7. Normalidad de datos

Se halló que época seca y época lluviosa existe normalidad en todos los datos de parámetros fisicoquímicos: Temperatura, pH, salinidad y conductividad eléctrica.

También se encontró normalidad en los datos de concentración tanto de metal Plomo como de Cadmio en agua, en sedimentos y en raíces de *Rhizophora mangle*, de igual forma en las dos épocas del año.

6.1.8. Correlaciones

Coefficiente de correlación

Según Lahura, 2003 afirma que:

El coeficiente de correlación es un estadístico que proporciona información sobre la relación lineal existente entre dos variables cualesquiera. Básicamente, esta información se refiere a dos características de la relación lineal: la dirección o sentido y la cercanía o fuerza. (p.6)

Diagramas de dispersión lineal

Los diagramas de dispersión nos permiten pronosticar la puntuación que llegará a alcanzar cada sujeto en una variable Y conociendo su puntuación en otra variable X. La variable Y se la denomina como variable de criterio y a la variable X predictor.

Las Variables pueden presentar relaciones positivas; es decir, a medida que aumenta el valor de la variable X, aumenta también el valor de la variable Y. En cuanto se presenten relaciones negativas querrá decir que mientras que una de las variables aumenta la otra disminuye (Lahura, 2003). (Ver Anexo I -VIII)

6.1.8.1. Correlación entre la concentración de Plomo y Cadmio en agua con los parámetros físico – químicos.

Se realizó un Análisis de componentes principales para verificar si existía relación entre las variables de parámetros físicos y la concentración de metales pesados.

Plomo

En la tabla 21 se evidenció una relación negativa fuerte en los datos tomados en la época seca entre las variables de *Plomo_{agua}* y el parámetro de conductividad, con un r de -0,900897.

Tabla 21.

Correlación plomo y parámetros físico químicos en agua (época seca)

Parámetro	Coefficiente de correlación (r)	Interpretación
Temperatura	0,101351	Relación positiva débil
Salinidad	0,383602	Relación positiva moderada
Conductividad	-0,900897	Relación negativa fuerte
pH	0,436606	Relación positiva moderada

Elaborado por: El autor

En la tabla 22 se evidenció una relación positiva fuerte en los datos tomados en la época lluviosa entre las variables de $Plomo_{agua}$ y el parámetro de salinidad, con un r de 0,894708. Y una relación negativa fuerte entre las variables de $Plomo_{agua}$ y el parámetro de conductividad, con un r de -0,781462

Tabla 22

Correlación Plomo con los parámetros físico químicos en agua (época lluviosa)

Parámetro	Coefficiente de correlación (r)	Interpretación
Temperatura	0,0809776	Relación positiva muy débil
Salinidad	0,894708	Relación positiva fuerte
Conductividad	-0,781462	Relación negativa fuerte
pH	-0,56366	Relación negativa moderada

Elaborado por: El autor

Cadmio

En la tabla 23 se evidenció una relación negativa fuerte en los datos tomados en la época seca entre las variables de $Cadmio_{agua}$ y el parámetro de temperatura, con un r de -0,866382, el parámetro salinidad con un r de -0,788386. Al igual que con el parámetro pH que presento un r de -0,899803.

Tabla 23

Correlación cadmio y parámetros físico químicos en agua (época seca)

Parámetro	Coefficiente de correlación (r)	Interpretación
Temperatura	-0,866382	Relación negativa fuerte
Salinidad	-0,788386	Relación negativa fuerte
Conductividad	0,165647	Relación positiva muy débil
pH	-0,899803	Relación negativa fuerte

Elaborado por: El autor

En la tabla 24 se evidenció una relación negativa fuerte en los datos tomados en la época lluviosa entre las variables de $Cadmio_{agua}$ y el parámetro de conductividad, con un r de -0,81447. Al igual que con el parámetro pH que presento un r de -0,661684.

Tabla 24

Correlación cadmio y parámetros físico químicos en agua (época lluviosa)

Parámetros	Coefficiente de correlación (r)	Interpretación
Temperatura	-0,183978	Relación negativa muy débil
Salinidad	0,468331	Relación positiva moderada
Conductividad	-0,81447	Relación negativa fuerte
pH	-0,661684	Relación negativa fuerte

Elaborado por: El autor

6.1.8.2. Correlación entre la concentración de Plomo y Cadmio en agua con la concentración en sedimento y raíces de *Rhizophora mangle*

Se realizó un Análisis de Componentes principales para verificar si existía relación entre las variables de concentración de metales pesados en agua, sedimento y raíces de *Rhizophora mangle*

Plomo

En la tabla 25 se evidenció una relación negativa fuerte en los datos tomados en la época seca entre las variables de $Plomo_{agua}$ y $Plomo_{sedimento}$, con un r de -0,789228. Al igual que con la variable $Plomo_{raíz}$ que presentó un r de -0,809002.

Tabla 25.

Correlación plomo en agua, plomo en sedimentos y plomo en raíces (época seca)

Matriz de concentración	Coefficiente de correlación (r)	Interpretación
Plomo en sedimento	-0,791706	Relación negativa fuerte
Plomo en raíz	-0,808778	Relación negativa fuerte

Elaborado por: El autor

En la tabla 26 no se evidenció relaciones fuertes en los datos tomados en la época lluviosa entre las variables de $Plomo_{agua}$, $Plomo_{sedimento}$ y $Plomo_{raíz}$ que generen relevancia.

Tabla 26

Correlación plomo en agua, plomo en sedimentos y plomo en raíces (época lluviosa)

Matriz de concentración	Coefficiente de correlación (r)	Interpretación
Plomo en sedimento	0,157681	Relación positiva muy débil
Plomo en raíz	0,330833	Relación positiva débil

Elaborado por: El autor

Cadmio

En la tabla 27 no se evidenció relaciones fuertes en los datos tomados en la época seca entre las variables de $Cadmio_{agua}$, $Cadmio_{sedimento}$ y $Cadmio_{raíz}$ que generen relevancia.

Tabla 27

Correlación cadmio en agua, cadmio en sedimento y cadmio en raíces (época seca)

Matriz de concentración	Coefficiente de correlación	Interpretación
Cadmio en sedimento	0,729427	Relación positiva moderada
Cadmio en raíz	0,484342	Relación positiva moderada

Elaborado por: El autor

En la tabla 28 se evidenció una relación positiva fuerte en los datos tomados en la época lluviosa entre las variables de $Cadmio_{agua}$ y $Cadmio_{raíz}$ que presentó un r de 0,60079.

Tabla 28

Correlación cadmio en agua, cadmio en sedimentos y cadmio en raíces (época lluviosa)

Matriz de concentración	Coefficiente de correlación (r)	Interpretación
Cadmio en sedimento	0,425874	Relación positiva moderada
Cadmio en raíz	0,600132	Relación positiva fuerte

Elaborado por: El autor

6.1.9. Ecuaciones de predicción, predichos y residuales

Predichos

Según Berenson y Levine, 1996 afirman que: “Los predichos nos muestran las predicciones de la variable Y según los valores que toma la variable X a partir del modelo ajustado” (p.738).

Residuales

Según Kelmansky, 2009 afirma que:

Los residuos miden el error de predicción. Como hemos visto, si el valor observado es mayor que el valor predicho, el residuo es positivo; en caso contrario es negativo. Con una predicción perfecta si el valor observado es igual al valor del predicho, resulta un residuo nulo. (p.206)

Por ende que mientras más cerca estén nuestros valores observados con los valores predichos, esto refleja la precisión y veracidad de nuestras ecuaciones.

Ecuaciones de predicción de concentraciones de plomo y parámetros físico químicos en agua, tomados en época seca y época lluviosa.

Tabla 29

Predicciones de plomo y parámetros físico químicos en agua (época seca)

Parámetro	Coefficiente de correlación (r)	Ecuación de predicción	R-cuadrado (%)
Temperatura	0,101351	Concentración de plomo en agua = $-0,2975 + 0,045 \times \text{Temperatura}$	1,02
Salinidad	0,383602	Concentración de plomo en agua = $-1,88857 + 0,0814286 \times \text{Salinidad}$	14,71
Conductividad	-0,900897	Concentración de plomo en agua = $97,1375 - 4,0 \times \text{Conductividad}$	81,16
pH	0,436606	Concentración de plomo en agua = $-12,7836 + 1,87078 \times \text{pH}$	19,06

Elaborado por: El autor

Tabla 30

Predicciones de plomo y parámetros físico químicos en agua (época lluviosa)

Parámetro	Coefficiente de correlación (r)	Ecuación de predicción	R-cuadrado (%)
Temperatura	0,0809776	Concentración de plomo en agua = 0,194 + 0,008 x Temperatura	0,65
Salinidad	0,894708	Concentración de plomo en agua = -2,7247 + 0,0939052 x Salinidad	80,05
Conductividad	-0,781462	Concentración de plomo en agua = 2,12658 - 0,109242 x Conductividad	61,06
pH	-0,56366	Concentración de plomo en agua = 1,51164 - 0,156294 x pH	31,77

Elaborado por: El autor

Predichos y residuales de concentraciones de plomo y parámetros físico químicos en agua, tomados en época seca y época lluviosa.

Tabla 31

Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del plomo y parámetros físico químicos en agua (época seca)

Contenido de plomo en agua	Conductividad	Predichos	Residuales
1,27	24	1,1375	0,1325
0,65	24,1	0,7375	-0,0875
0,47	24,2	0,3375	0,1325
0,56	24,1	0,7375	-0,1775

Elaborado por: El autor

Tabla 32

Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del plomo y parámetros físico químicos en agua (época lluviosa)

Contenido de plomo en agua	Salinidad	Predichos	Residuales
1,27	32,6	1,05702	0,21298
0,65	33	0,867675	-0,217675
0,47	33,5	0,630993	-0,160993
0,56	34	0,394312	0,165688

Elaborado por: El autor

Ecuaciones de predicción de concentraciones de cadmio en agua y parámetros físico químicas en agua, tomadas en época seca y época lluviosa.

Tabla 33

Ecuaciones cadmio y parámetros físico químicos en agua (época seca)

Parámetro	Coefficiente de correlación (r)	Ecuación de predicción	R-cuadrado (%)
Temperatura	-0,866382	Concentración de cadmio en agua = 0,416795 - 0,01658 x Temperatura	75,06
Salinidad	-0,788386	Concentración de cadmio en agua = 0,268079 - 0,00721314 x Salinidad	62,15
Conductividad	0,165647	Concentración de cadmio en agua = -0,728515 + 0,0317 x Conductividad	2,74
pH	-0,899803	Concentración de cadmio en agua = 1,2365 - 0,166177 x pH	80,96

Elaborado por: El autor

Tabla 34

Ecuaciones cadmio y parámetros físico químicos en agua (época lluviosa)

Parámetro	Coefficiente de correlación (r)	Ecuación de predicción	R-cuadrado (%)
Temperatura	-0,183978	Concentración de cadmio en agua = 0,12271 - 0,00358 x Temperatura	3,38
Salinidad	0,468331	Concentración de cadmio en agua = - 0,291634 + 0,00968172 x Salinidad	21,93
Conductividad	-0,81447	Concentración de cadmio en agua = 0,384967 - 0,0224259 x Conductividad	66,33
pH	-0,661684	Concentración de cadmio en agua = 0,287559 - 0,0361383 x pH	43,78

Elaborado por: El autor

Predichos y residuales de concentraciones de cadmio y parámetros físico químicos en agua, tomadas en época seca y época lluviosa.

Tabla 35

Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del cadmio y parámetros físico químicos en agua (época seca)

Contenido de cadmio en agua	pH	Predichos	Residuales
0,03866	7,26	0,0300542	0,00860575
0,0125	7,33	0,0184219	-0,00592186
0,045	7,14	0,0499955	-0,00499548
0,04566	7,18	0,0433484	0,00231159

Elaborado por: El autor

Tabla 36

Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del cadmio y parámetros físico químicos en agua (época seca)

Contenido de cadmio en agua	Temperatura	Predichos	Residuales
0,03866	23	0,035455	0,003205
0,0125	24	0,018875	-0,006375
0,045	23	0,035455	0,009545
0,04566	22	0,052035	-0,006375

Elaborado por: El autor

Tabla 37

Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del cadmio y parámetros físico químicos en agua (época lluviosa)

Contenido de cadmio en agua	Conductividad	Predichos	Residuales
0,033	15,92	0,027946	0,00505398
0,0121	16,3	0,0194242	-0,00732417
0,039	15,2	0,0440927	-0,00509268
0,038	15,8	0,0306371	0,00736287

Elaborado por: El autor

Ecuaciones de predicción de concentración de plomo en agua y concentración de plomo en sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, tomadas en época seca y época lluviosa.

Tabla 38

Ecuaciones plomo en agua, plomo en sedimentos y plomo en raíces (época seca)

Matriz de concentración	Coefficiente de correlación (r)	Ecuación de predicción	R-cuadrado (%)
Plomo en sedimentos	-0,791706	Concentración de plomo en agua = 1,77693 – 0,0249595x contenido de plomo en sedimentos	62,67
Plomo en raíz	-0,808778	Concentración de plomo en agua = 1,56113 – 0,028684 x contenido de plomo en raíz	65,41

Elaborado por: El autor

Tabla 39

Ecuaciones plomo en agua, plomo en sedimentos y plomo en raíces (época lluviosa)

Matriz de concentración	Coefficiente de correlación (r)	Ecuación de predicción	R-cuadrado (%)
Plomo en sedimentos	0,157681	Concentración de cadmio en agua = 0,359494 + 0,00174839 x contenido de plomo en sedimentos	2,48
Plomo en raíz	0,330833	Concentración de plomo en agua = 0,289801 + 0,00591877 x contenido de plomo en raíz	10,94

Elaborado por: El autor

Predichos y residuales de concentraciones de plomo en agua, en sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, tomadas en época seca.

Tabla 40

Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del plomo en agua, plomo en sedimentos y plomo en raíces (época seca)

Contenido de plomo en agua	Contenido de plomo en sedimentos	Predichos	Residuales
1,27	0,52933	1,11401	0,15599
0,65	1,082	0,423653	0,226347
0,47	0,88866	0,66516	-0,19516
0,56	0,823	0,747178	-0,187178

Elaborado por: El autor

Tabla 41

Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del plomo en agua, plomo en sedimentos y plomo en raíces (época seca)

Contenido de plomo en agua	Contenido de plomo en raíz	Predichos	Residuales
1,27	0,335	1,07948	0,190515
0,65	0,509	0,82911	-0,17911
0,47	0,62666	0,659805	-0,189805
0,56	0,82	0,381601	0,178399

Elaborado por: El autor

Ecuaciones de concentración de cadmio en agua y concentración de cadmio en sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, tomadas en época seca y época lluviosa.

Tabla 42

Ecuaciones cadmio en agua, cadmio en sedimentos y cadmio en raíces (época seca)

Matriz de concentración	Coefficiente de correlación (r)	Ecuación de predicción	R-cuadrado (%)
Cadmio en sedimentos	0,729427	Concentración de cadmio en agua = 0,0131767 + 0,019093 x contenido de plomo en sedimentos	53,20
Cadmio en raíz	0,484342	Concentración de plomo en agua = -0,013165 + 0,0353603 x contenido de plomo en raíz	23,45

Elaborado por: El autor

Tabla 43

Ecuaciones cadmio en agua, cadmio en sedimentos y cadmio en raíces (época lluviosa)

Matriz de concentración	Coefficiente de correlación (r)	Ecuación de predicción	R-cuadrado (%)
Cadmio en sedimentos	0,425874	Concentración de cadmio en agua = 0,0181747 + 0,0107434 x Contenido de cadmio en sedimento	18,13
Cadmio en raíz	0,600132	Concentración de cadmio en agua = 0,0133757 + 0,014149 x Contenido de cadmio en raíz	36,01

Elaborado por: El autor

Predichos y residuales de concentraciones de cadmio en agua y concentraciones en sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, tomadas en época seca y época lluviosa.

Tabla 44

Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del cadmio en agua, cadmio en sedimentos y cadmio en raíces (época seca)

Contenido de cadmio en agua	Contenido de cadmio en sedimentos	Predichos	Residuales
0,03866	0,01333	0,0258864	0,0127736
0,0125	0,013	0,0255708	-0,0130708
0,045	0,031	0,0427899	0,00221014
0,04566	0,036	0,0475729	-0,00191295

Elaborado por: El autor

Tabla 45

Predichos y residuales de las ecuaciones de predicción del cadmio en agua, cadmio en sedimentos y cadmio en raíces (época lluviosa)

Contenido de cadmio en agua	Contenido de cadmio en raíz	Predichos	Residuales
0,033	0,01333	0,0227949	0,0102051
0,0121	0,01763	0,0257733	-0,0136733
0,039	0,031	0,0350342	0,00396576
0,038	0,036	0,0384976	-0,000497559

Elaborado por: El autor

6.1.10. Socialización

La socialización se realizó el 25 de Octubre del 2019, dentro de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra. Se contó con la asistencia de un total de 17 personas, en donde se logró la participación de docentes, estudiantes y profesionales del Ministerio del Ambiente, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal cantón San Lorenzo.

En la socialización se presentó la investigación realizada, con el propósito de evidenciar la problemática que vive actualmente la REMACAM, a través de la medición de metales pesados presentes en agua sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, a causa de la inexistencia de estudios técnicos realizados en La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje, que afirmen la presencia o ausencia de metales pesados.

El proyecto de investigación fue recibido de grata manera por el público debido al aporte de información en cuanto al estado actual de la Reserva, el mismo que permite reflejar su calidad ambiental. Es por ello que se vio reflejado en la tabulación de los cuestionarios realizados, siendo estos los resultados más relevantes, se obtuvo que un 52% de los encuestados consideró que el tema investigado posee muy alta relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad, mientras un 64% considera que la investigación posee perspectivas para estudios complementarios, un 47% cree que esta investigación, genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución, y por ultimo un 70% de los encuestados coincidió que se cumplió los objetivos propuestos en la investigación. (Figura 17).

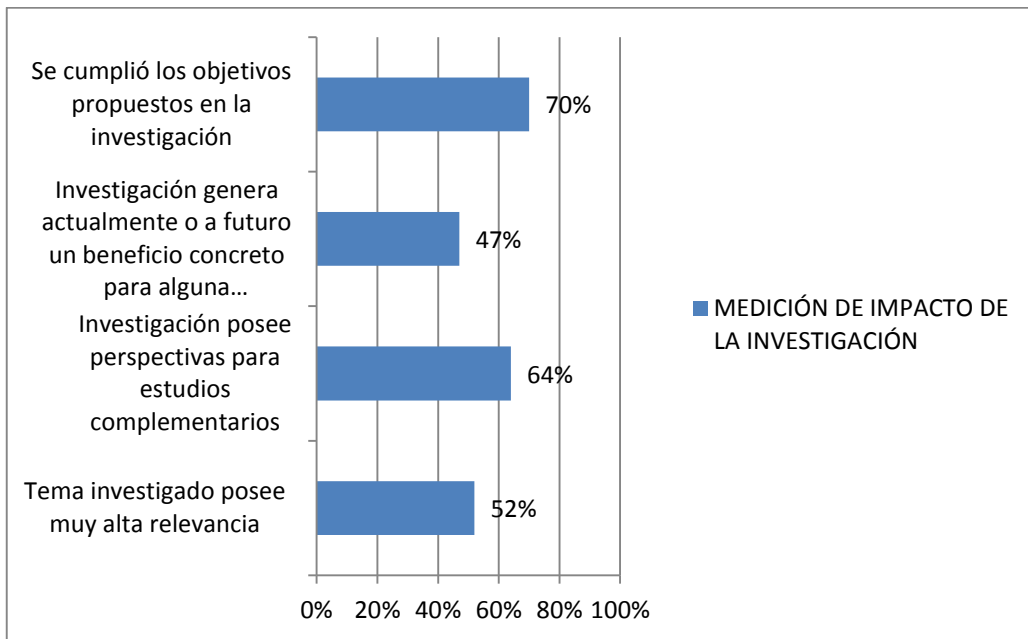


Figura 17. Medición de impacto de la investigación
 Fuente: Echeverria, K. 2019.

6.2. Discusión

El estudio demostró la presencia de concentraciones de Cd y Pb tanto en agua, sedimentos y raíces de *Rhizophora Mangle* de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje. Es muy probable que esta contaminación se la atribuya a las actividades antrópicas que se generan alrededor de la reserva, debido a la incorrecta eliminación de desechos, aguas servidas sin tratamiento previo, ocasionado en gran parte por empresas palmicultoras, minería aurífera y sector acuicultor, aledañas a la zona de estudio (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Eloy Alfaro, 2014).

6.2.1. Correlaciones

En cuanto a las correlaciones se evidenció una relación negativa fuerte en los datos tomados en la época seca entre las variables de *Plomo_{agua}* y el parámetro de conductividad, con un r de -0,900897. En la época lluviosa entre las variables de *Plomo_{agua}* y el parámetro de salinidad, con un r de 0,894708. Y una relación negativa fuerte entre las variables de *Plomo_{agua}* y el parámetro de conductividad, con un r de -0,781462.

La salinidad está relacionada con la molécula Cl⁻, la misma que en sistemas estuarios tiene la capacidad de formar varios complejos con los metales lo que permite que estos puedan intercambiar, aumentar o disminuir su disponibilidad en el medio acuático. Tras el estudio realizado se observó que existe una relación positiva fuerte con este parámetro, esto se podría deber a lo mencionado por Parra y Espinosa, (2007) puede formar iones complejos con el cloruro.

También se encontró relaciones negativas fuertes entre el parámetro de conductividad lo que da a entender que mientras una variable aumenta la otra disminuye. Los resultados encontrados concuerdan con lo expuesto por Dong, Ma y Rhue (2000) y Macías (2015), en donde se obtuvieron las mismas relaciones que debida a la asociación del metal con cloruros tiene influencia sobre la biodisponibilidad del plomo.

En época seca se encontró una relación negativa fuerte entre las variables de *Cadmio_{agua}* y el parámetro de temperatura, con un r de -0,866382, el parámetro salinidad con un r de -0,788386. Al igual que con el parámetro pH que presento un r de -0,899803. Mientras que en la época lluviosa se halló también una relación negativa fuerte entre las variables de

*Cadmio*_{agua} y el parámetro de conductividad, con un r de -0,81447. Al igual que con el parámetro pH que presento un r de -0,661684.

En época seca se evidencia una relación negativa fuerte con el parámetro de temperatura esto concuerda con lo expuesto por Echeverri (2010), quien en su trabajo de investigación afirma que varios metales en época seca cuando la temperatura aumenta las concentraciones de metales disminuían, mientras que en poca lluviosa fue donde se registraron valores más altos de concentración de metales.

En ambas épocas se evidenció relaciones negativas fuertes con el parámetro del pH, que quiere decir que a medida que una variable aumenta, la otra variable disminuye, esto podría deber a que los datos de pH en el área de muestreo fue entre neutro y ligeramente ácido, por lo que prevalecerán los metales pesados en formas químicas óxidos hidróxidos de Mn y Fe. Si el medio presenta condiciones anóxicas y sulfuros libres los metales en estudio Cd y Pb tienden a precipitarse como sulfuros en los sedimentos siendo poco solubles a valores de pH como los registrados en este estudio (Parra y Espinoza, 2008).

Así mismo en las correlaciones entre las concentraciones de metales pesados en agua, sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, se evidenció una relación negativa fuerte en los datos tomados en la época seca entre las variables de *Plomo*_{agua} y *Plomo*_{sedimento}, con un r de -0,791706. Al igual que con la variable *Plomo*_{raíz} que presento un r de -0,808778. Mientras que en los datos tomados en la época lluviosa entre las variables de *Plomo*_{agua}, *Plomo*_{sedimento} y *Plomo*_{raíz} no se evidenció relaciones fuertes que generen relevancia.

La relación negativa fuerte entre el contenido de plomo en agua y sedimento en época seca podría estar dado por lo expuesto por Echeverri (2010), quien menciona que en época seca los metales en agua superficial como el plomo tienden a bajar mientras que en la matriz de sedimento y raíces de *Rhizophora mangle* en épocas secas fue donde se notaron mayores concentración de plomo.

En cuanto al Cadmio los datos tomados en la época seca se evidencio una relación fuerte entre las variables de *Cadmio*_{agua} y *Cadmio*_{sedimento} con un r de 0,729427. Mientras que en la época lluviosa se evidenció una relación positiva fuerte entre las variables de *Cadmio*_{agua} y *Cadmio*_{raíz} que presento un r de 0,60079.

Se evidenció una relación positiva fuerte entre las concentraciones de cadmio en agua y las encontradas en raíz en época lluviosa, por lo antes mencionado por Echeverri (2010) se puede concordar que en época lluviosa el contenido de metales pesados en el agua aumenta en esta época, y en el caso del cadmio en raíces de *Rhizophora mangle* no se pudo constatar si en esta época disminuían o aumentaba puesto que se determinó que los contenidos de Cd, estuvieron por debajo del límite de detección del método.

6.2.2. Agua

Tras realizar los análisis de agua del presente estudio y al ser estos comparados con la normativa ambiental vigente en el Ecuador Tabla II del Libro VI. Anexo I. Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas, y de estuario del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA, 2015), los resultados obtenidos fueron concentraciones de cadmio en época seca de 0,0354 ppm, mientras que en época lluviosa fue de 0,0307 ppm y plomo fue de 0,7400 ppm en época seca, mientras que en época lluviosa fue de 0,4076 ppm, los cuales sobrepasan del límite permisible de dicha norma, siendo 0,001 ppm su límite permisible para plomo y 0.005 ppm su límite permisible para Cadmio, por ende los resultados obtenidos reflejan la gran problemática ambiental que sufre el área del ecosistema en estudio.

Según el equipo del Centro de Investigación y Desarrollo (CID) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas (PUCESE), realizó un estudio en cursos de agua del Sistema Santiago Cayapas en los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo, arrojando como resultado que en varias especies de peces se encontraron niveles de Cadmio, Cromo Plomo, Cobre y Zinc que sobrepasan el límite permisible para su consumo. (CERD, 2017).

A sí mismo Montaña (2017), afirma en su trabajo de investigación realizado en catorce ríos pertenecientes a la cuenca del Río Santiago en el cantón San Lorenzo, se evidenció la presencia de zinc, cobre, cromo, hierro, cadmio, plomo y níquel.

Los datos que estos estudios arrojan concuerdan con los datos obtenidos de cadmio y plomo en el agua de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje. Cabe destacar que

por la ausencia de estudios realizados en el manglar de la Reserva (REMACAM), hemos tomado en cuenta datos previos de los ríos que desembocan en ella para la comparación.

6.2.3. Sedimento

A razón que Ecuador no cuenta con una normativa ambiental para controlar las concentraciones de metales pesados en sedimentos y raíces, se recurrió a las normas canadienses sobre las pautas de calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (Canadian Environmental Quality Guidelines, 2007), en donde establece los siguientes límites permisibles en sedimentos para plomo $30,2 \text{ mgkg}^{-1}$, mientras que para cadmio $0,7 \text{ mgkg}^{-1}$. En el estudio se obtuvo un promedio de plomo $41,54 \text{ mgkg}^{-1}$ en la época seca y $27,52 \text{ mgkg}^{-1}$ en la época lluviosa. Mientras que de cadmio se obtuvo un promedio de $1,16 \text{ mgkg}^{-1}$ tanto en época seca como en época lluviosa. Los resultados obtenidos sobrepasan los límites según la norma canadiense.

Los datos antes expuestos evidencian la afirmación de Olavarría (2007), en donde señala que las concentraciones de metales pesados en sedimentos, por lo general tienden a ser más altas que las encontradas en el agua, por ende son utilizadas ampliamente como indicadores de contaminación que ha sufrido el ecosistema.

Comparativamente los valores de Pb encontrados en los sedimentos de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje son similares a los reportados en otros en ecosistemas de manglar del país, como lo fue el caso del Estero Salado, localizado en la ciudad de Guayaquil, que arrojó resultados para plomo con una media de $23,57 - 3,87 \text{ mgkg}^{-1}$ (Pernía Santos et al., 2018), de igual forma se reportan estudios en la Reserva Ecológica Manglares Churute, donde se obtuvieron valores promedios de $19,695 \text{ mgkg}^{-1}$ para Pb (Proaño, 2016), y en la provincia del Guayas se hizo estudios en el Puente Portete del Estero Salado registrando valores de plomo de $51,2 \text{ mgkg}^{-1}$ (Jiménez, 2012).

En cuanto al cadmio en el caso del Estero Salado, localizado en la ciudad de Guayaquil, se encontró una concentración promedio $0,106 - 0,132 \text{ mgkg}^{-1}$ (Pernía Santos et al., 2018). En la Reserva Ecológica Manglares Churute, se obtuvieron valores promedios de $10,620 \text{ mgkg}^{-1}$ para Cd. En los Puentes 5 de Junio y Perimetral, del estero salado de Guayaquil, se registraron valores de cadmio que no fueron detectados (Castro, 2017).

Se podría explicar que la razón de las diferencias encontradas en cuanto a las concentraciones de metales pesados en los ecosistemas de manglar del país es debido a la ubicación, en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje a simple vista se observa antecedentes de contaminación en ríos que desembocan en la Reserva, además de la presencia de asentamientos poblacionales ilegales, minería ilegal en la zona de estudio, lo que posiblemente aportan con metales pesados, al igual que el Estero Salado de Guayaquil se encuentra rodeada por caseríos y camaroneras, mientras que en Reserva Ecológica Manglares Churute, fue considerada por El Gobierno Nacional, a través de la Comisión Nacional de Ecología en 1988, como la más contaminada del país, influenciado por la presencia de embarcaciones y minerías, lo que da explicación a que estos sitios que comparten similitud en cuanto a sus ecosistemas y actividades de contaminación tengan niveles de Pb y Cd que sobrepasen sus límites permisibles (Proaño, 2016).

6.2.4. Raíces de *Rhizophora mangle*

A nivel mundial la contaminación por metales pesados en plantas de manglar ha sido considerada baja o nula (Peters, Gassman, Firman, Richmond, & Power, 1997). Las especies que habitan en el manglar han desarrollado estrategias para minimizar la captación de altas concentraciones de metales pesados, se debe también a la exclusión de metales a través de la rizósfera a causa de reacciones de oxidación y a que los metales suelen alojarse en mayor concentración en la raíz del mangle (Doyle & Otte, 1997; Ong Che, 1999). Por ende los manglares han sido propuestos por varios autores ser usados para mitigar la polución de metales pesados en dicho ecosistema (Clark et al., 2000).

En el presente estudio las raíces de mangle rojo *Rhizophora mangle* tuvieron concentraciones promedio 28,6 mgkg⁻¹ de plomo en época seca, mientras que en época lluviosa se obtuvo un promedio de 19,9 mgkg⁻¹.

Los datos obtenidos se utilizaron para la obtención del factor de bioconcentración (FBC) de 0,70 para plomo, por lo que se considera como una especie excluyente de plomo.

En el estudio realizado en Rio de Janeiro, Brasil mostró concentraciones de plomo en raíces de *Rhizophora mangle* de 0,2 ppm. Además se menciona que existen muy pocos estudios sobre la tolerancia de metales pesados en plantas de manglar (MacFarlane et al., 2007).

Walsh, Ainsworth, y Rigby (1979), mencionan que la especie *Rhizophora mangle* es resistente al cadmio y al plomo a causa de la precipitación de componentes metálicos insolubles en la superficie externa de las raíces de la planta, no permitiendo su translocación hacia otros órganos de la planta.

El factor de bioconcentración (FBC) en las raíces de la especie *Rhizophora mangle* en cuanto al plomo fue bajo y concuerda con lo expuesto por Naranjo y Troncoso (2008), quienes mencionan que las concentraciones de plomo presentes en el sedimento no se encuentran de forma soluble o biodisponible para ser absorbidas por las plantas de manglar. Souza et al. (2015), se refirieron a que menos del 1% del plomo se encuentra disponible para ser captado por las raíces de *R. mangle*. Datos similares fueron recopilados de estudios realizados en Asia (Chiu y Chou, 1991; Tam et al., 1995). Esto confirma la baja biodisponibilidad del metal.

En cuanto a un estudio realizado en el Centro de Investigación Científica de Yucatán, en donde las raíces *R. mangle* fueron expuestas a la más alta concentración de Pb que fue de 300 ppm, y posteriormente fue comparada con varias especies de mangle en donde *R. mangle* presentó los valores más bajos de acumulación en este órgano, lo que deduce que la raíz puede ser un tejido con poca capacidad de retención del metal y es más propenso a sufrir algún daño. Siendo la especie *Rhizophora mangle* la que presentó mayor afectación en raíces puesto que presentó necrosis a los treinta días de exposición, además se registró daño foliar, disminución de la eficacia fotosintética y la pérdida de clorofila en la planta (Cabañas, 2014).

Las concentraciones de cadmio obtenidas en el presente trabajo de investigación, en cuanto a las raíces *Rhizophora mangle* fueron en promedio de $1,37 \text{ mgkg}^{-1}$ en época seca, y de $1,22 \text{ mgkg}^{-1}$ en época lluviosa.

Con estos datos se procedió a obtener el factor de bioconcentración (FBC) fue de 0,89 para cadmio, por lo que se considera como una especie excluyente de cadmio.

En Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano se obtuvo concentraciones de cadmio medidas en raíces con valores mínimos y máximos de 0,03 y 0,05 ppm respectivamente (Naranjo & Troncoso, 2008). A sí mismo en el trabajo de Pinheiro et al. (2012), realizado en la Universidad Estadual Paulista en Brasil, las concentraciones de los

metales Pb, Hg y Cd no fueron detectados en la especie *Rhizophora mangle*, puesto que el límite mínimo de detección eran 0,05 ppm.

Perillo (1995), menciona que en ecosistemas húmedos el cadmio por lo general se conserva en el sedimento por la fracción de arcilla y el bajo pH, que es propio de la zona. Por ende el cadmio no es un metal muy móvil y que puede estar disponible para las plantas (Kabata, 2011), sin embargo puede permanecer de forma pasiva en las raíces convirtiéndose en un mecanismo regulador de translocación del metal a los distintos órganos de la planta.

De forma general, los dos metales comparados en raíces de *Rhizophora mangle*, mostró el siguiente orden $Pb > Cd$, que coincide con lo expuesto por Naranjo y Troncoso (2008), obtuvieron como resultado para raíces absorbentes un orden de: $Zn > Pb > Cu > Cd$; también estos datos se sustentan con lo encontrado por Sadiq y Zaidi (1994) y Lacerda et al. (1986), quienes trabajaron en distintos bosques del manglar del Golfo de Persia y la costa de Brasil, respectivamente.

Los resultados obtenidos refuerzan la teoría sobre la importancia del manglar como barrera geoquímica (Perry y Taylor, 2007), minimizando la transferencia de contaminantes a los tróficos. Los ecosistemas de manglar en el área de fitorremediación, se reafirman como especies fitoestabilizadoras debido a que posee un alto potencial en retención de metales tóxicos, evitando la contaminación de sistemas marinos y estuarios adyacentes.

7. CONCLUSIONES

- Se acepta la hipótesis inicial puesto que existen metales pesados (Cd y Pb), en agua, sedimentos y raíces de la *Rhizophora mangle*, en La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje.
- Las concentraciones de metales pesados encontrados en el agua, fue de 0,5738 mg l⁻¹ para plomo y 0,0354 mg l⁻¹ para cadmio, sobrepasando los valores máximos permisibles (Pb > 0,001 ppm y Cd > 0,005 ppm) según la Tabla II del Libro VI. Anexo I del TULSMA. En cuanto a las concentraciones de metales pesados plomo y cadmio en sedimentos fue de 34,53 mg kg⁻¹ y 1,16 mg kg⁻¹ respectivamente, los cuales sobrepasan los límites permisibles de las normas canadienses (Pb > 30,2 mg kg⁻¹ y Cd > 0,7 mg kg⁻¹). Mientras que las concentraciones de metales en las raíces de *Rhizophora mangle* fue 24,25 mg kg⁻¹ para plomo y 1,29 mg kg⁻¹ para cadmio y se obtuvo un factor de concentración (FBC) de 0,70 para plomo y 0,89 para cadmio, por lo que se considera como una especie excluyente de plomo y cadmio.
- La presencia del metal pesado Plomo en agua, tomado en época seca presentó asociación con el parámetro de conductividad, mientras que en la época lluviosa el presentó asociación con el parámetro de salinidad y conductividad. En cuanto al metal Cadmio en agua presentó asociación en época seca con los parámetros de temperatura, salinidad y pH, mientras que en época lluviosa se observó una asociación con los parámetros de conductividad y pH.
- Existe asociación entre la concentración de plomo en agua y concentración en sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, en época seca, también se encontró asociación de la concentración de cadmio en agua y la concentración de cadmio en sedimentos en época seca, mientras que en época lluviosa se observó asociación entre la concentración de cadmio en agua y asociación de cadmio en raíces de *Rhizophora mangle*.
- La socialización se realizó el 25 de Octubre del 2019, dentro de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra. Se contó con la asistencia de un total de 17 personas, que en base a las encuestas realizadas se vio reflejado gran interés por el tema de investigación.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con el monitoreo de Pb y Cd y otros metales pesados de interés, incrementando el número de puntos de muestreos y del mismo modo se debería ampliar los análisis de parámetros físico – químicos, dentro de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje.
- Es necesario efectuar estudios en cuanto a concentraciones de metales pesados biodisponibles tanto en agua como en sedimento dentro del área de estudio, con el fin de establecer si estos metales están siendo incorporados a otras especies y consecutivamente a las cadenas tróficas.
- El Ministerio del Ambiente del Ecuador debe incluir una tabla sobre los límites permisibles de metales pesados en sedimentos en la Legislación Ambiental Nacional, para evitar recurrir a normas extranjeras.
- El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón San Lorenzo debe incrementar controles estrictos sobre las descargas de aguas residuales y ejecutar charlas sobre el vertimiento de las mismas, dirigido a todos los sectores involucrados en la contaminación de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje, con el fin de mitigar los problemas ambientales actuales.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agraz, C., Noriega, R., López, J., Flores, F., y Zacarías, J. (2006). *Guía de Campo. Identificación de los manglares en México*. Recuperado de https://www.academia.edu/23886938/Gu%C3%ADa_de_Campo_Identificaci%C3%B3n_de_los_Manglares_en_M%C3%A9xico_Identificaci%C3%B3n_de_los_Manglares_en_M%C3%A9xico
- Aksoy, A., y Öztürk, M. (1997). Nerium oleander L. as a biomonitor of lead and other heavy metal pollution in Mediterranean environments. *Science of the Total Environment*, 205(2–3), 145–150. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(97\)00195-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(97)00195-2)
- American Public Health Association. (2005). *Standard methods for the examination of water and waste water, 21st edn*. American Public Health Association, Washington, DC
- Arizaga, R. (2015). Determinación del grado de contaminación por metales pesados en bivalvos (*Anadara tuberculosa*) en La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje Cantón San Lorenzo de la Provincia de Esmeraldas. *Revista El Misionero del Agro*. 3(13), 48-59. Recuperado de http://190.214.49.249/web/revistas_cientificas/revista_cientifica_13.pdf
- Berenson, M., y Levine, D. (1996). *Estadística básica en administración: conceptos y aplicaciones*. Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=2N09O8-Oe0QC&dq=predichos+estadistica&hl=es&source=gs_navlinks
- Blumkin, L., Leshinsky, E., Michelson, M., Zerem, A., Kivity, S., Lev, D., y Lerman, T. (2015). Paroxysmal tonic upward gaze as a presentation of de-novo mutations in CACNA1A. *European Journal of Paediatric Neurology*, 19 (3), 292-297. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1090-3798%2809%2970033-9>
- Bryant, V., Newbery, D., McLusky, D., y Campbell, R. (1985). Effect of temperature and salinity on the toxicity of nickel and zinc to two estuarine invertebrates (*Corophium volutator*, *Macoma balthica*). *Marine Ecology Progress Series*. 24(1-2), 139-153. <https://doi.org/10.2307/24816860>
- Bu-Olayan, A., y Thomas, B. (2009). Translocation and bioaccumulation of trace metals in desert plants of Kuwait Governorates. *Environmental Sciences*. 3 (5), 581–587.

- Cabañas, M. (2014). Efectos fisiológicos, morfológicos y bioquímicos de la exposición al plomo en las especies *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* (tesis de posgrado). Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. México. Recuperado de <https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/997>
- Caeiro, S., Costa, M., Ramos, T., Fernandes, F., Silveira, N., Coimbra, A., y Painho, M. (2005). Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: An index analysis approach. *Ecological Indicators*, 5(2), 151–169. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.02.001>
- Campos, N., y Gallo, M. (1997). Contenidos de Cd, Cu y Zinc en *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* de La Ciénaga Grande de Santa Marta Y Bahía de Chengue, Costa Caribe Colombiana. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 21(79), 73-90.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2007). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. Recuperado de <http://cegg-rcqe.ccme.ca/en/index.html#void>
- Castro, R. (2017). *Contaminación por metales pesados cadmio y plomo en agua, sedimento y en mejillón mytella guyanensis (Lamarck, 1819) en los Puentes 5 de Junio y Perimetral (Estero Salado, Guayaquil – Ecuador)* (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Chiu, C., y Chou, C. (1991). The distribution and influence of heavy metals in mangrove forests of the Tamshui Estuary in Taiwan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 37(4), 659–669. <https://doi.org/10.1080/00380768.1991.10416934>
- Clark, M., Mcconchie, D., Saenger, P., Pillsworth, M., Mcconchie, D., y Lewis, D. (2000). *Hydrological controls on copper, cadmium, lead and zinc concentrations in an anthropogenically polluted mangrove ecosystem. Journal of Coastal Research (Vol. 1)*. Recuperado de <http://www.glomis.com/ej/pdf/ej01.pdf>
- Colorado, R., Alvarado, A., y Romero, R. (2012). Acumulación de cobre en plantas silvestres de zonas agrícolas contaminadas con el metal. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 28(1–2), 55-61. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cienciaytecnologia/article/view/10591>

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, (2012). *Ficha de especie Rhizophora mangle*. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/58-rhizo1m.pdf
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2018). *Métodos para la caracterización de los manglares Mexicanos*. Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/metodos/caracterizacion_manglares.pdf
- Comité para la eliminación de la discriminación racial de Naciones Unidas. (2017). *Vulneración de los derechos del pueblo afrodescendiente y nacionalidades indígenas en el norte de la provincia de Esmeraldas (Ecuador) por la descontrolada actividad palmicultora, minera y forestal; y la insuficiencia de las políticas del Estado Ecuatoriano*. Recuperado de https://tbinternet.ohchr.org/Treaties/CERD/Shared%20Documents/EQU/INT_CERD_NGO_ECU_28317_S.pdf
- Consejería de Educación, Formación y Empleo de Murcia. (2013). *Conductividad Eléctrica, Murcia, España: Región de Murcia*. Recuperado de http://ftp.murciaeduca.es/programas_educativos/Nuevo1/LIBROETSIA/21_analisis_de_aguas_conductividad_elctrica.html
- Dang, T., Bayen, S., Wurl, O., Karuppiah, D., Kae Shing Wong, K., y Obbard, J. (2006). Heavy metal contamination in mangrove habitats of Singapore. *Marine pollution bulletin*, 50 (12), 1732-1738. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.09.008>
- De Jesus, H., De Abreu, E., Ferreira, A., y Zandonade, E. (2004). Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da ilha de Vitória-es. *In Quimica Nova* 27(3), 378–386. SBQ. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000300004>
- Dong, Y., Ma, L., y Rhue, R. (2000). Relation of enhanced Pb solubility to Fe partitioning in soils. *Environmental Pollution*, 110(3), 515-522. doi:10.1016/s0269-7491(99)00312-7
- Doyle, M., y Otte, M. (1997). Organism-induced accumulation of iron, zinc and arsenic in wetland soils. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 96(1), 1–11. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15093426>

- Echeverri, C. (2010). *Evaluación de ecosistemas de manglar con diferente cobertura en cuanto a los procesos de retención, absorción y acumulación de metales pesados (Cr, Cd, Pb, Zn Y Cu)* (tesis de posgrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/2807/1/190281.2010.pdf>
- Emsley, J. (2001). *Nature's building blocks : an A-Z guide to the elements*. Oxford, Inglaterra: Oxford University Press.
- Essien, J., Antai, S., y Olajire, A. (2009). Distribution, seasonal variations and ecotoxicological significance of heavy metals in sediments of cross river estuary mangrove swamp. *Water, Air, and Soil Pollution*, 197(1–4), 91–105. <https://doi.org/10.1007/s11270-008-9793-x>
- Fernández, J., Andrade, C., Silva, S., y De La Iglesia, R. (2014). Heavy metal concentration in mangrove surface sediments from the north-west coast of South America. *Marine Pollution Bulletin*, 82,(1-2) 221–226. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.016>
- Flamand, L., y Rojas, L. (Eds.). (2015). *¿Cómo gobernar la contaminación en México?: Alternativas de política pública ambiental*. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/j.ctt1ch779t>
- Foster, P., Hunt, D., y Morris, A. (1978). Metals in an acid mine stream and estuary. *Science of The Total Environment*, 9(1), 75–86. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(78\)90004-9](https://doi.org/10.1016/0048-9697(78)90004-9)
- GBC Scientific Equipment. (2004). *Atomic Absorption SensAA Dual Spectrometer*. (01-0966-00). Australia: GBC SCIENTIFIC EQUIPMENT. Recuperado de <https://www.instrument-solutions.com/wp-content/uploads/SensAA-Brochure.pdf>
- Global Initiative against Transnational Organized Crime. (2016). *Organized Crime and Illegally Mined Gold in Latin America*. Ginebra, Suiza: Global Initiative.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Eloy Alfaro. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Eloy Alfaro*. Recuperado de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/DIAGN%C3%93S

[TICO%20PDYOT_15-11-2014.pdf](#)

- Harter, R., y Naidu, R. (2001). An Assessment of Environmental and Solution Parameter Impact on Trace-Metal Sorption by Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 65(3), 597. <https://doi.org/10.2136/sssaj2001.653597x>
- Hernández, D., García, M., Alonso, J., Melgar, M., y Pérez, M. (2004). Concentraciones de metales pesados (plomo y cadmio) en conservas de almeja, berberecho y navaja comercializadas en España heavy metal (lead and cadmium) concentrations in tinned clam, common cockle and razor shell commercialized in Spain concentraci3n D. CYTA, *Journal of Food*. 4(5), 132 – 140. doi: 10.1080/11358120409487761
- Jiménez, D. (2012). *Cuantificaci3n de metales pesados (cadmio, cromo, niquel y plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (Crassostrea columbiensis) osti3n de mangle en el Puente Portete del Estero Salado (Guayaquil)* (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Kabata, A. (2011). *Trace elements in soils and plants*. CRC Press. Recuperado de <https://www.crcpress.com/Trace-Elements-in-Soils-and-Plants/Kabata-Pendias/p/book/9781420093681>
- Kelmansky, D. (2009). *Estadística (Q)*. Recuperado de https://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2010/2/C014%20Regresion%20Lineal%20Simple%20.pdf
- Lahura, E. (2003). *El coeficiente de correlaci3n y correlaciones espúreas*. Recuperado de <http://files.pucp.edu.pe/departamento/economia/DDD218.pdf>
- Lacerda, L. (1998). *Trace metals biogeochemistry and diffuse pollution in mangrove ecosystems. Mangrove Ecosystems Occasional Papers (Vol. 2)*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/310157763_Trace_metals_biogeochemistry_and_diffuse_pollution_in_mangrove_ecosystems
- Lacerda, L., Rezende, C., José, D., y Francisco, M. (1986). Metallic composition of mangrove leaves from the Southeastern Brazilian coast. *Rev. Brasil. Biol.*, 46 (2), 395-399.
- Lisb3a, E., Junior, J., y Coutinho, C. (2009). *Avalia3n De Aprendizagens Em Ambientes*

Online: O Contributo Das Tecnologias Web 2.0. *In VI Conferência Internacional de TIC na Educação*, 12, 1765–1778. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522007000400011>

- MacFarlane, G., Koller, C., y Blomberg, S. (2007). Accumulation and partitioning of heavy metals in mangroves: A synthesis of field-based studies. *Chemosphere*, 69(9), 1454–1464. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.04.059>
- Macías, P. (2015). *Determinación de metales pesados (Pb, Cd, Cr) en agua y sedimentos de la zona estuarina del río Tuxpan, Veracruz* (tesis de posgrado). Universidad Veracruzana, Veracruz, Mexico.
- Marín, L. (2007). *Aproximación ecotoxicológica a la contaminación por metales pesados en la laguna costera del Mar Menor* (tesis de posgrado), Universidad de Murcia, Murcia, España.
- Matte, T. (2003). Efectos del plomo en la salud de la niñez. *Salud Pública de México*. 45(2). 220–224. <https://doi.org/10.1590/S0036-36342003000800008>
- Mejias, C., Musa, C., y Otero, J. (2013). Exploratory Evaluation of Retranslocation and Bioconcentration of Heavy Metals in Three Species of Mangrove at Las Cucharillas Marsh, Puerto Rico. *Journal of Tropical Life Science*, 1(3), 14-22. <https://doi.org/10.11594/jtls.03.01.03>
- Mero, M., Arcos, V., Egas, F., Siavichay, F., y 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. <https://orcid.org/0000-0002-2476-7279>
- Ministerio del Ambiente. (2008). *Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje*. Recuperado de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/242256/03+PLAN+DE+MANEJO+CAYAPAS+MATAJE.pdf/300e86f9-31ef-492a-8b3f-da397583949c>
- Ministerio del Ambiente. (2009). *Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje*. Recuperado de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/890928/Plan+de+Manejo+de+la+>

[Reserva+Ecol%C3%B3gicaManglares+Cayapas++Mataje.pdf/561ffc2f-540b-4650-af11-1a48df51f943;jsessionid=AcRiou-pFgoFjbS0UDiM17HQ](http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/Biodiversidad/PLAN_MANEJO_REMACAM_2015-2.pdf)

Ministerio del Ambiente. (2015). *Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje*. Recuperado de http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/Biodiversidad/PLAN_MANEJO_REMACAM_2015-2.pdf

Ministerio del Ambiente. Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). Libro VI de la Calidad Ambiental. Anexo 1. Norma de calidad Ambiental y Descargas de Efluentes: Recurso Agua. Registro Oficial Edición Especial N° 387. 4 de noviembre de 2015.

Montaño, C. (2017). *Análisis y control de la contaminación en los peces por metales pesados, debido a la minería aurífera en los ríos del cantón San Lorenzo en la provincia de Esmeraldas* (tesis de posgrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Moreno, P., e Infante, D. (2016). *Conociendo los manglares, las selvas inundables y los humedales herbáceos*. Recuperado de http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3000/Technical/Conociendo%20los%20manglares%20y%20selvas%20inundables.pdf

Naranjo, Y., y Troncoso, W. (2008). Contenidos de cadmio, cobre, zinc y plomo en órganos de *Rhizophora mangle* de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR)*, 37(2), 107-129. Recuperado de <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/3502/articulo07.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ochoa, C., González, J., y Carrión, J. (2016). Metales pesados (Cd, Cr, Pb, Hg) en *Rhizophora mangle* en Río y Bahía de Chetumal. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 3(2), 263-271. Recuperado de http://www.itvalleoxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE%20vol%203_2_2016/19%20RMAE-2016-03-Metales-2a%20versi%C3%B3n-To%20%20edit.pdf

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 pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

- Ong Che, R. (1999). Concentration of 7 Heavy Metals in Sediments and Mangrove Root Samples from Mai Po, Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, 39(1–12), 269–279. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00056-9](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00056-9)
- Parra, J., y Espinoza, L. (2008). Distribución de metales pesados (Pb, Cd y Zn) en perfiles de sedimento asociado a *Rhizophora mangle* en el Río Sevilla -Ciénaga Grande de Santa Marta. *Colombia. Bol. Invest. Mar. Cost*, 37(1), 95-110. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v37n1/v37n1a06.pdf>
- Peñañiel, M., Vallejo, A., y Chalen, J. (2017). Evaluación de la calidad físico-química en agua y sedimentos del estero salado en el noroeste de América Latina. *Pol. Con.* 2(6), 641-669.
- Perillo, G. (1995). *Geomorphology and sedimentology of estuaries*. Elsevier. Recuperado de <https://www.elsevier.com/books/geomorphology-and-sedimentology-of-estuaries/perillo/978-0-444-88170->
- Pernía Santos, B., Mero, M., Cornejo, X., Ramírez, N., Ramírez, L., Bravo, K., y 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. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.246>
- Perry, C., y Taylor, K. (2007). *Environmental sedimentology*. Blackwell Pub. Recuperado de <https://es.slideshare.net/wazablaze/environmental-sedimentology>
- Peters, E., Gassman, N., Firman, J., Richmond, R., y Power, E. (1997). Ecotoxicology of tropical marine ecosystems. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16(1), 12–40. <https://doi.org/10.1002/etc.5620160103>
- Pinheiro, M., Silva, P., Duarte, L., Almeida, A., y Zanotto, F. (2012). Accumulation of six metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucididae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiosperma: Rhizophoraceae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 81, 114–121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.05.004>

- Proaño, M. (2016). *Análisis espacial de concentraciones de metales pesados en agua y sedimentos de la Reserva Ecológica Manglares de Churute* (tesis posgrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Ramírez, A. (2013). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de La Facultad de Medicina*, 63(1), 51. doi: org/10.15381/anales.v63i1.1477
- Rosas, H. (2001). *Estudio de la Contaminación por Metales Pesados en la Cuenca del Llobregat* (tesis de posgrado). Universidad Politécnica de Catalunya, Cataluña, España.
- Rovira, J. (1993). *Estudio de la Contaminación por metales pesados del Río Jarama* (tesis de posgrado), Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.
- Ruiz, E., y Armienta, M. (2012). Acumulación de arsénico y metales pesados en maíz en suelos cercanos a jales o residuos mineros. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(2), 103–117. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37023178001%0ACómo>
- Sadiq, M., y Zaidi, T. (1994). Sediment composition and metal concentrations in mangrove leaves from the Saudi coast of the Arabian Gulf. *Science of The Total Environment*, 155(1), 1–8. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90356-5](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90356-5)
- Sánchez, G. (2016). *Ecotoxicología Del Cadmio Suelos Ricos En Cadmio*. Universidad Computense. Recuperado de http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA_SANCHEZ_BARRON.pdf
- Sánchez, O., y Bridgewater, P. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Morelia, México: Instituto Nacional de Ecología (México)
- Scholander, P., Hammel, H., Hemming-Sen, E y Garey, W. (1962). Salt balance in Salt balance in mangroves. *Plant Physiol*, 37(6), 722–729. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC406237/>
- Soto, M., y Páez, F. (2001). Distribution and normalization of heavy metal concentrations in mangrove and lagoonal sediments from Mazatlán Harbor (SE Gulf of California). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53(3), 259–274. <https://doi.org/10.1006/ecss.2000.0814>

- Souza, V., Santos, S., Fonseca, C., Paiva, A., y Silva, W. (2015). *Mangrove leaves (Rhizophora mangle) as environmental contamination biomonitors*. Sao Paulo. Recuperado de https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:47013774
- Tam, N., Li, S., Lan, C., Chen, G., Li, M., y Wong, Y. (1995). Nutrients and heavy metal contamination of plants and sediments in Futian mangrove forest. *Hydrobiologia*, 295(1–3), 149–158. <https://doi.org/10.1007/BF00029122>
- Tavakoly, S., Salleh, A., Rezayi, M., Saadati, N., Narimany, L., y Tehrani, G. (2013). Distribution and Contamination of Heavy Metal in the Coastal Sediments of Port Klang, Selangor, Malaysia. *Water, Air, & Soil Pollution*, 224(4), 1476. <https://doi.org/10.1007/s11270-013-1476-6>
- Turner, A. (1996). Trace-metal partitioning in estuaries: Importance of salinity and particle concentration. Marine Chemistry. *Marine Chemistry*, 54(1-2), 27-39. [https://doi.org/10.1016/0304-4203\(96\)00025-4](https://doi.org/10.1016/0304-4203(96)00025-4)
- United States Environmental Protection Agency. (2007). *METHOD 7000B FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY*. Recuperado de <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/7000b.pdf>
- Walsh, G., Ainsworth, K., y Rigby, R. (1979). Resistance of Red Mangrove (*Rhizophora mangle* L.) Seedlings to Lead, Cadmium, and Mercury. *Biotropica*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.2307/2388167>

10. ANEXOS

Anexo I. Diagramas de dispersión lineal del plomo y parámetros físico químicos en agua, tomados en época seca

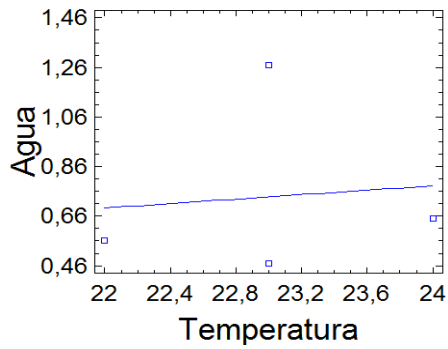


Figura 18. Diagrama de dispersión entre la Variable de Plomo en Agua y Temperatura (Época seca)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

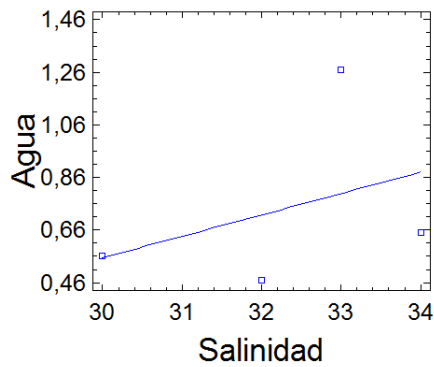


Figura 19. Diagrama de dispersión entre la Variable de Plomo en Agua y Salinidad (Época seca)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

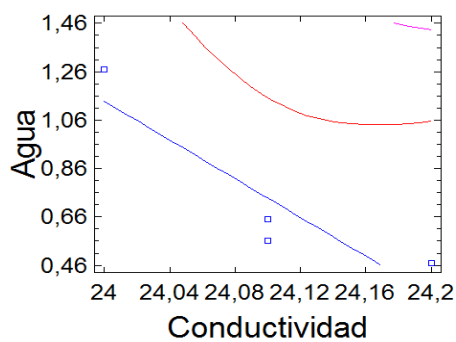


Figura 20. Diagrama de dispersión entre la Variable de Plomo en Agua y Conductividad (Época seca)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

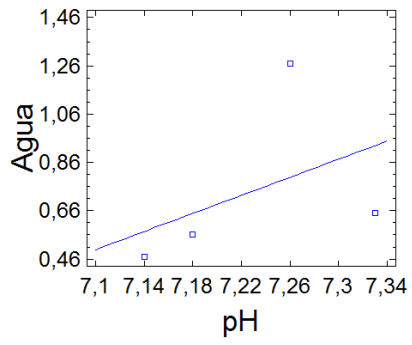


Figura 21. Diagrama de dispersión entre la Variable de Plomo en Agua y pH (Época seca)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

Anexo II. Diagramas de dispersión lineal del plomo y parámetros físico químicos en agua, tomados en época lluviosa.

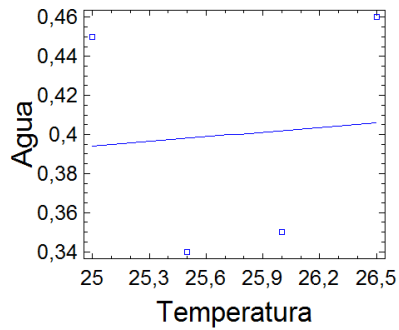


Figura 22. Diagrama de dispersión entre la Variable de Plomo en Agua y Temperatura (Época lluviosa)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

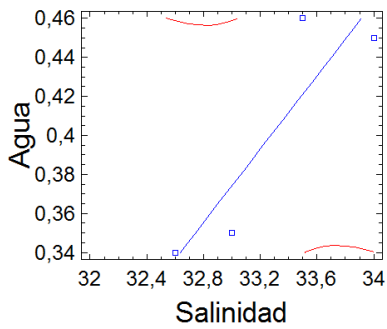


Figura 23. Diagrama de dispersión entre la Variable de Plomo en Agua y Salinidad (Época lluviosa)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

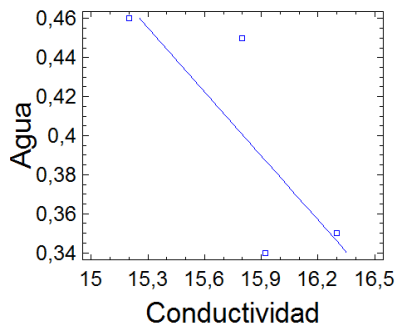


Figura 24. Diagrama de dispersión entre la Variable de Plomo en Agua y Conductividad (Época lluviosa)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

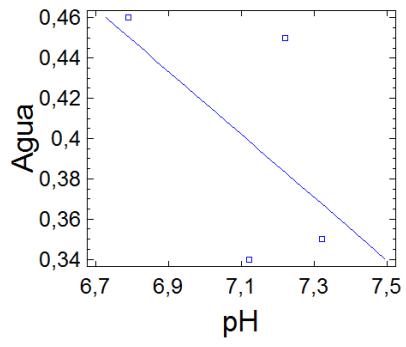


Figura 25. Diagrama de dispersión entre la Variable de Plomo en Agua y pH (Época lluviosa)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

Anexo III. Diagrama de dispersión lineal del cadmio y parámetros físico químicos en agua, tomados en época seca

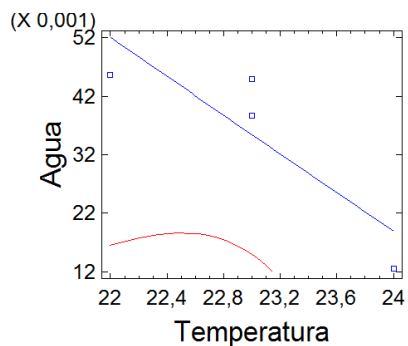


Figura 26. Diagrama de dispersión entre la Variable de Cadmio en Agua y Temperatura (Época seca)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

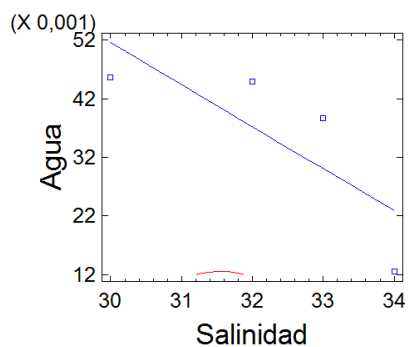


Figura 27. Diagrama de dispersión entre la Variable de Cadmio en Agua y Salinidad (Época seca)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

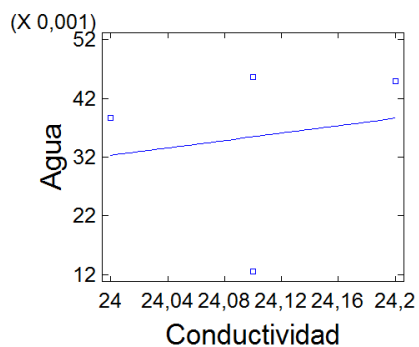


Figura 28. Diagrama de dispersión entre la Variable de Cadmio en Agua y Conductividad (Época seca)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

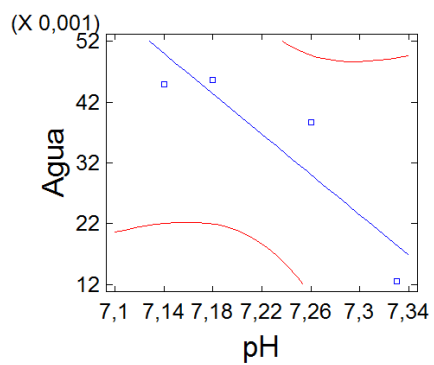


Figura 29. Diagrama de dispersión entre la Variable de Cadmio en Agua y pH (Época seca)
 Fuente: Echeverría, K. 2019.

Anexo IV. Diagramas de dispersión lineal del cadmio y parámetros físico químicos en agua, tomados en época lluviosa

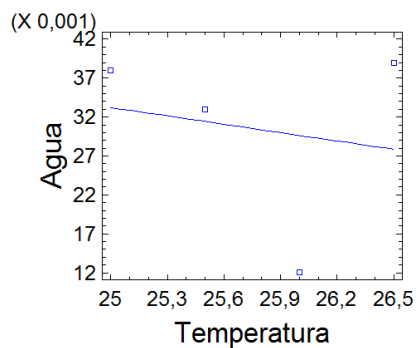


Figura 30. Diagrama de dispersión entre la Variable de Cadmio en Agua y Temperatura (Época lluviosa)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

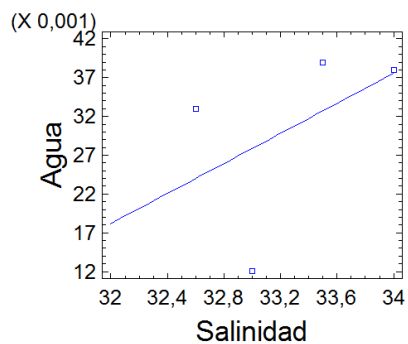


Figura 31. Diagrama de dispersión entre la Variable de Cadmio en Agua y Salinidad (Época lluviosa)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

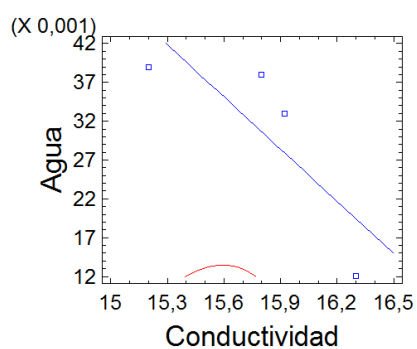


Figura 32. Diagrama de dispersión entre la Variable de Cadmio en Agua y Conductividad (Época lluviosa)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

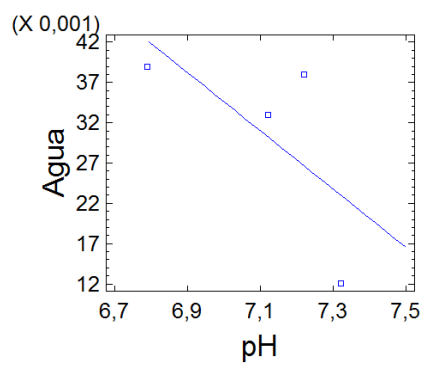


Figura 33. Diagrama de dispersión entre la Variable de Cadmio en Agua y pH (Época lluviosa)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

Anexo V. Diagramas de dispersión lineal de la concentración de plomo en agua y concentración de plomo en sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, en época seca.

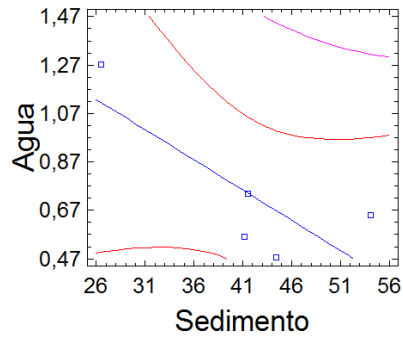


Figura 34. Diagrama de dispersión entre la Variable de Plomo en Agua y Sedimento (Época seca)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

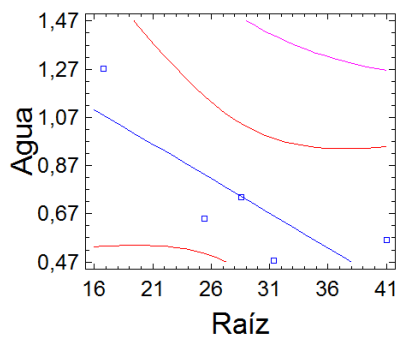


Figura 35. Diagrama de dispersión entre la Variable de Plomo en Agua y Raíz (Época Seca)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

Anexo VI. Diagramas de dispersión lineal de la concentración de plomo en gua y concentración de plomo en sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, en época lluviosa

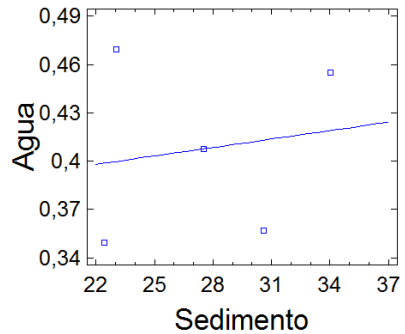


Figura 36. Diagrama de dispersión entre la Variable de Plomo en Agua y Sedimento (Época lluviosa)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

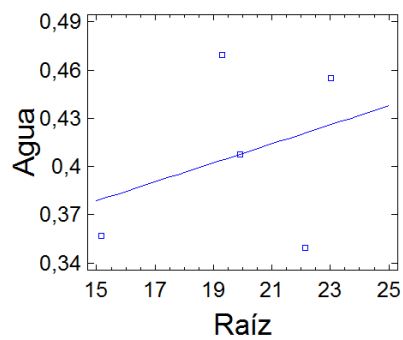


Figura 37. Diagrama de dispersión entre la Variable de Plomo en Agua y Raíz (Época lluviosa)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

Anexo VII. Diagrama de dispersión lineal de la concentración de cadmio en agua y concentración de cadmio en sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, en época seca.

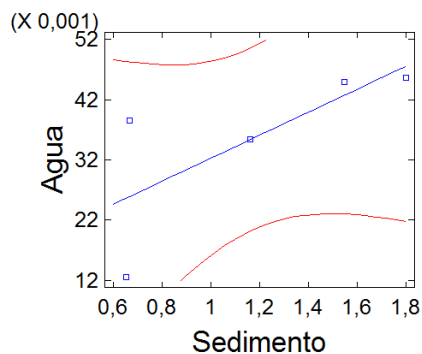


Figura 38. Diagrama de dispersión entre la Variable de Cadmio en Agua y Sedimento (Época Seca)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

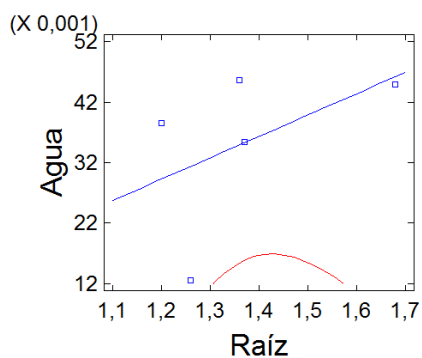


Figura 39. Diagrama de dispersión entre la Variable de Cadmio en Agua y Raíz (Época Seca)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

Anexo VIII. Diagrama de dispersión lineal de la concentración de cadmio en agua y concentración de cadmio en sedimentos y raíces de *Rhizophora mangle*, en época lluviosa.

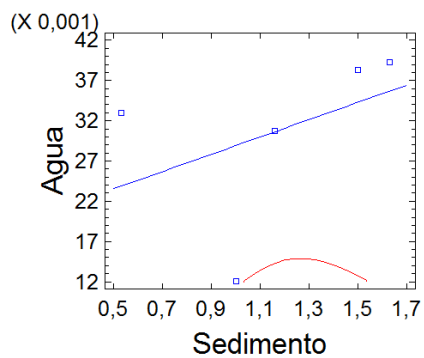


Figura 40. Diagrama de dispersión entre la Variable de Cadmio en Agua y Sedimento (Época lluviosa)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

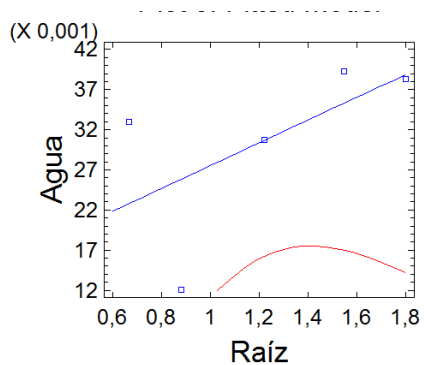
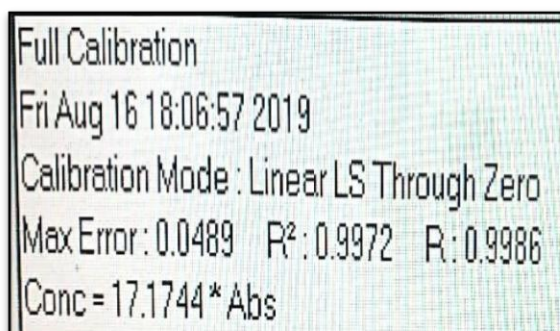


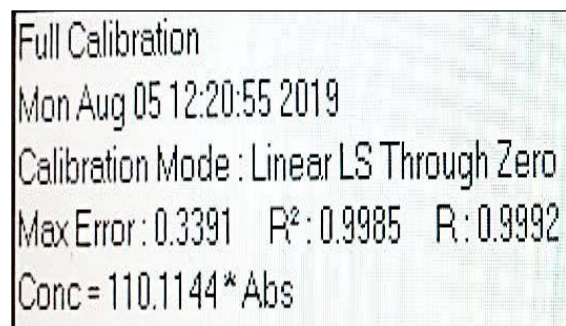
Figura 41. Diagrama de dispersión entre la Variable de Cadmio en Agua y Raíz (Época lluviosa)
Fuente: Echeverría, K. 2019.

Anexo IX. Curvas de Calibración



Full Calibration
Fri Aug 16 18:06:57 2019
Calibration Mode : Linear LS Through Zero
Max Error: 0.0489 R²: 0.9972 R: 0.9986
Conc = 17.1744 * Abs

Figura 42. Datos de Calibración del cadmio en Espectrofotómetro de absorción atómica



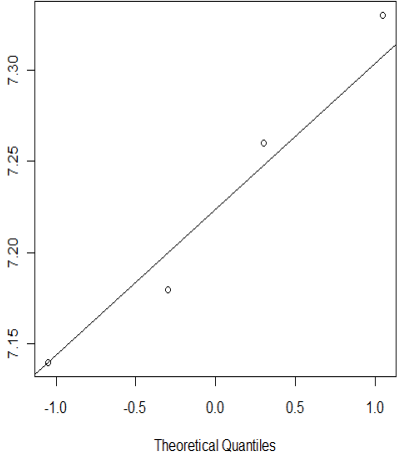
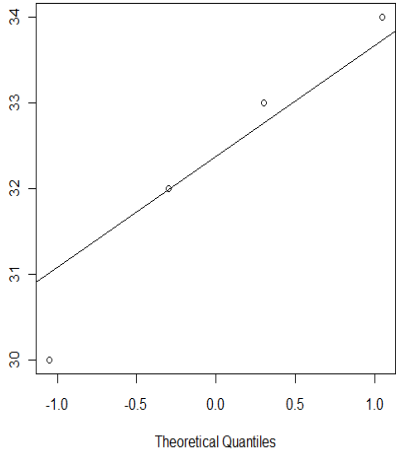
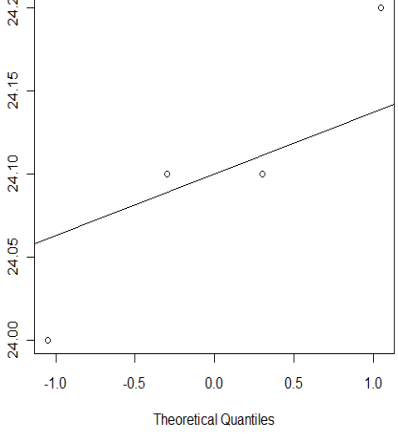
Full Calibration
Mon Aug 05 12:20:55 2019
Calibration Mode : Linear LS Through Zero
Max Error: 0.3391 R²: 0.9985 R: 0.9992
Conc = 110.1144 * Abs

Figura 43. Datos de Calibración del Plomo en Espectrofotómetro de absorción atómica

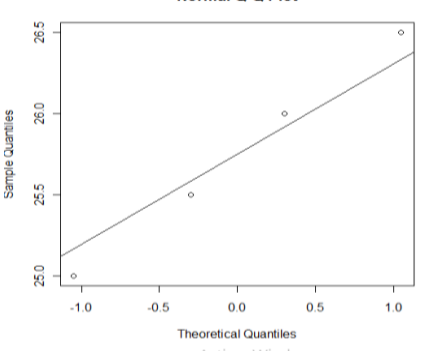
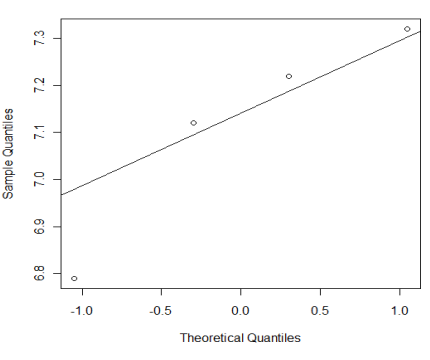
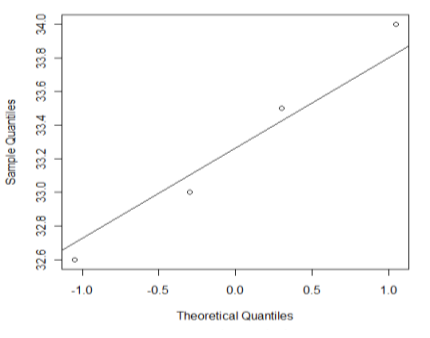
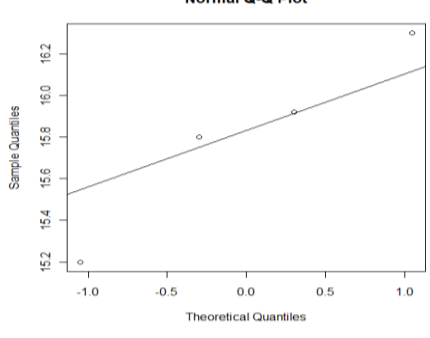
Anexo X. Resultados del análisis estadístico de normalidad (R- Project)

Hipótesis
Ho: Los datos presentan una distribución normal
Ha: Los datos no presentan una distribución normal

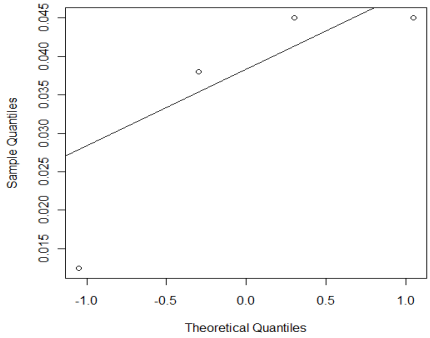
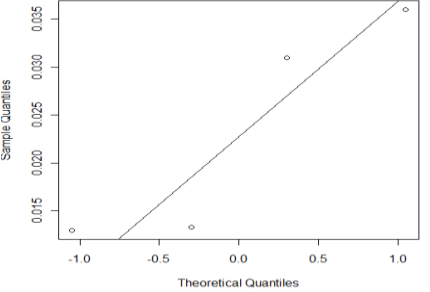
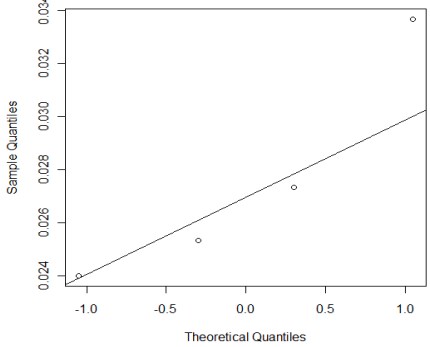
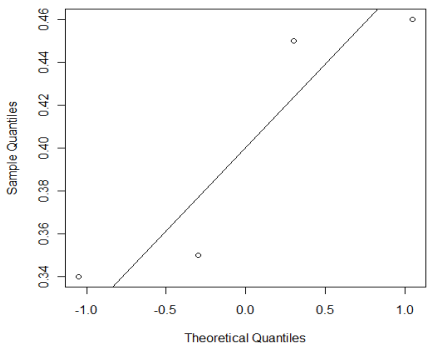
Normalidad de Parámetros Físicoquímicos en Época seca		
Parámetro	Grafica Q-Q Plot	p-value
Temperatura		<pre>> shapiro.test(parametros\$tempe) Shapiro-Wilk normality test data: parametros\$tempe W = 0.9447, p-value = 0.683</pre>

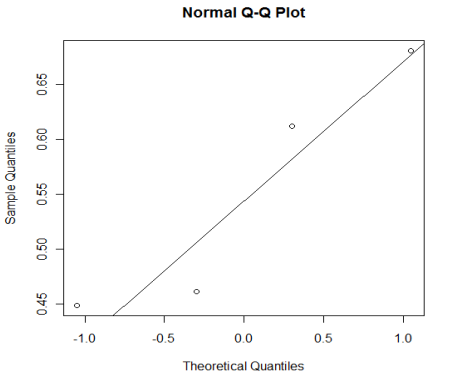
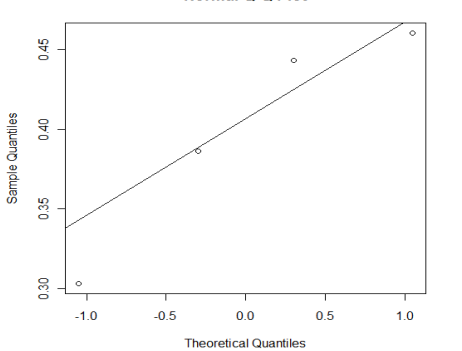
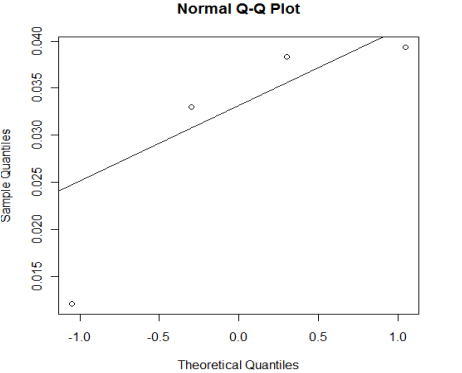
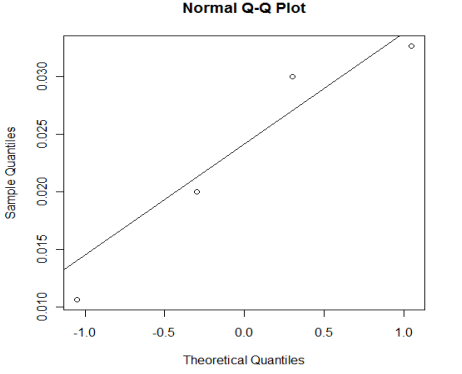
<p>pH</p>	<p>Normal Q-Q Plot</p> 	<pre>> shapiro.test(parametros\$ph) Shapiro-Wilk normality test data: parametros\$ph W = 0.9641, p-value = 0.8045</pre>
<p>Salinidad</p>	<p>Normal Q-Q Plot</p> 	<pre>> shapiro.test(parametros\$salin) Shapiro-Wilk normality test data: parametros\$salin W = 0.9714, p-value = 0.85</pre>
<p>Conductividad</p>	<p>Normal Q-Q Plot</p> 	<pre>> shapiro.test(parametros\$condu) Shapiro-Wilk normality test data: parametros\$condu W = 0.9447, p-value = 0.683</pre>

Normalidad de Parámetros Físicoquímicos en Época Lluviosa

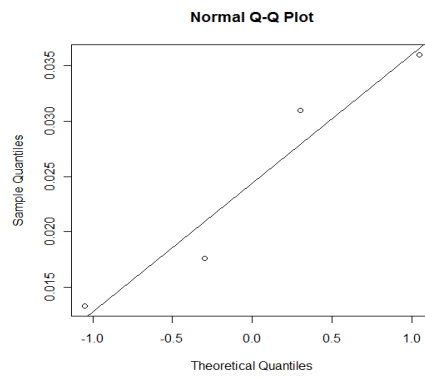
Parámetro	Grafico Q-Q Plot	p – value
Temperatura		<pre data-bbox="949 526 1356 728">> shapiro.test(parametros\$tempe) Shapiro-Wilk normality test data: parametros\$tempe W = 0.9929, p-value = 0.9719</pre>
Ph		<pre data-bbox="949 931 1356 1155">> shapiro.test(parametros\$ph) Shapiro-Wilk normality test data: parametros\$ph W = 0.9143, p-value = 0.5053</pre>
Salinidad		<pre data-bbox="949 1337 1356 1561">> shapiro.test(parametros\$salin) Shapiro-Wilk normality test data: parametros\$salin W = 0.9867, p-value = 0.9398</pre>
Conductividad		<pre data-bbox="949 1720 1356 1944">> shapiro.test(parametros\$condu) Shapiro-Wilk normality test data: parametros\$condu W = 0.9644, p-value = 0.8068</pre>

Normalidad en ÉPOCA SECA de concentraciones de Plomo y Cadmio en: Agua, Sedimentos y Raíces de <i>Rhizophora Mangle</i>		
Matriz	Grafico Q-Q Plot	p – Value
Plomo en agua		<pre>> shapiro.test(plomo\$agua) Shapiro-Wilk normality test data: plomo\$agua W = 0.809, p-value = 0.1194</pre>
Plomo en sedimento		<pre>> shapiro.test(plomo\$sedimento) Shapiro-Wilk normality test data: plomo\$sedimento W = 0.9701, p-value = 0.842</pre>
Plomo en raíz		<pre>> shapiro.test(plomo\$raiz) Shapiro-Wilk normality test data: plomo\$raiz W = 0.9992, p-value = 0.9979</pre>

Cadmio en agua	<p style="text-align: center;">Normal Q-Q Plot</p> 	<pre>> shapiro.test(cadmio\$agua) Shapiro-Wilk normality test data: cadmio\$agua W = 0.7762, p-value = 0.06597</pre>
Cadmio en sedimento	<p style="text-align: center;">Normal Q-Q Plot</p> 	<pre>> shapiro.test(cadmio\$sedimento) Shapiro-Wilk normality test data: cadmio\$sedimento W = 0.8248, p-value = 0.1547</pre>
Cadmio en raíces	<p style="text-align: center;">Normal Q-Q Plot</p> 	<pre>> shapiro.test(cadmio\$raiz) Shapiro-Wilk normality test data: cadmio\$raiz W = 0.8853, p-value = 0.3620</pre>
Normalidad en ÉPOCA LLUVIOSA de concentraciones de Plomo y Cadmio en: Agua, Sedimentos y Raíces de <i>Rhizophora Mangle</i>		
Matriz	Grafico Q-Q Plot	p - Value
Plomo en agua	<p style="text-align: center;">Normal Q-Q Plot</p> 	<pre>> shapiro.test(plomo\$agua) Shapiro-Wilk normality test data: plomo\$agua W = 0.8096, p-value = 0.1205</pre>

<p>Plomo en sedimento</p>		<pre>> shapiro.test(plomo\$sedimento) Shapiro-Wilk normality test data: plomo\$sedimento W = 0.8711, p-value = 0.3019</pre>
<p>Plomo en raíz</p>		<pre>> shapiro.test(plomo\$raiz) Shapiro-Wilk normality test data: plomo\$raiz W = 0.9172, p-value = 0.5213</pre>
<p>Cadmio en agua</p>		<pre>> shapiro.test(cadmio\$agua) Shapiro-Wilk normality test data: cadmio\$agua W = 0.794, p-value = 0.09195</pre>
<p>Cadmio en sedimento</p>		<pre>> shapiro.test(cadmio\$sedimento) Shapiro-Wilk normality test data: cadmio\$sedimento W = 0.9291, p-value = 0.5894</pre>

Cadmio en raíces



```
> shapiro.test(cadmio$raiz)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: cadmio$raiz
```

```
W = 0.9149, p-value = 0.5089
```

Anexo XI. Ficha fotográfica de la especie *Rhizophora mangle*



Figura 8. Estructuras del mangle rojo (*Rhizophora mangle*): a) árboles de mangle, b) corteza, c) raíz de zano con lenticelas, d) hojas por el haz y el envés, e) flores, f) hipocótilo, g) hipocótilos colgando de una rama, h) plántulas de D. Infante y G. Sánchez Vique.

Ficha fotográfica de la especie *Rhizophora mangle*. Adaptado de Moreno e Infante (2010, p. 36)

Anexo XII. Cuestionario de la socialización de la investigación.

PROCESO DE SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

El siguiente cuestionario nos permitirá implementar mejoras constantes en los procesos de socialización de trabajos de investigación, por favor háganos llegar sus comentarios y sugerencias:

FECHA				
EXPOSITOR				
LUGAR	DENTRO PUCESI		FUERA PUCESI	

NOTA IMPORTANTE: Por favor conteste las preguntas según la siguiente escala:

5. MUY ALTO / 4. ALTO / 3. MEDIO / 2. BAJO / 1. NULO

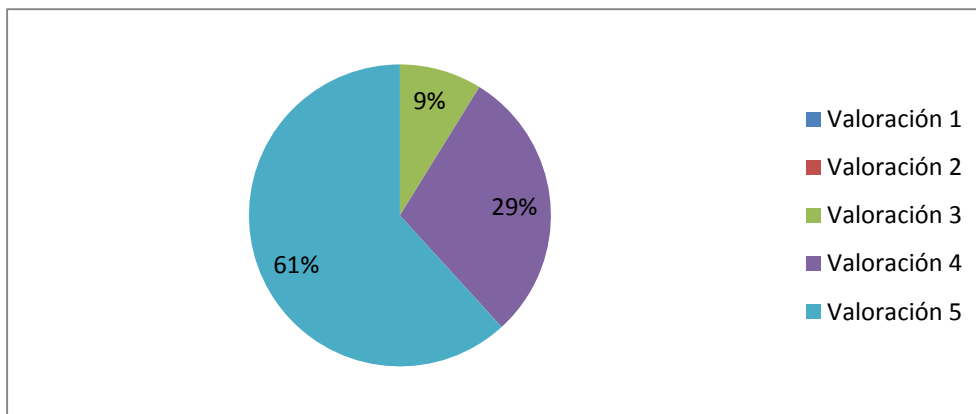
DETALLE DE VALORACIÓN	1	2	3	4	5
ORGANIZACIÓN DEL EVENTO DE SOCIALIZACIÓN:					
1. ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?					
2. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?					
EJECUCIÓN DEL EVENTO POR PARTE DEL EXPOSITOR					
3. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?					
4. ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?					
5. ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión?					
MEDICIÓN DE IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN:					
6. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?					
7. ¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?					
8. ¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?					
9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que éstos se cumplieron?					
REALICE UN COMENTARIO O SUGERENCIA PARA LOS ORGANIZADORES DE ESTE EVENTO					
MENCIONE USTED OTRAS PROBLEMÁTICAS QUE A SU PARECER PODRÍAN SER INVESTIGADAS Y QUE POSEAN IMPORTANCIA PARA ALGÚN ACTOR Y/O SECTOR DE NUESTRA COLECTIVIDAD					
INSTITUCIÓN U ORGANIZACIÓN A LA QUE PERTENECE EL ENCUESTADO					

Anexo XIII. Socialización de la metodología realizada en la investigación.

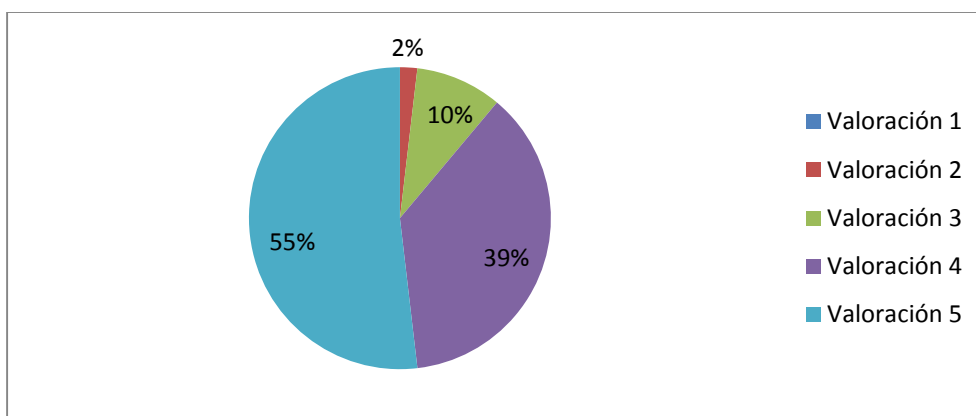


Anexo XV. Análisis de la tabulación de los resultados de la socialización de la investigación.

ORGANIZACIÓN DEL EVENTO DE SOCIALIZACIÓN:



EJECUCIÓN DEL EVENTO POR PARTE DEL EXPOSITOR



MEDICIÓN DE IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN

