



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

**Presencia de Metales Pesados y Nutrientes en el Sustrato del  
Manglar de la Comuna Manglaralto, Santa Elena, Ecuador.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO**

AUTOR:

**JORGE LUIS CARRASCO POLANCO**

DOCENTE:

**BLGA. MAYRA CUENCA ZAMBRANO. MSc.**

La Libertad - Ecuador

2025

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

**Presencia de Metales Pesados y Nutrientes en el Sustrato del  
Manglar de la Comuna Manglaralto, Santa Elena, Ecuador.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

JORGE LUIS CARRASCO POLANCO

DOCENTE:

BLGA. MAYRA CUENCA ZAMBRANO. MSc.

La Libertad - Ecuador

2025

## **DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR**

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, "**Presencia de Metales Pesados y Nutrientes en el Sustrato del Manglar de la Comuna Manglaralto**", Santa Elena, Ecuador., 2024", elaborado por **Carrasco Polanco Jorge Luis**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



---

Blga. MAYRA CUENCA ZAMBRANO, M.Sc.

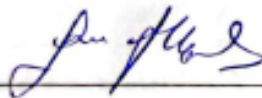
**DOCENTE TUTOR**

**C.I. 1712887767**

## **DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA**

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular **“Presencia de Metales Pesados y Nutrientes en el Sustrato del Manglar de la Comuna Manglaralto”, Santa Elena, Ecuador., 2024”,** elaborado por **Carrasco Polanco Jorge Luis**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



---

Ing. Jorge Magallanes Tomalá, M.Sc.

**DOCENTE DE ÁREA**

**C.I. 0928355346**

## **DEDICATORIA**

El esfuerzo, la constancia y la dedicación empleados en la elaboración de este trabajo de Titulación está dedicado a mis hijas, las cuales son mi motor para seguir esforzándome en la vida y alcanzar objetivos.

A mi madre que desde el cielo me guía y me da fuerzas, para alcanzar las metas propuestas.

A mi padre que ha sido el motor de perseverancia, incitándome a no desmayar hasta alcanzar los objetivos de la vida.

A mis familiares y amigos que han sido mi apoyo moral, económico y me han incentivado a terminar mi carrera universitaria.

A quienes me brindaron su apoyo en la elaboración de este Trabajo de Titulación.

Jorge Carrasco Polanco

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, a la Carrera de Biología, a sus Docentes quienes durante años nos han brindado sus conocimientos, formándonos como profesionales.

A la Blga. Mayra Cuenca Zambrano, MSc., por su ayuda desinteresada, comprensión, paciencia, tiempo y conocimientos brindados para realizar esta Trabajo de Titulación.

Al laboratorio “Deproinsa por el análisis de concentración de metales pesados y nutrientes realizado en este trabajo investigativo.

Agradezco a mi familia que, mediante su ayuda, incentivo y apoyo, permitieron que termine esta tesis, así como mi carrera universitaria, dándome palabras de aliento cada día de perseverancia.

## TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Jorge Luis Carrasco Polanco** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 11/12/2024



Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc.

**DOCENTE GUÍA DE LA UIC II**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc

**DIRECTOR/A DE CARRERA**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.

**DOCENTE TUTOR**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Jorge Magallanes Tomalá, M.Sc.

**PROFESOR DE ÁREA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, M.Sc.

**SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **Carrasco Polanco Jorge Luis**, declaro que la responsabilidad de las ideas, contenido y análisis de resultados en este Trabajo de Integración Curricular, me pertenecen en exclusividad y el patrimonio intelectual del mismo le corresponde, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE).



---

**Carrasco Polanco Jorge Luis**

CI: 0924685449



## ÍNDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>29</b>
4.1	OBJETIVO GENERAL .....	29
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	29
<b>5</b>	<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>31</b>
6.1	LOS MANGLARES EN ECUADOR.....	31
6.2	MANGLAR DE MANGLARALTO.....	32
6.3	USO .....	32
6.4	DISTRIBUCIÓN.....	33
6.5	TIPOS FISIOGRAFICOS DE MANGLARES .....	33
6.6	METALES PESADOS EN MANGLARES.....	34

6.7	METALES PESADOS Y NUTRIENTES EN EL SEDIMENTO DEL MANGLAR.....	36
6.8	MÉTODO: APHA 3120 B: PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE, ESPECTROSCOPIA DE EMISIÓN ATÓMICA. ....	45
<b>7</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>47</b>
7.1	ÁREA DE ESTUDIO.....	47
7.2	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	48
7.3	PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE LA MUESTRA (García, 2017) 49	
7.4	MÉTODOS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS DE METALES PESADOS 50	
7.5	PROTOCOLO DE ANÁLISIS DE PLOMO, CROMO Y CADMIO. ....	50
7.6	ANÁLISIS DE FÓSFORO TOTAL .....	52
7.7	ANÁLISIS DE NITRÓGENOS TOTALES (Ver tabla 3).....	54
7.8	ANÁLISIS DE POTASIO (Ver tabla 3). ....	57
7.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	60
<b>8</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS. ....</b>	<b>62</b>

8.1	CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS Y NUTRIENTES.....	62
8.2	CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS Y NUTRIENTES EN CADA ESTACIÓN.....	67
8.3	CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO “ACUERDO MINISTERIAL 083 “TULSMA” .....	69
8.4	CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS COMPARADOS CON EL LMP. 69	
8.5	CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES COMPARADOS CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE.....	75
<b>9</b>	<b>DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>82</b>
9.1	DISCUSIONES .....	82
9.2	CONCLUSIONES.....	84
9.3	RECOMENDACIONES .....	87
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>89</b>
<b>11</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>
<b>12</b>	<b>TABLAS .....</b>	<b>99</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Varianza de nutrientes.....	63
Tabla 2.	Varianza de metales pesados.....	65
Tabla 3.	Estaciones seleccionadas dentro del Área de Estudio.....	99
Tabla 4.	Métodos utilizados en análisis de metales pesados.....	100
Tabla 5.	Parámetros de Colección en Metales Pesados. ....	100
Tabla 6.	Cantidad de metales pesados. LMP (TULSMA, 2024). ....	101
Tabla 7.	Presencia de Plomo en las 5 estaciones.....	101
Tabla 8.	Concentraciones de Cromo Total.....	101
Tabla 9.	Concentraciones de Cadmio.....	102
Tabla 10.	Cantidad de nutrientes en las 5 estaciones. LMP tomado de: (Mula, 2024) (EOS DATA ANALYTICS, 2024). ....	102
Tabla 11.	Concentración de nitrógeno total .....	103
Tabla 12.	Concentración de Fósforo total .....	103
Tabla 13.	Concentración de Potasio Total .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de la subcuenca del río Manglaralto. Fuente: (ResearchGate, 2024)	35
Figura 2.	Área de estudio en la Comuna Manglaralto (Google Maps, 2024).....	47
Figura 3.	Estaciones de muestreo “Manglar de la Manglaralto” (Google Maps, 2024).	48
Figura 4.	Concentración de nutrientes en los 5 sitios de estudio.....	62
Figura 5.	Análisis de frecuencia al 95 % de confianza.....	63
Figura 6.	Concentración de metales pesados en 5 estaciones. (Minitab, 2024). .	65
Figura 7.	Análisis de frecuencia al 95 % de confianza.....	66
Figura 8.	Concentración de metales pesados.....	67
Figura 9.	Concentración de nutrientes.....	68
Figura 10.	Concentración de Plomo. ....	70
Figura 11.	Normalidad de Plomo de Ryan- Joiner .....	71
Figura 12.	Concentración de Cromo Total. ....	72
Figura 13.	Normalidad de Cromo de Ryan- Joiner. ....	73
Figura 14.	Concentración de Cadmio. ....	74

Figura 15.	Normalidad de cadmio de Ryan-Joyner .....	75
Figura 16.	Concentración de Nitrógeno Total.....	76
Figura 17.	Normalidad de Nitrógeno de Ryan-Joiner. ....	77
Figura 18.	Concentración de Fósforo Total.....	78
Figura 19.	Normalidad de Fósforo de Ryan-Joiner. ....	79
Figura 20.	Concentración de Potasio.....	80
Figura 21.	Normalidad de Potasio de Ryan-Joiner.....	81

## ÍNDICE DE ANEXOS

Fotografía 1.	Medición de cuadrantes de estudio.....	97
Fotografía 2.	Medición de cuadrantes de estudio.....	97
Fotografía 3.	Colección de muestras de suelo.....	97
Fotografía 4.	Colección de muestras de suelo.....	97
Fotografía 5.	Colección de muestras de suelo.....	97
Fotografía 6.	Muestras colectadas en fundas herméticas .....	97
Fotografía 7.	Pesaje .....	98
Fotografía 8.	Obtención de muestras.....	98
Fotografía 9.	Limpieza del area de estudio .....	98
Fotografía 10.	Presión del tubo.....	98
Fotografía 11.	Extracción del tubo .....	98
Fotografía 12.	Obtención de sedimento.....	98
Anexo 1.	CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN.....	104
Anexo 2.	INFORMES DE DEPROINSA “CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS Y NUTRIENTES.....	105

Anexo 3. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y  
CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS (TULSMA,  
2024). 111

Anexo 4. Valores de referencia en suelos (Mula, 2024)..... 115

Anexo 5. MONITOREOS REALIZADOS EN EL MANGLAR DE  
MANGLARALTO..... 116



## GLOSARIO

**Sumidero:** Conducto o canal por donde se sumen las aguas.

**Espectrofotometría:** Técnicas experimentales utilizadas para la detección específica de moléculas.

**Halófitas:** Aquellas plantas que están adaptadas naturalmente a crecer y vivir, y son capaces de completar su ciclo de vida bajo condiciones de alta salinidad del suelo.

**Fisiográfico:** Conjunto de formas del terreno asociadas según algún patrón o patrones estructurales y/o degradativos.

**Biomagnificación:** Aumento en la concentración de un contaminante en los tejidos de organismos en sucesivos niveles de la red trófica.

**Fitohormonas:** Compuesto producido internamente por una planta, que ejerce su función en muy bajas concentraciones y cuyo efecto se produce a nivel celular, cambiando los patrones de crecimiento de los vegetales y permitiendo su control.

**Nitrófilas:** Elevada cantidad de nitrógeno que caracteriza los suelos en los que se desarrolla.

**Espectroscopía:** Encargado de detectar la emisión o absorción de radiación electromagnética a ciertas longitudes de onda.

## **ABREVIATURAS**

**NOAA:** Administración Nacional Oceánica y Atmosférica.

**MAE:** Ministerio del Ambiente del Ecuador.

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura.

**PVC:** Cloruro de polivinilo.

**ICP:** Plasma con acoplamiento inductivo.

**OES:** Espectroscopia de emisión óptica.

**LMP:** Límite máximo permisible.

**TULSMA:** Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

**EPT:** Elementos potencialmente tóxicos.

## RESUMEN

Se evaluó las concentraciones de metales pesados tales como Pb, Cr y Cd y nutrientes N, P y K en sustratos donde se tomaron 30 muestras en 5 puntos del manglar de Manglaralto durante los meses de agosto, septiembre y octubre del 2024.

Se aplicó el método de espectrometría de emisión óptica “OES” de plasma acoplado inductivamente “ICP” para determinar concentraciones, estas reportaron valores promedios en Pb de 2,8242 a 5,2352 mg kg<sup>-1</sup>; Cr de 30,0865 a 58,8782 mg kg<sup>-1</sup> y Cd de 2,5166 a 3,1181 mg kg<sup>-1</sup>. Los datos fueron comparados con la tabla de *TULSMA* que arroja valores de plomo de 25 mg kg<sup>-1</sup> que no superan el LMP, en Cr y Cd si superan excesivamente los LMP de 20 mg kg<sup>-1</sup> y 0,5 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Con respecto a la concentración de nutrientes observamos rangos de: nitrógeno (1485,633 a 2669,206 mg kg<sup>-1</sup>), fósforo (363,4683 a 617, 8395 mg kg<sup>-1</sup>) y potasio (127, 9566 a 4624,5753 mg kg<sup>-1</sup>), estos valores superan el LMP entre 75 a 125; 35 a 109 y 150 a 300 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente. La estación 1 posee los más altos valores de contaminación con respecto a exceso de nutrientes tales como nitrógeno (22214,934 mg kg<sup>-1</sup>) y fósforo (617,8395 mg kg<sup>-1</sup>). La estación 2 posee el más alto valor de concentración de cadmio (3,1181 mg kg<sup>-1</sup>) y potasio (4624,5753 mg kg<sup>-1</sup>); la estación 5 posee el más alto valor con respecto a contaminación de cromo (58,8782 mg kg<sup>-1</sup>).

**Palabras clave:** Metales pesados, nutrientes, manglar, espectrometría.

## ABSTRACT

The concentrations of heavy metals such as Pb, Cr and Cd and nutrients N, P and K in substrates were evaluated; 30 samples were taken at 5 points in the Manglaralto mangrove during the months of August, September and October 2024. The optical emission spectrometry method “OES” of inductively coupled plasma “ICP” was applied to determine concentrations, these report average values in Pb of 2.8242 to 5.2352 mg kg<sup>-1</sup>; Cr from 30.0865 to 58.8782 mg kg<sup>-1</sup> and Cd from 2.5166 to 3.1181 mg kg<sup>-1</sup>. The data were compared with the TULSMA table that shows lead values of 25 mg kg<sup>-1</sup> that do not exceed the LMP, in Cr and Cd if they excessively exceed the LMP of 20 mg kg<sup>-1</sup> and 0.5 mg kg<sup>-1</sup> respectively.

Regarding the concentration of nutrients, we observed ranges of: nitrogen (1485.633 to 2669.206 mg kg<sup>-1</sup>), phosphorus (363.4683 to 617.8395 mg kg<sup>-1</sup>) and potassium (127.9566 to 4624.5753 mg kg<sup>-1</sup>), these values exceed the LMP between 75 to 125; 35 to 109 and 150 to 300 mg kg<sup>-1</sup> respectively. Station 1 has the highest pollution values with respect to excess nutrients such as nitrogen (22214.934 mg kg<sup>-1</sup>) and phosphorus (617.8395 mg kg<sup>-1</sup>). Station 2 has the highest concentration value of cadmium (3.1181 mg kg<sup>-1</sup>) and potassium (4624.5753 mg kg<sup>-1</sup>); Station 5 has the highest value regarding chromium contamination (58.8782 mg kg<sup>-1</sup>).

**Keywords:** Heavy metals, nutrients, mangrove, spectrometry.

# 1 INTRODUCCIÓN

El sistema ecológico de los manglares se encuentra en las zonas tropicales del mundo, en los continentes de África, América, Asia y Oceanía. La subregión del Sudeste Asiático posee una riquísima y única biodiversidad gracias a su clima húmedo y cálido, hábitats costeros de distintas especies de manglares, peces, crustáceos y moluscos. Especialmente sus ecosistemas marinos dan sustento a millones de personas y son también lugares de gran interés turístico (Kindelán, 2023).

Entre 1969 y 2006, el área de manglares del Ecuador disminuyó en 56.395,9 hectáreas, lo que resultó en una reducción del 27,7% del área original del ecosistema del país (Clirsen, 2006) (Bravo, 2010). Los impactos se dividen en dos categorías: impactos positivos (si producen efectos beneficiosos sobre el medio) y negativos (si producen efectos perjudiciales sobre el medio). Desde 1940 hasta la actualidad, los principales impactos ambientales que sufren los manglares en el Ecuador son: i) la expansión de áreas agrícolas, utilizadas principalmente para el cultivo de cocoteros y palma africana para la extracción de aceite, ii) adaptación de tierras de manglares para la ganadería, iii) crecimiento descontrolado en algunas ciudades en zonas de manglares (Guayaquil,

Machala y Esmeraldas) y iv) desarrollo descontrolado del cultivo de camarón (Cornejo, 2014).

La acumulación de metales pesados y nutrientes en exceso constituyen una fuente de contaminación a los manglares, para determinar las concentraciones de estos metales se utiliza la técnica de espectrometría de emisión óptica “OES” de plasma acoplado inductivamente “ICP”, estos valores al ser comparados con el Límite máximo permisible nos indica el nivel de contaminación en el sustrato del Manglar de Manglaralto.

Las concentraciones de metales pesados y nutrientes en las estaciones de muestreo al ser sometidos a análisis estadísticos tales como medidas de dispersión, varianza “ANOVA” y normalidad (Ryan-Joiner) permiten detectar tendencias, encontrar patrones, descubrir relaciones ocultas entre variables. La desviación estándar permite obtener medidas de dispersión de un conjunto de datos, con el propósito de obtener la distancia típica entre cada punto de datos y la media aritmética.

La desviación estándar permite estimar la dispersión de un conjunto de datos con respecto a la media aritmética, en la campana de Gauss la desviación estándar muestral suele ser baja, es decir que se encuentran estrechamente agrupados cerca de la media aritmética. La varianza de “ANOVA” de un solo factor se utiliza para comparar la media de tres o más grupos y determinar si existen diferencias, las concentraciones de pomo, cromo y cadmio suelen ser altas en los sustratos; la concentración excesiva de nutrientes también perjudica a estos humedales.

Al aplicar análisis de normalidad se obtienen datos que indican el nivel de significancia de datos, con un 95% de confianza 0.05, permite aceptar o rechazar la hipótesis alternativa o nula, e indicar si la distribución es o no normal. Los niveles de metales pesados y nutrientes en el suelo superan el límite máximo permisible establecido por la Norma de Calidad Ambiental y los parámetros óptimos de elementos en el sustrato en el Manglar de Manglaralto.

## 2 JUSTIFICACIÓN

La zona de Manglaralto debe su nombre a los manglares que se encuentran en su territorio, de los cuales hoy solo quedan restos, y es considerado el puerto de Manglaralto, que alcanzó su apogeo en 1953. Desempeñó un papel crucial en la historia económica de la región. La principal actividad económica es la agricultura y el comercio con grandes bosques, por lo que la mayoría de las casas parroquiales están construidas con madera de guayacán, vino de guadua y hojas de palma o paja de toquilla. La agricultura es la verdadera fuente de riqueza de Manglaralto y sus principales cultivos son la tagua, el plátano, la cascarilla, la caña de azúcar, el café, el cacao, la naranjilla, la piña y la guayaba, los cuales están estrechamente relacionados con el comercio de Santa Elena, La Libertad y Guayaquil (GAD-Manglaralto, 2018).

Restaurar y proteger los hábitats costeros es una buena forma de mitigar el cambio climático. Esto se debe a que los hábitats costeros pueden absorber y almacenar carbono azul. Estos ecosistemas brindan servicios ambientales como protección contra inundaciones, secuestro de carbono y mejor nutrición del agua. Hoy en día, los manglares están dotados de un gran valor ecológico y son considerados ecosistemas importantes. Por ello es indispensable restaurar los bosques de mangle, no sin antes



estudiar la concentración de metales pesados o nutrientes que se encuentran en estos suelos hídricos, ya que ello también influye significativamente en el crecimiento y desarrollo de los mismos. Los suelos hídricos que poseen EPT perjudican a los bosques de manglares ya que poseen síntomas de toxicidad e inhibición en el crecimiento, además perjudican indirectamente a la fauna del sector, existen pequeños peces, moluscos y crustáceos que dependen del manglar para sobrevivir y al contaminarse de estos metales pesados actuarán como bioacumuladores o biomagnificadores afectando a otras especies de la cadena trófica.

Un estudio realizado por (Rodríguez, 2015) indica que: “Los manglares son uno de los principales productores en las zonas costeras tropicales y realizan una enorme contribución nutricional, actúan como un vivero natural para las larvas y larvas de la mayoría de los peces y crustáceos comerciales en aguas tropicales poco profundas y actúan como una zona de amortiguamiento marino-terrestre, interfaz de la zona costera (protección) contra la erosión por olas, mareas y viento), etc. La protección, la gestión adecuada y el uso sostenible de los ecosistemas de manglares como zona crítica de transición entre la tierra y el mar depende de su conocimiento inherente y de la mejora de sus funciones. servicios ambientales”.

Los objetivos de esta propuesta de investigación son sumamente importantes para poder promover la protección del medio ambiente, la contaminación existente en el manglar afecta el ecosistema y por lo tanto perjudica a todas las especies que lo conforman. La vegetación es importante para la supervivencia de la mayoría de los organismos en un área al proporcionarles alimento y refugio.

### **3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los manglares son ecosistemas únicos, espectaculares y fértiles ubicados en la interfaz entre la tierra y el mar. Estos ecosistemas excepcionales contribuyen a la prosperidad, la seguridad alimentaria y la protección de las comunidades costeras de todo el mundo. Sostienen una rica biodiversidad y proporcionan un valioso hábitat de reproducción para peces y crustáceos. Sus suelos son sumideros de carbono muy eficientes y almacenan grandes cantidades de carbono (UNESCO, 2023).

La acumulación de metales pesados presentes en los suelos de los manglares causa síntomas de toxicidad e inhibición en el crecimiento del mangle, especialmente los elementos potencialmente tóxicos “EPT” como el plomo, cromo y cadmio, esta acumulación se debe principalmente a factores antropogénicos como la urbanización, desarrollo turístico, industria, agropecuaria, acuicultura, que vierten gran cantidad de contaminantes representando un riesgo latente para la estabilidad del manglar (De la Cruz & Laffon, 2013).

El exceso de nutrientes en los suelos de los manglares como el nitrógeno, fósforo y potasio causan crecimiento débil, raíces quemadas por alto nivel de sales, además que inhiben la absorción de nutrientes y sobre todo representan un riesgo en los niveles superiores de la cadena trófica, tanto por ingesta como por bioacumulación en la red trófica estuarina, dichas relaciones se han encontrado en otros estudios donde los sustratos con alta concentración de nutrientes propician la biomasa del bosque, pero en exceso pueden afectar el crecimiento de los manglares (Mondragón, 2023).

Es importante aportar con investigación sobre la concentración de nutrientes y metales pesados en el sustrato de manglar de Manglaralto ya que este humedal poco a poco va mermando la diversidad y abundancia de las especies de flora y fauna, por lo que este proyecto necesita ampliar o agregar al conocimiento científico aquella información, los cuales podrán ser de gran beneficio para actuar en la protección de los manglares.

Ante esta situación, es necesario estudiar la concentración en sustratos de los manglares, dado que estas especies son más sensibles al cambio y la modificación, si la flora se ve amenazada, los organismos que viven en un lugar determinado también se verán afectados.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la concentración de metales pesados y nutrientes en el sustrato del manglar, mediante el método de espectrometría de emisión óptica “OES” de plasma acoplado inductivamente “ICP” comparando con el límite máximo permisible de TULSMA.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la concentración de metales pesados plomo (Pb), cromo (Cr) y cadmio (Cd); y nutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), mediante la toma de muestras del sustrato.
- Comparar las concentraciones de metales pesados y nutrientes de cada una de las estaciones, estableciendo el nivel alto de contaminación.
- Determinar la concentración de metales pesados; plomo (Pb), cromo (Cr) y cadmio (Cd), comparando con el límite máximo permisible de TULSMA.

## **5 HIPÓTESIS**

Se acepta la hipótesis alternativa:

Los niveles de metales pesados y nutrientes en el suelo superan el límite máximo permisible establecido por la Norma de Calidad Ambiental y los parámetros óptimos de elementos en el sustrato en el Manglar de Manglaralto.

## 6 MARCO TEÓRICO

### 6.1 LOS MANGLARES EN ECUADOR

Los manglares son formaciones de arbustos y árboles que albergan gran cantidad de aves, peces, moluscos y crustáceos, así mismo, son áreas de reproducción y alimentación de diversas especies que representan una fuente de economía para las comunidades locales que se encuentran cerca. Estas zonas son altamente productivas generando altas cantidades de nutrientes, mismas que son exportadas por las mareas a las aguas marinas de la franja litoral más cercana a la costa, donde son aprovechados por diferentes especies de alto interés comercial (Pernía et al., 2019).

El autor (Cornejo, 2014) menciona que en Ecuador estos bosques se encuentran constituidos por flora conformada por mangles mayores como las especies de mangle rojo (*Rhizophora mangle*, *R. racemosa*), mangle caballero (*R. x harrisonii*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa* var. *racemosa*, *L. racemosa* var. *glabriflora*), mangle botón (*Conocarpus erectus*) y mangle negro o prieto (*Avicennia germinans*), de la misma manera, entre la fauna destacan las especies de cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*), jaibas (*Callinectes arcuatus*, *C. toxotes*), camarones (*Litopenaeus*

*stylirostris*, *L. vannamei*), concha prieta (*Anadara tuberculosa*, *A. similis*), mejillones (*Mytella guyanensis*), ostras (*Crassostrea columbiensis*), entre otros.

## **6.2 MANGLAR DE MANGLARALTO**

El manglar de Manglaralto comprende remanentes en donde podemos encontrar algunas variedades de mangles y arbustos. Actualmente existen remanentes de lo que un día fueron manglares extensos en la Comuna Manglaralto, esto debido a diversos factores antropogénicos como la destrucción del ecosistema, sobreexplotación desmedida de los habitantes de los recursos ecosistémicos, la contaminación por acumulación de metales pesados en el río y otros factores derivados de la agricultura.

## **6.3 USO**

Durante años los manglares han representado para Ecuador un recurso forestal al usar la madera de los mangles con fines de construcción y su uso como leña. La madera de los mangles rojos se emplea para construcciones de casas, como columnas y paredes, las columnas menores se utilizan en construcciones de canoas, cercas, estacas, redes para pesca, herramientas, mientras que las ramas se utilizan en la producción de carbón de calidad. A su vez, la corteza de los mangles rojos ha sido explotada por su gran



concentración de taninos (MAE "Ministerio del Ambiente del Ecuador, FAO "Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014).

## **6.4 DISTRIBUCIÓN**

Los autores (Peña & Bonifaz, 2020) indican que los bosques de mangles en Ecuador abarcan aproximadamente 157.094,28 ha, las especies que conforman el manglar son halófitas, es decir, que para vivir necesitan de la presencia de agua marina; debido a esto deben morar necesariamente en aguas costaneras a orillas del mar, en los estuarios y desembocaduras de los ríos y en las orillas bajas de éstos. En el Ecuador, estos se extienden desde el estuario del Santiago, en la provincia de Esmeraldas, y los del Golfo de Guayaquil, hasta la desembocadura del río Tumbes, en el Perú.

## **6.5 TIPOS FISIAGRÁFICOS DE MANGLARES**

### **6.5.1 MANGLAR DE BORDE**

El autor (Guerrero, 2022) define al manglar de borde como un ecosistema que tiene un alto desarrollo fisiológico comparado con los demás tipos fisiográficos existentes

debido a la carga de nutrientes que llegan a estas zonas por medio de corrientes de mar y ríos que inundan a los mangles y optimizan su crecimiento.

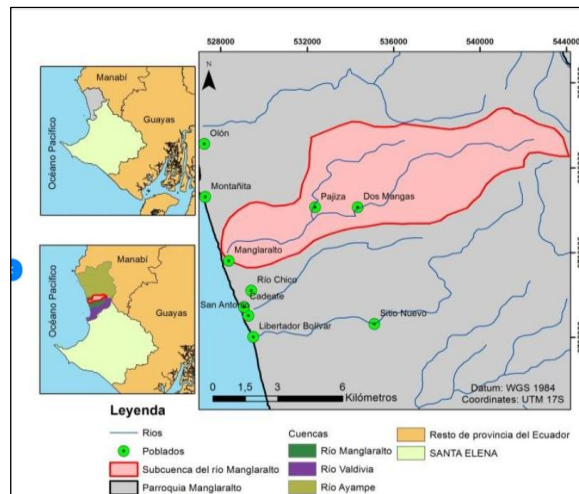
### **6.5.2 MANGLAR RIBEREÑO**

La autora (Benavides, 2007) (Beltrán & Gómez, 2024) indica que es un manglar que se desarrolla al borde de los ríos siguiendo la intrusión de agua salada, en estas condiciones los flujos de aguas son intensos y ricos en nutrientes, en el Ecuador, los manglares ribereños más grandes se encuentran a lo largo del Golfo de Guayaquil y el río Guayas.

### **6.6 METALES PESADOS EN MANGLARES.**

Los metales pesados son sustancias presentes en la naturaleza que poseen un peso molecular relativamente alto, sin embargo, concentraciones bajas de estos metales también resultan perjudiciales ya que son tóxicos para el ambiente y las especies que hay se desarrollan (Beltrán & Gómez, 2024).

Los manglares al estar en la zona intermareal de latitudes tropicales son ecosistemas susceptibles a recibir el impacto proveniente de distintos factores principalmente en el sedimento, la acumulación de metales pesados es un ente que afecta directamente ya que las raíces retienen en gran mayoría el movimiento de las corrientes, permitiendo así la acumulación de sedimentos ricos en nutrientes y metales pesados. El río Manglaralto trae consigo cada día aguas residuales procedentes de vertidos de origen agropecuario, en su mayoría de la Comuna Dos Mangas y Pajiza (Ver figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de la subcuenca del río Manglaralto. Fuente: (ResearchGate, 2024)

Los metales pesados son elementos químicos de significativo interés en estudios medioambientales, la mayoría son persistentes y generan efectos tóxicos en la biota aún en bajas concentraciones (Londoño, et al., 2016). Su origen es principalmente antropogénico, especialmente por la minería, actividades agronómicas, emisiones

industriales, la aplicación de lodos externos a los suelos *in situ* y de sedimentos residuales.

## **6.7 METALES PESADOS Y NUTRIENTES EN EL SEDIMENTO DEL MANGLAR.**

### **6.7.1 METALES PESADOS.**

La bioacumulación y biomagnificación de metales pesados en los sustratos de los ecosistemas de los manglares causa alteraciones en la cadena trófica: la supervivencia, el metabolismo, el crecimiento y la reproducción de organismos, estos metales poseen alta toxicidad y además tienen capacidad de acumularse en tejidos de plantas y animales, por ello la contaminación de sedimentos representa un alto riesgo que se refleja en las interacciones entre los seres vivos a través de la alimentación (De la Cruz & Laffon, 2013).

Los metales pesados no se degradan por los microorganismos, las plantas o animales, ni por tratamientos químicos, sino más bien se bioacumulan en los tejidos de los seres

vivos y por ende son transportados a otros lugares lejos del lugar de contaminación (Acquavita et al., 2010).

Las concentraciones observadas de metales pesados estudiados en el Golfo de México ponen en evidencia que el plomo es el metal con mayor concentración en diferentes componentes del ecosistema del manglar. Los metales plomo, cromo y cadmio presentan una alta concentración en el sedimento, el cual actúa como una trampa que facilita el depósito de metales pesados en el manglar cuando se precipita en las inmediaciones de la raíz. Las raíces de especies de mangle, principalmente *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, desempeñan un papel principal como biofiltros naturales en la absorción de metales pesados, seguidas por los troncos y las hojas.

En las zonas de manglares en Ecuador se ha registrado principalmente contaminación por los metales pesados cadmio, plomo y mercurio, cobre (47,08-204,1 mg kg<sup>-1</sup>), níquel (42,39-60,14 mg kg<sup>-1</sup>), vanadio (96,82-159,88 mg kg<sup>-1</sup>) y zinc (93,95-527,17 mg kg<sup>-1</sup>) en el Estero Salado, en la provincia de Guayas (Férrandez et al., 2014).

### **6.7.1.1 PLOMO**

El plomo es un metal tóxico y su presencia está en casi todas las actividades que desempeña el hombre como es la agricultura, fábricas, combustibles, etc. El plomo puede ser bioacumulado por plantas en hojas, tallos, etc., así como en organismos marinos filtradores, en especial aquellos que viven en estas zonas, tales como los moluscos bivalvos, estos a su vez siguiendo la cadena trófica se acumularán en otros organismos superiores, dando lugar así a intoxicaciones de tipo accidental (Doadrio, 2006).

El agua de mar contiene entre 0,003 y 0,20 mg/L de plomo por lo que las concentraciones de este metal en aguas marinas contribuyen a la contaminación de los peces que habitan en ellas. En el suelo de terrenos no cultivados se han encontrado de 8 a 20 mg Pb/Kg mientras que en terrenos cultivados puede llegar a encontrarse por encima de 360 mg Pb/Kg y cerca de fuentes de contaminación industrial, el suelo alcanza contenidos de 10 g Pb/Kg o más (Rubio et al., 2004).

### **6.7.1.2 CROMO**

El cromo es un elemento distribuido extensamente en la corteza terrestre. El  $\text{Cr}^{3+}$  y  $\text{Cr}^{6+}$  pueden coexistir en aguas naturales, efluentes y suelos dependiendo del pH del medio y de sus características de oxidación–reducción. No se encuentra en la naturaleza en estado libre, se lo halla como constituyente de numerosos minerales. La contaminación ambiental con cromo se debe principalmente a causas antropogénicas como actividades industriales, tales como galvanizados, pinturas, fungicidas, etc. (García, 2015).

Concentraciones mayores de 5 mg/l de cromo producen efectos letales en muchas especies y que entre 0,01 y 2,0 mg/L se observan diversos efectos subletales entre los que se pueden mencionar alteraciones morfológicas en ciertas algas, disminución en el crecimiento y reproducción de algunos invertebrados (Rojas et al., 2015).

### **6.7.1.3 CADMIO**

El cadmio es un metal pesado tóxico que se acumula en los sistemas vivos, tiene una vida media larga y se bioacumula en plantas, invertebrados y vertebrados. En peces, aves y mamíferos este metal genera reducción de crecimiento, anemia, hipertensión

disrupciones endócrinas y en anfibios decrecimiento de la metamorfosis (Pernía et al., 2019).

Entre los metales pesados contaminantes que afectan a los ecosistemas marinos costeros tenemos al cadmio, este es considerado como uno de los más dañinos debido al grado de toxicidad, solubilidad y capacidad de concentrarse e incorporarse en la red trófica. El cadmio se puede acumular en el sedimento, donde se convierte en un elemento móvil y podría transferirse a las plantas, en éstas, las altas concentraciones podrían generar inhibición del crecimiento y en el desarrollo de las raíces, clorosis y estrés oxidativo (Pernía et al ., B., 2008).

Con este antecedente, es indispensable estudiar el efecto de este metal pesado sobre los mangles y especialmente en aquellas especies nativas de la costa de Ecuador (Villavicencio & Pernía, 2020). En Ecuador existe contaminación producida por las concentraciones de Cadmio en sedimentos de varias zonas manglícolas tales como: El Estero Salado, que posee de 0.50-12.00 mg kg<sup>-1</sup>; La Reserva Ecológica Manglares Churute, donde se ha registrado 5,99-15,97 mg kg<sup>-1</sup> (Proaño & Pozo, 2016), Puerto El Morro, con 2,99-4,99 mg kg<sup>-1</sup> (Mero, 2010); e Isla Santay, en donde se ha registrado 1,0 mg kg<sup>-1</sup> (Pernía et al B. R., 2018). En Ecuador se han registrado 6 especies de



mangles, los mismos que están siendo afectados por la contaminación en los sedimentos de estas zonas manglícolas (Cornejo, 2014).

### **6.7.2 NUTRIENTES**

La actividad agrícola también genera impactos en el manglar por el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes, y la actividad acuícola produce contaminación biológica por la que impactan el equilibrio del ecosistema. Tanto la actividad agrícola como la acuícola aportan grandes cantidades de nutrientes al agua, en especial nitrógeno y fósforo, que en exceso generan eutrofización del cuerpo de agua (IAGUA, 2024).

En los suelos de los manglares se almacenan gran cantidad de nutrientes de fuentes naturales y antrópicas, los cuales pueden propiciar condiciones eutróficas que deterioran la calidad ambiental del ecosistema y afectan la función y estructura de la comunidad biológica (Mondragón, 2023).

La acumulación de nutrientes en los sedimentos, presenta las mayores tasas de acumulación de nitrógeno y fósforo en manglares con vegetación en comparación de

con marismas desnudas, así como en los manglares impactados de hasta cuatro y veinte veces, en comparación con los bosques conservados, encontrando como impulsores las presiones como tormentas, inundaciones, efluentes urbanos o acuicultura (Pérez et al, 2021).

### **6.7.2.1 NITRÓGENO**

Los manglares representan una fuente de energía y sustrato para numerosas especies bacterianas, que a su vez sostienen al manglar mediante el mantenimiento de altas tasas de fijación biológica de nitrógeno contribuyendo hasta con un 60% de requerimientos de nitrógeno del sistema, la presencia de bacterias asociadas a nutrientes y sustancias como fuentes de nitrógeno, fósforo, hierro y fitohormonas. A pesar de la alta productividad, el ecosistema de manglar tiene limitación de nutrientes, principalmente de nitrógeno y fósforo. La fijación biológica del nitrógeno por bacterias diazotróficas, asociadas con las raíces de los árboles de mangle, son la principal entrada de nitrógeno para compensar la pérdida por la desnitrificación (Ramírez & Trujillo, 2015).

El exceso de nitrógeno en la atmósfera puede generar contaminantes como el amoníaco y el ozono, que pueden alterar el crecimiento de las plantas, deteriorar el estado de los

bosques, los suelos y las vías fluviales, crecimiento acelerado de algas con lo cual los ecosistemas no pueden lidiar.

El aumento del nitrógeno reactivo de la atmósfera proveniente de la contaminación atmosférica y de las actividades agropecuarias altera la distribución de las plantas en el ecosistema mediterráneo, degradando el matorral y favoreciendo la aparición de plantas nitrófilas, también conocidas como malas hierbas, que pueden terminar desplazando a las especies autóctonas (Museo Nacional de Ciencias Naturales, 2021).

### **6.7.2.2 FÓSFORO**

El fósforo es un ingrediente clave de los fertilizantes sintéticos. Se han hecho cada vez más populares en las últimas décadas, pero pueden tener efectos devastadores cuando entran en lagos, ríos y el océano, su objetivo es aumentar el rendimiento de los cultivos, por lo que es crucial para la seguridad alimentaria. El fósforo es un ingrediente clave en la alimentación animal. La agricultura es una fuente importante de contaminación por fósforo, tanto por la producción de cultivos como por la cría de ganado.

El exceso de fósforo agota la riqueza de los suelos, contamina lagos, ríos y océanos en un proceso conocido como eutrofización, esta provoca la proliferación de algas que contaminan el suministro de agua potable y crean zonas muertas carentes de oxígeno que pueden matar a los peces y demás especies acuáticas. La contaminación por fósforo es una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad y contribuye a la degradación de los ecosistemas de los que depende la humanidad (ONU, 2024).

### **6.7.2.3 POTASIO**

Generado en antiguos depósitos marinos, el potasio debe presentarse en forma de sal para complementar la contribución del suelo; el potasio es necesario para el almacenamiento de nutrientes por los cultivos. El fertilizante de potasio combina potasio de la materia orgánica del suelo y del lecho de roca. El potasio es absorbido con bastante facilidad por las raíces como iones solubles en la solución de suelo. Cuanto más transpira la planta, más agua toma y más potasio absorbe, en proporción a su concentración en la solución de suelo. El exceso de potasio también puede interferir con la absorción de hierro y manganeso si estos elementos no están fácilmente disponibles (LATNitrogen, 2024).

Una correcta aplicación de potasio favorece el desarrollo de la raíz, haciendo que las plantas sean más resistentes frente a las complicaciones climatológicas. La carencia de potasio provoca un crecimiento deficiente y lento, un aumento de la vulnerabilidad de la planta ante posibles ataques de plagas y parásitos, así como ante las inclemencias climáticas. Además, la carencia de este nutriente tan importante puede provocar clorosis y necrosis en las puntas de las hojas y en sus bordes (DFGRUPO, 2024).

## **6.8 MÉTODO: APHA 3120 B: PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE, ESPECTROSCOPIA DE EMISIÓN ATÓMICA.**

La espectroscopía de ICP (plasma con acoplamiento inductivo) es un método analítico que se utiliza para detectar y medir elementos con el fin de analizar muestras químicas. El proceso se basa en la ionización de una muestra por un plasma extremadamente caliente, normalmente hecho de gas argón. En una unidad de espectroscopía de ICP, el gas argón que fluye a través de un aparato con antorcha se carga con una bobina electromagnética y se enciende con una unidad Tesla que produce un arco de descarga rápida a través del flujo de argón para desencadenar la secuencia de ionización. Tan pronto como el plasma se “enciende”, la unidad de espectroscopía de ICP apaga el dispositivo Tesla (XRF Scientific Limited, 2024).

### **6.8.1 ESPECTROSCOPIA DE EMISION ATOMICA.**

La espectroscopía de emisión atómica es otro tipo de espectroscopía de ICP que se basa en que los iones excitados liberan radiación electromagnética en longitudes de onda específicas de un elemento concreto. En las unidades de espectroscopía de ICP con capacidad de espectroscopía de emisión atómica, se utiliza un gas de corte, normalmente nitrógeno o aire comprimido, para “despejar” el plasma en un punto concreto. Una o dos lentes enfocan entonces la luz emitida por los iones de la muestra en una rejilla de difracción donde se descompone en las longitudes de onda de sus componentes y que pueden ser analizadas por un espectrómetro óptico. En algunos modelos de espectroscopía de ICP, una interfaz óptica desvía el plasma y lo enfría, lo cual permite que la luz emitida entre en una cámara óptica. Aun así, otros modelos de espectroscopía de ICP utilizan fibras ópticas para enviar la luz a cámaras ópticas separadas (XRF Scientific Limited, 2024).

## 7 MARCO METODOLÓGICO

### 7.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de interés para la presente investigación abarca una superficie de 12 mil m<sup>2</sup> aproximadamente (Ver Figura 2), esta es una zona rural de la Provincia de Santa Elena, Ecuador. Consta de dos territorios con indicaciones geográficas: una zona costera y una zona de interior, principalmente rural, con una misión ambiental gracias al cinturón protector Chongón– Colonche. Se encuentra ubicada en la ruta del *spondilus* a 55 km del cantón Santa Elena (ver tabla 1). En la actualidad el 50% de la población se dedica a la actividad turística, perdiendo significativamente la mano de obra artesanal (Mayorga et al, 2006).



**Figura 2.** Área de estudio en la Comuna Manglaralto (Google Maps, 2024).

Dentro del ecosistema de manglar de la comuna Manglaralto se eligieron 5 estaciones de muestreo de manera aleatoria (Ver Figura 3), cada punto se encontrará a una distancia de 120 m aproximadamente, las cuales se muestran en la Figura 2.



**Figura 3.** Estaciones de muestreo “Manglar de la Manglaralto” (Google Maps, 2024).

## 7.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El estudio consistió en un diseño experimental aleatorio en donde se eligió zonas de muestreo que favorezcan el desarrollo de los objetivos propuestos. Se escogieron 5 estaciones encontradas a una distancia de 120 metros cada una aproximadamente, los muestreos se ejecutarán en cada área una vez por semana obteniendo un total de 10 monitoreos (30 muestras) en un periodo aproximado de 10 semanas. Las muestras



obtenidas fueron enviadas al Laboratorio “Deproinsa” el cual se encargo de realizar los respectivos análisis de concentración de metales pesados y nutrientes.

### **7.3 PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE LA MUESTRA (García, 2017)**

1. Primeramente, se debe limpiar el sitio dónde se va a coleccionar la muestra, para ello se utiliza una pala de punta cuadrada, se raspa minuciosamente desprendiendo plantas, hojarasca, basura, etc., sin retirar sedimento.
2. Para la recolección de la muestra se utiliza tubos especializados de recolección de muestras de concentración de partículas de suelo, los cuales deben ser de PVC de 2 pulgadas de diámetro.
3. Se coloca el tubo de PVC sobre la superficie del suelo, poner encima una regla de madera, se procede a golpear con un martillo hasta conseguir que el cilindro haya penetrado en el suelo, y la regla llegue totalmente a la superficie de este.
4. Con una pala se escarba alrededor del cilindro sacando el tubo lleno de sedimento sin perturbarlo.
5. Se coloca la muestra en una funda hermética para evitar la contaminación.
6. Posteriormente las fundas deben ser rotuladas con datos de área de extracción, tipo de análisis a realizar, peso, fecha y número de monitoreo.

## **7.4 MÉTODOS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS DE METALES PESADOS**

Para el análisis de las muestras se utilizó el método de Espectrometría de emisión óptica (OES) de plasma acoplado inductivamente (ICP), esta es una técnica bien establecida y óptima para el análisis y cuantificación de elementos traza (Ver tabla 2).

## **7.5 PROTOCOLO DE ANÁLISIS DE PLOMO, CROMO Y CADMIO.**

La espectroscopia de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES, por sus siglas en inglés), es una de las técnicas más usadas en todo el mundo para determinar trazas de elementos en una gran variedad de matrices, las cuales comúnmente deben digerirse previamente. Hoy en día, es una técnica sólida y ampliamente usada en muchos laboratorios con la finalidad de realizar análisis rutinarios. Entre las principales áreas que emplean esta técnica se encuentran: agricultura y alimentos, geología, aguas y en el campo de la medicina (Jiménez et al, 2020).

### **7.5.1 PROCEDIMIENTO (FUENTE: NEMI, 2024).**

1. Para cada línea analítica, establezca el límite de detección, la precisión, las posiciones de fondo óptimas, el rango dinámico lineal y las interferencias.
2. Verifique la reproducibilidad de la configuración del instrumento y las condiciones de funcionamiento utilizando una relación de intensidad de emisión de átomo a ion.
3. Calentar el instrumento durante 30 minutos.
4. Realizar una alineación óptica para policromadores. Compruebe la ranura de entrada del espectrómetro y la alineación del soplete de plasma.
5. Siga el procedimiento del fabricante para calibrar el instrumento.
6. Aspire durante al menos 15 segundos después de llegar al plasma antes de comenzar la integración de la señal.
7. Para eliminar el arrastre del estándar anterior, enjuague durante 60 segundos con el blanco de calibración.
8. Analice el estándar de verificación del instrumento antes de analizar las muestras.
9. Analizar muestras, alternando con el análisis de un blanco de calibración.
10. Enjuague durante 60 segundos con ácido diluido entre muestras y blancos.
11. Deje que el sistema se equilibre antes de iniciar la integración de la señal.
12. Repita el enjuague si se observa transferencia.

13. Se genera una muestra o un aerosol estándar en un nebulizador y una cámara de pulverización adecuados y se inyecta en el plasma.
14. El ICP somete la muestra a temperaturas de 6000 a 8000 K. La ionización resultante de un alto porcentaje de átomos produce espectros de emisión iónica.
15. Los espectros de emisión se pueden analizar usando un monocromador para examinar las longitudes de onda de emisión secuencialmente, o usando un policromador, que monitorea simultáneamente todas las longitudes de onda configuradas usando un sistema de lectura controlado por computadora.
16. El enfoque secuencial proporciona una mayor selección de longitudes de onda, mientras que el enfoque simultáneo puede proporcionar un mayor rendimiento de la muestra.

## **7.6 ANÁLISIS DE FÓSFORO TOTAL**

**7.6.1 MÉTODO: APHA 4500-P B-E: MÉTODO DEL ÁCIDO ASCÓRBICO. MÉTODOS ESTÁNDAR EN LÍNEA: MÉTODOS ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS DE AGUA Y AGUAS RESIDUALES.**

El fósforo se encuentra en las aguas naturales y en las aguas residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos. Estos se clasifican en ortofosfatos, fosfatos condensados (pirofosfatos, metafosfatos y otras polifosfatos) y fosfatos unidos orgánicamente. Se encuentran en solución, en partículas o detritos, o en los cuerpos de los organismos acuáticos. Los fosfatos también se encuentran en los sedimentos del fondo y en los lodos biológicos, tanto en forma inorgánica precipitada como incorporados a compuestos orgánicos. El molibdato de amonio y el antimoniltartrato de potasio reaccionan en medio ácido con ortofosfato para formar un heteropoliácido -ácido fosfomolibdico- que es reducido a azul de molibdeno intensamente coloreado por el ácido ascórbico.

### **7.6.2 PROCEDIMIENTO. FUENTE: (NEMI, 2019)**

1. Se deben diferenciar las formas de fósforo disuelto, filtre la muestra inmediatamente después de la recolección.
2. Consérvela mediante congelación a -10 grados C o menos.
3. Agregue 40 mg de  $HgCl_2/L$  a las muestras, especialmente cuando se almacenarán durante períodos prolongados.
4. No agregue ácido ni  $CHCl_3$  como conservante cuando se deban determinar las formas de fósforo.

5. Si solo se debe determinar el fósforo total, agregue 1 mL de HCl concentrado/L o congélelo sin ningún agregado.
6. No almacene muestras que contengan bajas concentraciones de fósforo en botellas de plástico a menos que se mantengan congeladas porque los fosfatos pueden adsorberse en las paredes de las botellas de plástico.
7. Enjuague todos los recipientes de vidrio con HCl diluido caliente, luego enjuáguelos varias veces en agua destilada.
8. Nunca use detergentes comerciales que contengan fosfato para limpiar el material de vidrio utilizado en el análisis de fosfato.

## **7.7 ANÁLISIS DE NITRÓGENOS TOTALES** (Ver tabla 3).

### **7.7.1 HACH 807S**

Este método de nitrógeno total Kjeldahl se refiere a la combinación de amoníaco y nitrógeno orgánico. Sin embargo, sólo los compuestos orgánicos de nitrógeno que están presentes como orgánicos en esta prueba se determinan el nitrógeno unido en estado trinegativo. El nitrógeno en esta forma es convertido en sales de amonio por la acción del ácido sulfúrico y el peróxido de hidrógeno. Luego se analiza el amoníaco mediante una prueba del método Nessler modificado. la medida de longitud de onda que es de 460 nm para espectrofotómetros o 420 nm para colorímetros (HACH, 2024).

## **7.7.2 PROCEDIMIENTO**

### **7.7.2.1 DIGESTIÓN (PanReac AppliChem, 2024)**

El objetivo del procedimiento de digestión es romper todos los enlaces de nitrógeno de la muestra y convertir todo el nitrógeno unido orgánicamente en iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

El carbono orgánico y el hidrógeno forman dióxido de carbono y agua. En este proceso la materia orgánica se carboniza dando lugar a la formación de una espuma negra. Durante la digestión, la espuma se descompone y finalmente se convierte en un líquido claro que indica que la reacción química ha terminado. Para ello, la muestra se mezcla con ácido sulfúrico a temperaturas entre 350 y 380 °C. Cuánto más alta sea la temperatura, más rápido será el proceso de digestión. La digestión también se puede acelerar con la adición de sales y catalizadores. Se añade sulfato de potasio para aumentar el punto de ebullición del ácido sulfúrico y se añaden catalizadores para aumentar la velocidad y la eficiencia del procedimiento de digestión. También se pueden añadir agentes oxidantes para mejorar aún más la velocidad.

### **7.7.2.2 DESTILACIÓN**

Durante el proceso de destilación los iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) se convierten en amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) mediante la adición de un álcali ( $\text{NaOH}$ ). El amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) es arrastrado al vaso receptor por medio de una corriente de vapor de agua. El vaso receptor para el destilado se llena con una solución absorbente para capturar el gas amoniaco disuelto.

- La solución absorbente más común es el ácido bórico  $[\text{B}(\text{OH})_3]$  en solución acuosa al 2-4%.
- El amoniaco es capturado cuantitativamente por la solución de ácido bórico formando iones amonio solvatados.
- También pueden utilizarse otros ácidos, dosificados con precisión, como el ácido sulfúrico o clorhídrico para capturar el amoniaco en forma de iones amonio solvatados.

### **7.7.2.3 VALORACIÓN**

La concentración de los iones amonio capturados puede determinarse por medio de dos tipos de valoración:

- Cuando se utiliza el ácido bórico como solución absorbente, posteriormente se lleva a cabo una valoración ácido-base utilizando una solución estandarizada de ácido sulfúrico o clorhídrico y una mezcla de indicadores. El rango de



concentración de la solución utilizada varía entre 0,01N a 0,5N dependiendo de la cantidad de iones amonio presentes. El punto final de la valoración también se puede determinar potenciométricamente con un electrodo de pH. Esta valoración se llama valoración directa.

- Cuando se utiliza una solución valorada de ácido sulfúrico como solución absorbente, el ácido sulfúrico residual (es decir, el exceso que no reacciona con  $\text{NH}_3$ ) se valora con una solución estandarizada de hidróxido sódico y la cantidad de amoníaco se calcula por diferencia. Esta valoración se llama valoración indirecta o por retroceso

## **7.8 ANÁLISIS DE POTASIO** (Ver tabla 3).

### **7.8.1 MEHLICH/ICP: PLASMA DE ACOPLAMIENTO INDUCTIVO.**

Mehlich III es una solución extractora multiparamétrica utilizada para cuantificar los elementos esenciales en el suelo. La solución extractante Mehlich-3 permite conocer la biodisponibilidad de los macro nutrientes calcio y fósforo. En el procedimiento Mehlich-3, el fósforo es extraído por medio de una reacción que tiene lugar entre el ácido acético y componentes con flúor (Fouz et al, 2007).

## **7.8.2 ESPECTROSCOPIA DE EMISION OPTICA POR PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE (ICP-OES).**

La ICP-OES se basa en la emision espontanea de fotones de los atomos que han sido excitados por un plasma de argon de alta temperatura (6800 K), cuya senal es caracteristica de cada elemento y en ciertas condiciones proporcional a la concentracion.

Los equipos analiticos actuales permiten la medicion simultanea de mas de 70 elementos, aunque los parametros de desempeno de la tecnica deben evaluarse para cada una de las matrices de trabajo, ya que existen interferencias espectrales que deben corregirse. Igualmente, la IPC-OES es ampliamente usada en muchas areas tales como agricultura y alimentos, geologia, aguas, medicina, farmaceutica, entre otros. Las bondades de sus numerosas ventajas superan tecnicas similares, entre las principales se encuentran: una menor interferencia entre elementos consecuencia directa de sus temperaturas mas elevadas y buenos espectros para la mayoria de los elementos con unas mismas condiciones de excitacion, en consecuencia, el registro simultaneo de los espectros para docenas de elementos (Jimenez et al, 2020).

### **7.8.3 PROCEDIMIENTO (Fouz et al, 2007).**

- 1.** Para llevar a cabo este procedimiento, primeramente, se prepara la disolución de fluoruro/EDTA, adicionando en un matraz de 1 l, 600 ml de agua, 138,9 g de  $\text{NH}_4\text{F}$  y 13,5 g de EDTA, mezclando y completando el volumen hasta un litro con agua destilada.
- 2.** A continuación, y utilizando un matraz de 5000 ml, se añaden 4000 ml de agua y 100 g de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y se disuelve.
- 3.** Se transfieren 20 ml de la disolución fluoruro/EDTA y, con la ayuda de un agitador se facilita la disolución de los componentes añadidos.
- 4.** Se incorporan 57,5 ml de ácido acético y 4,1 ml de ácido nítrico concentrado. Se complementa el volumen para 5000 ml con agua desilada y se determina el pH de la disolución hasta alcanzar un valor de 2,5 añadiendo NaOH.
- 5.** Para llevar a cabo la extracción se toman 5  $\text{cm}^3$  de TFSA y 50 ml de la disolución extractante llevándolos a frascos de polietileno, se tapan y se agitan 5 minutos en agitador circular horizontal a 240 rpm, tras los cuales se filtra el extracto en papel de filtro Whatman nº 42 y se leen las concentraciones de Ca, P, Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Cr y Cd en ICP-AES modelo Jobin Yvon JY 50-P.
- 6.** Los resultados se expresan en  $\text{mg kg}^{-1}$ .

## **7.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

En el análisis estadístico descriptivo se utilizan tablas descriptivas, gráficos y barras, en donde, y de acuerdo a cada objetivo planteado se realizan comparaciones entre los valores obtenidos en el laboratorio con los valores del LMP planteados en metales pesados por (TULSMA, 2024) y valores de nutrientes planteados por (Mula, 2024), y (EOS DATA ANALYTICS, 2024). En la organización de datos se utilizó hojas de cálculo “Excel” que permite crear y analizar datos en formatos de tabla.

### **7.9.1 MEDIDAS DE DISPERSIÓN, VARIANZA Y NORMALIDAD.**

Para el análisis de medidas de dispersión, varianza “ANOVA” y normalidad (Ryan-Joiner) se utilizó la plataforma Minitab Staticals Software la cual permite detectar tendencias, encontrar patrones, descubrir relaciones ocultas entre variables. La desviación estándar permite obtener medidas de dispersión de un conjunto de datos, con el propósito de obtener la distancia típica entre cada punto de datos y la media aritmética.

**Se utiliza la fórmula para la desviación estándar muestral:**

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde n es el tamaño de la muestra y x-bar es la media aritmética de la muestra.

### **Varianza**

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$S^2$  = varianza muestral

$X_i$  = valor de una observación

$\bar{x}$  = el valor medio de todas las observaciones

n = el número de observaciones.

### **Normalidad**

$$R_p = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y}) b_i}{\sqrt{s^2(n-1)} \sum b_i^2}$$

$Y_i$  = observaciones ordenadas

$b_i$  = puntuaciones normales de los datos ordenados

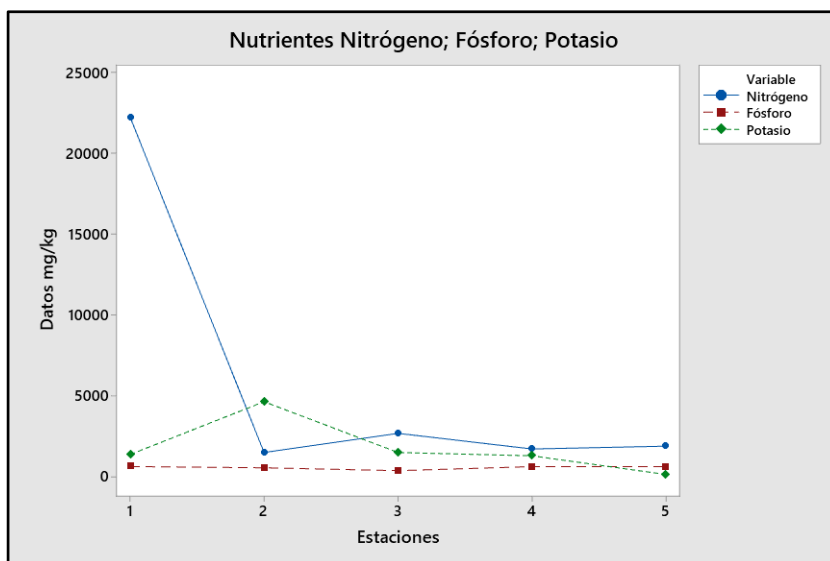
$s^2$  = varianza de la muestra

## 8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

### 8.1 CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS Y NUTRIENTES.

#### 8.1.1 CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES.

En cuanto a los nutrientes (ver figura 4) las concentraciones obtenidas fueron para nitrógeno entre 22214,934 y 1485,633 mg kg<sup>-1</sup>, el fósforo oscila entre 363,4683 y 617,8395 mg kg<sup>-1</sup> y potasio alcanza valores de 4624,5753 y 127,9566 mg kg<sup>-1</sup> (Ver tabla 8).



*Figura 4. Concentración de nutrientes en los 5 sitios de estudio.*

### 8.1.1.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DE NUTRIENTES

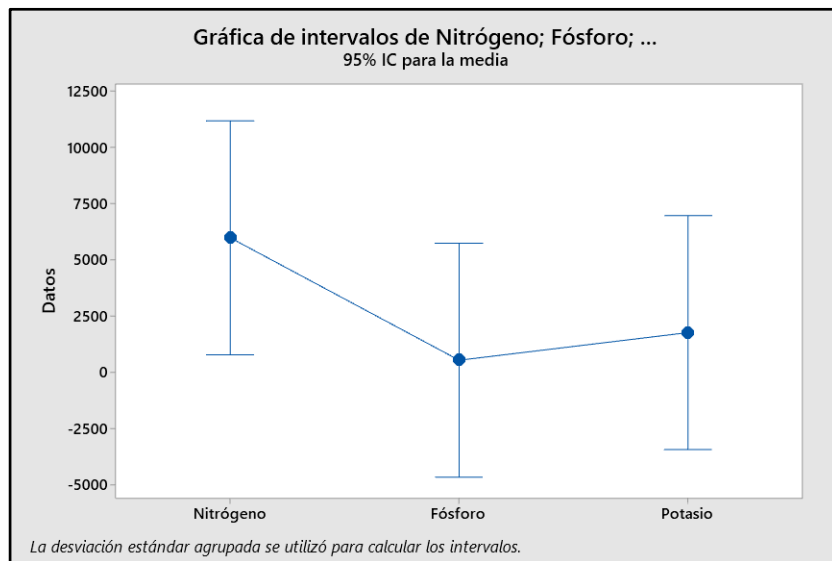
#### a) Análisis de Varianza

Fuente	Grados De Libertad	Suma de los Cuadrados	Medidas de los Cuadrados	Valor Frecuencia	Valor Probabilidad
Factor	2	81454926	40727463	1,43	0,277
Error	12	341251060	28437588		
Total	14	422705985			

**Tabla 1.** Varianza de nutrientes.

#### b) Medias aritméticas.

Factor	Número	Media	Desviación Estándar	Índice de Confianza de 95%
Nitrógeno	5	5990	9081	(794; 11186)
Fósforo	5	548,5	108,1	(-4647,6; 5744,6)
Potasio	5	1775	1683	(-3421; 6972)



**Figura 5.** Análisis de frecuencia al 95 % de confianza.

En el análisis de ANOVA de un solo factor se obtuvo una frecuencia de 1,43 (un grupo es significativamente diferente de los demás), y un valor de probabilidad de 0,277 (hipótesis nula falsa). Existen diferencias en las medias aritméticas y las varianzas, variabilidad alta entre los niveles de concentración de nitrógeno, las varianzas de fósforo y potasio presentan promedios bajos de varianza. La probabilidad es  $< 0.05$  por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, ya que no todas las medias son iguales.

### **8.1.2 CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS.**

Mediante la toma de muestra de sustrato del manglar, los resultados arrojan una concentración de metales pesados (ver figura 5), que oscilan para plomo entre 2,8242 y 5,2352 mg kg<sup>-1</sup>, el cromo oscila entre 30,0865 y 58,8782 mg kg<sup>-1</sup>, mientras que el cadmio lo encontramos entre 2,5166 y 3,1181 mg kg<sup>-1</sup> (Ver tabla 4).



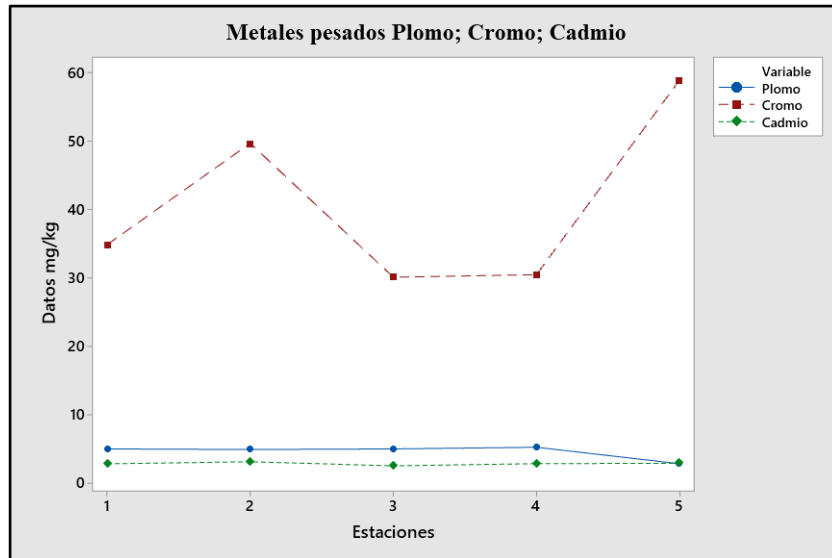


Figura 6. Concentración de metales pesados en 5 estaciones. (Minitab, 2024).

### 8.1.2.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DE METALES PESADOS.

#### a) Análisis de Varianza

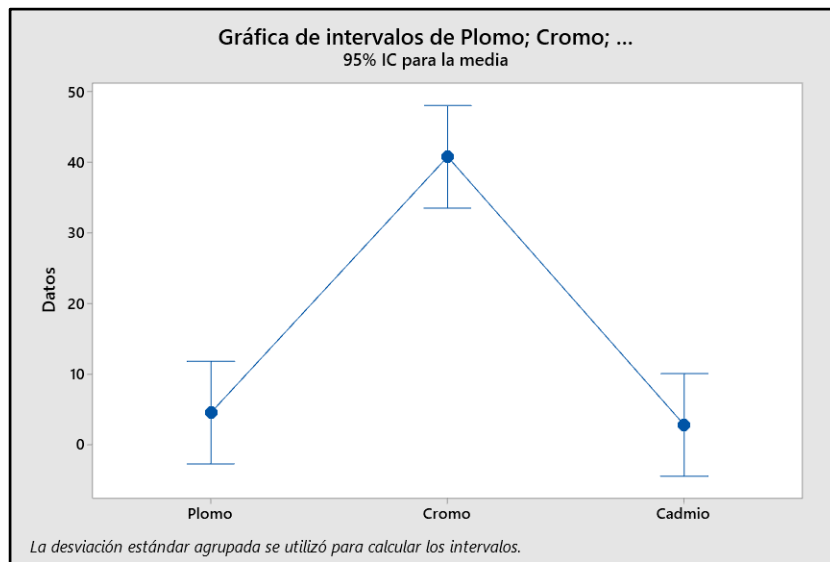
Fuente	Grados de Libertad	Suma de los Cuadrados	Medidas de los cuadrados	Valor Frecuencia	Valor probabilidad
Factor	2	4587,3	2293,64	41,27	0,000
Error	12	666,8	55,57		
Total	14	5254,1			

Tabla 2. Varianza de metales pesados.

#### b) Medias aritméticas.

Factor	Número	Media	Desviación Estándar	Índice de confianza al 95%
Plomo	5	4,588	0,994	(-2,675; 11,852)

Cromo	5	40,78	12,87	(33,51; 48,04)
Cadmio	5	2,8348	0,2155	(-4,4288; 10,0985)



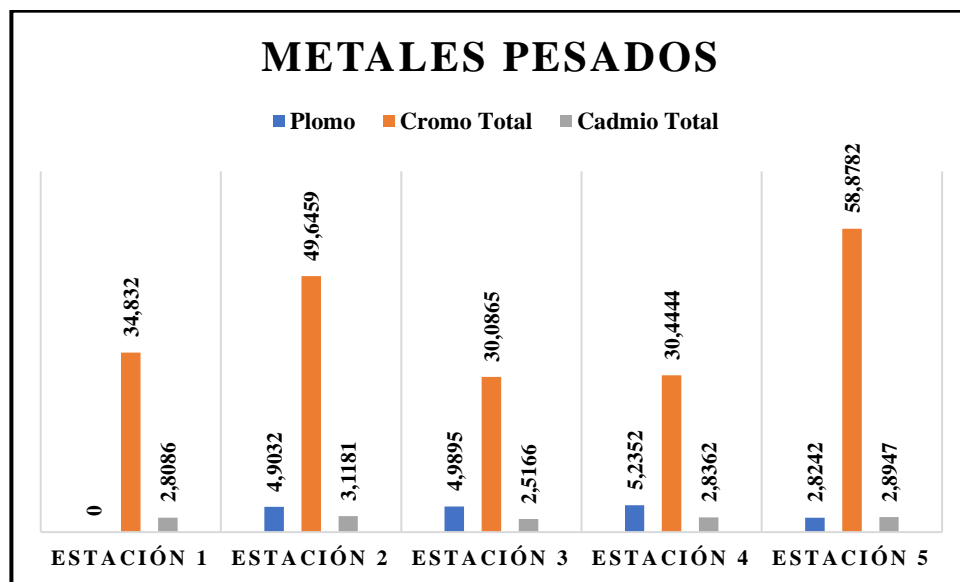
**Figura 7.** Análisis de frecuencia al 95 % de confianza.

En el análisis de ANOVA de un solo factor se obtuvo una frecuencia de 41,27 (un grupo es significativamente diferente de los demás), y un valor de probabilidad de 0,000 (hipótesis nula falsa). Existen diferencias en las medias aritméticas y las varianzas, variabilidad alta entre los niveles de concentración de cromo, las varianzas de plomo y cadmio presentan promedios bajos de varianza. La probabilidad es  $< 0.05$  por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, ya que no todas las medias son iguales.

## 8.2 CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS Y NUTRIENTES EN CADA ESTACIÓN.

### 8.2.1 CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN CADA ESTACIÓN DE ESTUDIO.

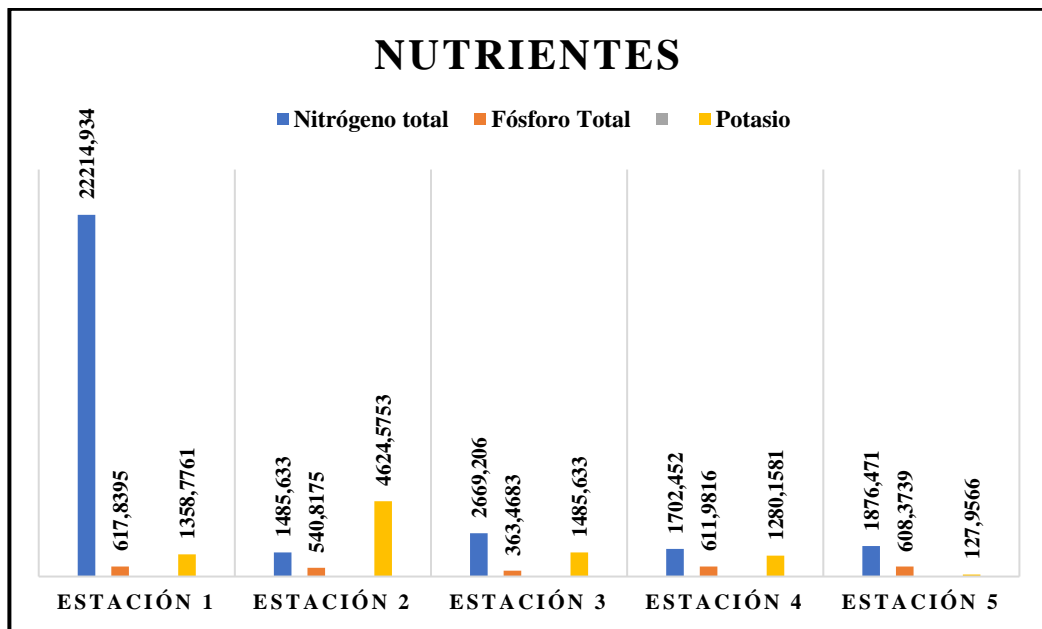
Al comparar las concentraciones de metales pesados y nutrientes, se arrojan resultados de mayor concentración de metales pesados (ver figura 8), los cuales se encuentran en la estación 5 que posee un valor alto de cromo con 58,8782 mg kg<sup>-1</sup>, para el plomo el valor alto lo encontramos en la estación 4 con 5,2352 mg kg<sup>-1</sup>, y para el cadmio en la estación 2 con 3,1181 mg kg<sup>-1</sup> (ver tabla 4).



*Figura 8. Concentración de metales pesados.*

## 8.2.2 CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN CADA ESTACIÓN DE ESTUDIO.

En nutrientes (ver figura 9) la estación 1 posee un valor alto de nitrógeno con 22214,934 mg kg<sup>-1</sup>, seguido de la estación 2 con un valor de potasio de 4624,575 mg kg<sup>-1</sup>, en fósforo la estación 1 presenta contaminación de 617,8395 mg kg<sup>-1</sup> (ver tabla 8).



*Figura 9. Concentración de nutrientes.*

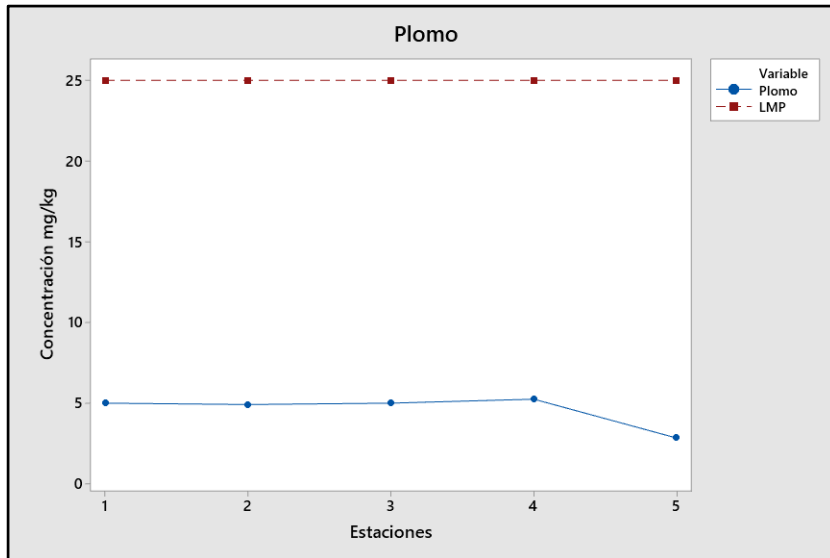
### **8.3 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO “ACUERDO MINISTERIAL 083 “TULSMA”**

Tabla sobre “**La Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados**”, constante en el Anexo 2 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, y que forma parte del conjunto de Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación (TULSMA, 2024) (Ver anexo 3).

### **8.4 CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS COMPARADOS CON EL LMP.**

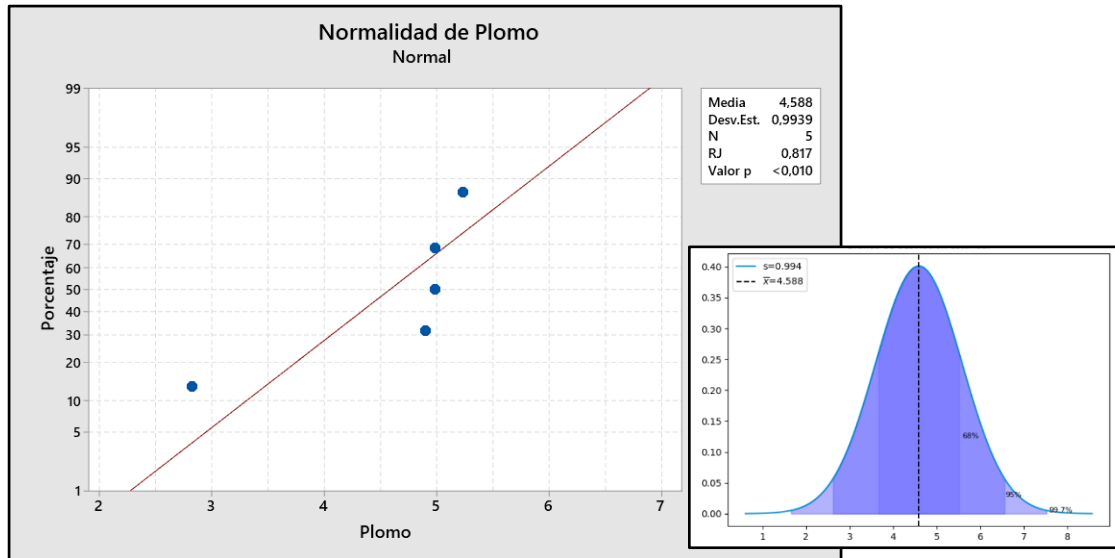
#### **8.4.1 PLOMO**

Comparando las concentraciones de metales pesados con el límite máximo permisible de acuerdo al TULSMA (ver figura 10). Los resultados arrojan valores para plomo, la estación 1 de 4,9895 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 2 valores de 4,9032 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 3 valores de 4,9895, para la estación 4 valores de 5,2352 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 5 valores de 2,8242 mg kg<sup>-1</sup>; indicando los valores bajos comparados con los Criterios de Calidad de Suelo “Acuerdo Ministerial 083 “TULSMA” indican que el límite máximo permisible en el suelo debe de ser 25 mg kg<sup>-1</sup> (Ver tabla 5).



**Figura 10.** Concentración de Plomo.

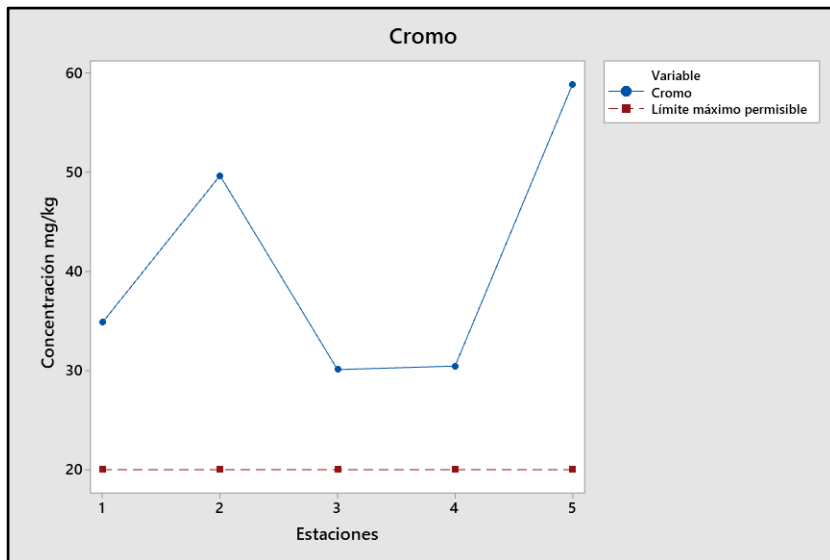
Con respecto a la concentración de plomo en las 5 estaciones del manglar de Manglaralto tenemos que existe una media aritmética de 4,588 mg kg<sup>-1</sup> con un valor de dispersión de  $\pm 0,994$  mg kg<sup>-1</sup>. En la campana de Gauss podemos observar que la desviación estándar muestral es baja, es decir que las concentraciones de plomo se encuentran estrechamente agrupados cerca de la media aritmética: Un 68% de las muestras obtendrán un valor de concentración de plomo dentro de una desviación estándar de la media, es decir, entre 3,594 mg kg<sup>-1</sup> a 5,582 mg kg<sup>-1</sup>. En estas muestras el valor resultante de normalidad de Ryan-Joiner es 0,817, el valor de probabilidad es  $<0.010$ , el cual es menor que el nivel del coeficiente de correlación, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de normalidad, y se concluye que estos no siguen una distribución normal. (ver figura 11).



*Figura 11. Normalidad de Plomo de Ryan- Joiner*

## 8.4.2 CROMO TOTAL

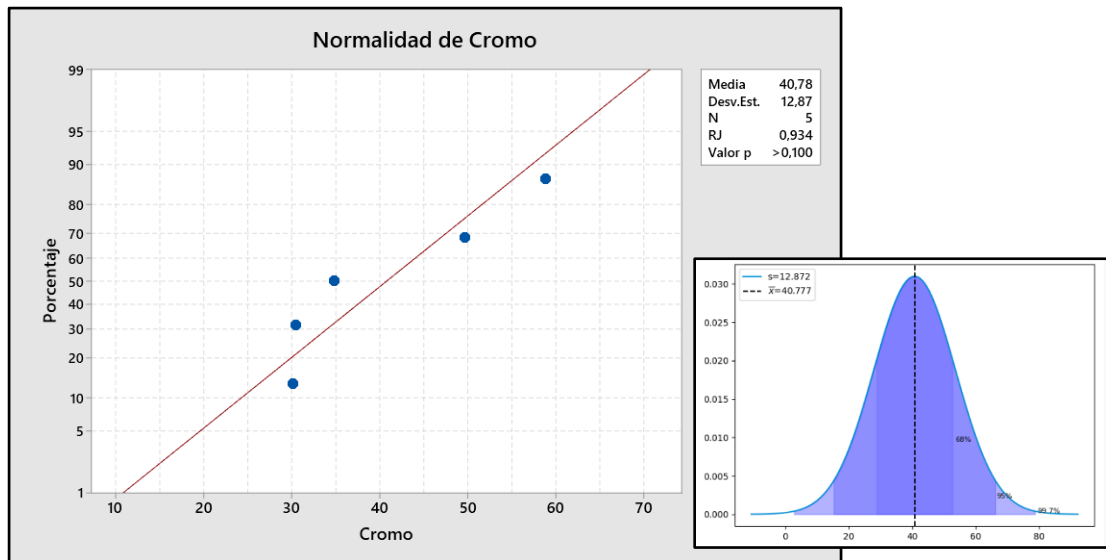
Comparando las concentraciones de metales pesados con el límite máximo permisible de acuerdo al TULSMA (ver figura 12). Los resultados arrojan valores para cromo, la estación 1 de 34,8320 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 2 valores de 49,6459 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 3 valores de 30,0865, para la estación 4 valores de 30,4444 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 5 valores de 58,8782 mg kg<sup>-1</sup>; indicando los valores bajos comparados con los Criterios de Calidad de Suelo “Acuerdo Ministerial 083 “TULSMA” indican que el límite máximo permisible en el suelo debe de ser 20 mg kg<sup>-1</sup> (Ver tabla 6).



**Figura 12.** *Concentración de Cromo Total.*

Con respecto a la concentración de cromo total en las 5 estaciones del manglar de Manglaralto tenemos que existe una media aritmética de 40,777 mg kg<sup>-1</sup> con un valor de dispersión de  $\pm 12,872$  mg kg<sup>-1</sup>. En la campana de Gauss podemos observar que la desviación estándar muestral es baja, es decir que las concentraciones de cromo total se encuentran estrechamente agrupados cerca de la media aritmética: Un 68% de las muestras obtendrán un valor de concentración de cromo total dentro de una desviación estándar de la media, es decir, entre 27,905 mg kg<sup>-1</sup> a 53,649 mg kg<sup>-1</sup>. En estas muestras el valor resultante de normalidad de Ryan-Joiner es 0,934 (valor cercano a 1), el valor probabilidad es  $>0.100$  el cual es mayor que el nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que estos siguen una distribución normal (ver figura 13).

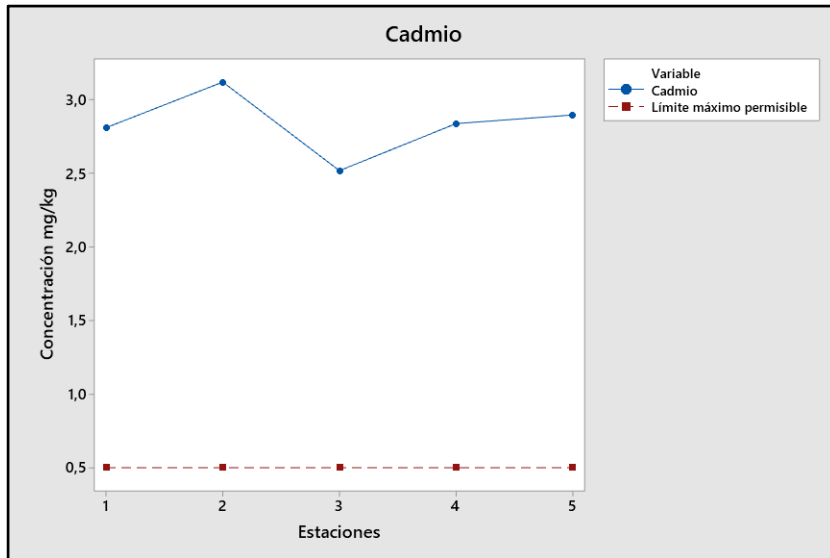




**Figura 13.** Normalidad de Cromo de Ryan- Joiner.

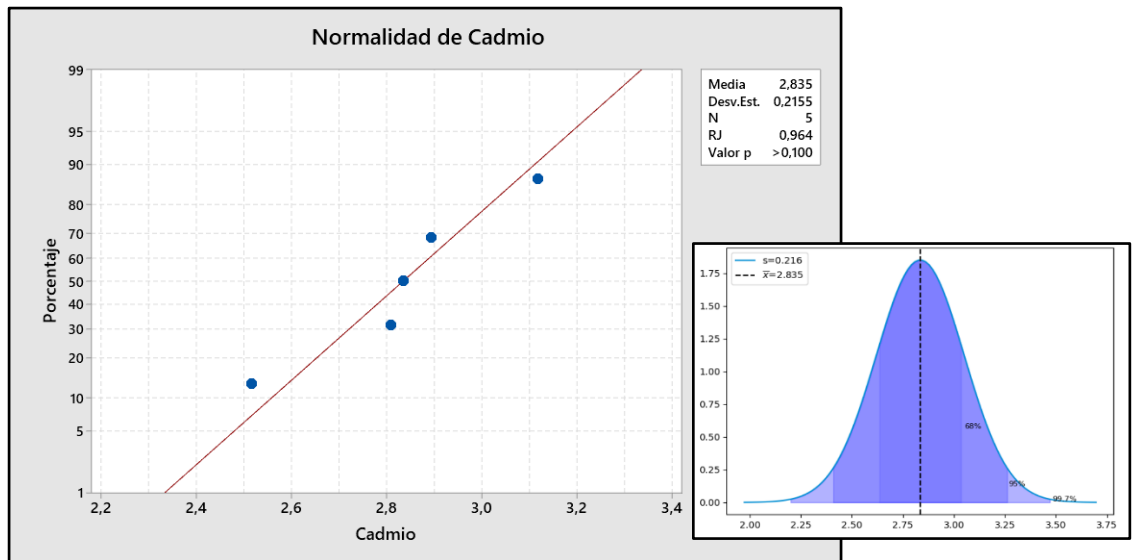
### 8.4.3 CADMIO TOTAL

Comparando las concentraciones de metales pesados con el límite máximo permisible de acuerdo al TULSMA (ver figura 14). Los resultados arrojan valores para cadmio, la estación 1 de 2,8086 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 2 valores de 3,1181 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 3 valores de 2,5166, para la estación 4 valores de 2,8362 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 5 valores de 2,8947 mg kg<sup>-1</sup>; indicando los valores bajos comparados con los Criterios de Calidad de Suelo “Acuerdo Ministerial 083 “TULSMA” indican que el límite máximo permisible en el suelo debe de ser 0,5 mg kg<sup>-1</sup> (Ver tabla 7).



**Figura 14.** *Concentración de Cadmio.*

Con respecto a la concentración de cadmio total en las 5 estaciones del manglar de Manglaralto tenemos que existe una media aritmética de 2,835 mg kg<sup>-1</sup> con un valor de dispersión de  $\pm 0,216$  mg kg<sup>-1</sup>. En la campana de Gauss podemos observar que la desviación estándar muestral es baja, es decir que las concentraciones de cadmio total se encuentran estrechamente agrupados cerca de la media aritmética: Un 68% de las muestras obtendrán un valor de concentración de cadmio total dentro de una desviación estándar de la media, es decir, entre 2,619 mg kg<sup>-1</sup> a 3,051 mg kg<sup>-1</sup>. En estas muestras el valor resultante de normalidad de Ryan-Joiner es 0,964 (valor cercano a 1), el valor probabilidad es  $>0.100$  el cual es mayor que el nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que estos siguen una distribución normal (ver figura 15).



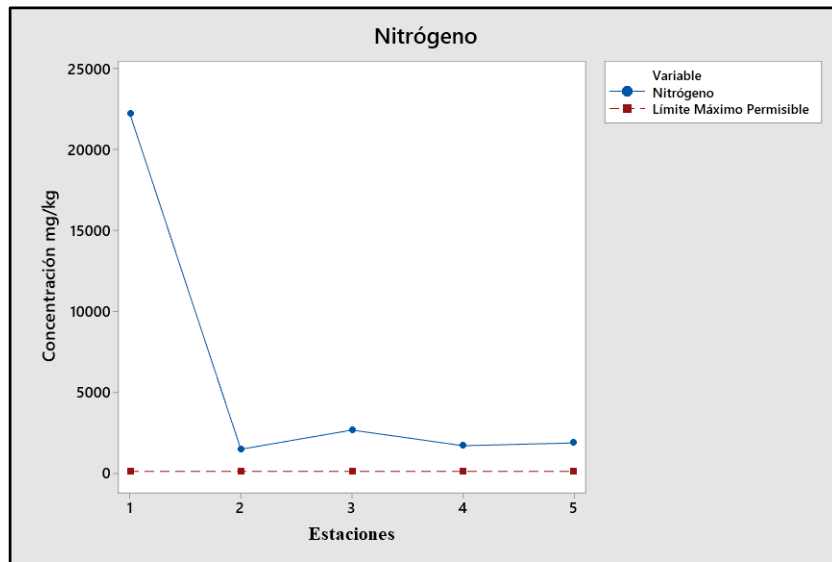
*Figura 15. Normalidad de cadmio de Ryan-Joyner*

## 8.5 CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES COMPARADOS CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE.

### 8.5.1 NITRÓGENO TOTAL.

Comparando las concentraciones de metales pesados con el límite máximo permisible de acuerdo al TULSMA (ver figura 16). Los resultados arrojan valores para nitrógeno total, la estación 1 de 22214,934 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 2 valores de 1485,633 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 3 valores de 2669,206, para la estación 4 valores de 1702,452 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 5 valores de 1876,471 mg kg<sup>-1</sup>; indicando los valores bajos comparados con los Criterios de Calidad de Suelo “Acuerdo Ministerial 083

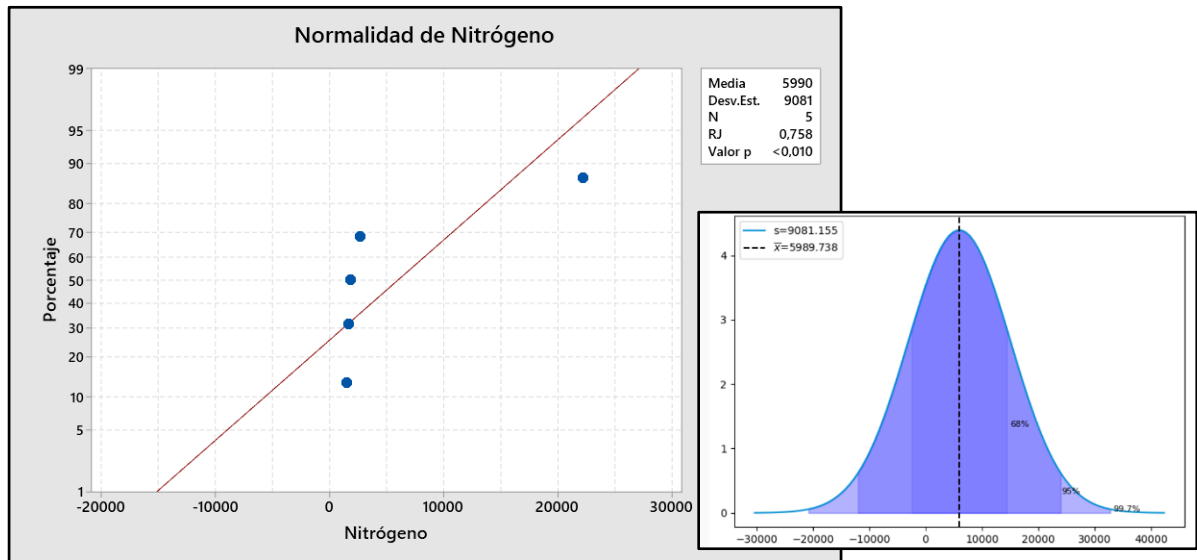
“TULSMA” indican que el límite máximo permisible en el suelo debe de ser 125 mg kg-1 (ver tabla 9).



**Figura 16.** Concentración de Nitrógeno Total.

Con respecto a la concentración de nitrógeno total en las 5 estaciones del manglar de Manglaralto tenemos que existe una media aritmética de 5989,738 mg kg-1 con un valor de dispersión de  $\pm 9081,155$  mg kg-1. En la campana de Gauss podemos observar que la desviación estándar muestral es alta, es decir que las concentraciones de nitrógeno total se encuentran dispersas sobre un rango más amplio con relación a la media aritmética. En estas muestras el valor resultante de normalidad de Ryan-Joiner es 0,758, el valor probabilidad es  $<0.010$ , el cual es menor que el nivel de coeficiente

de correlación, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de normalidad y se concluye que estos no siguen una distribución normal (ver figura 17).

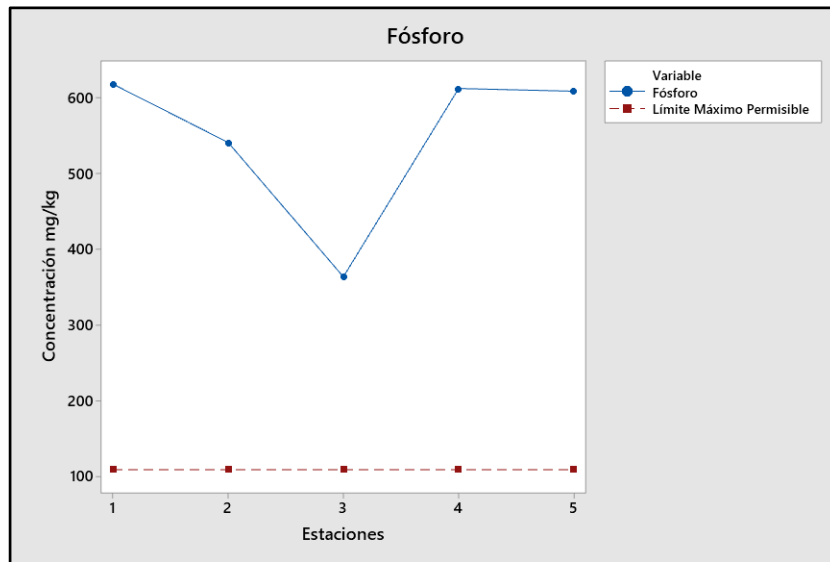


*Figura 17. Normalidad de Nitrógeno de Ryan-Joiner.*

## 8.5.2 FÓSFORO TOTAL.

Comparando las concentraciones de metales pesados con el límite máximo permisible de acuerdo al TULSMA (ver figura 18). Los resultados arrojan valores para fósforo, la estación 1 de 617,8395 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 2 valores de 540,8175 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 3 valores de 363,4683 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 4 valores de 611,9816 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 5 valores de 608,3739 mg kg<sup>-1</sup>; indicando los valores bajos comparados con los Criterios de Calidad de Suelo “Acuerdo Ministerial 083

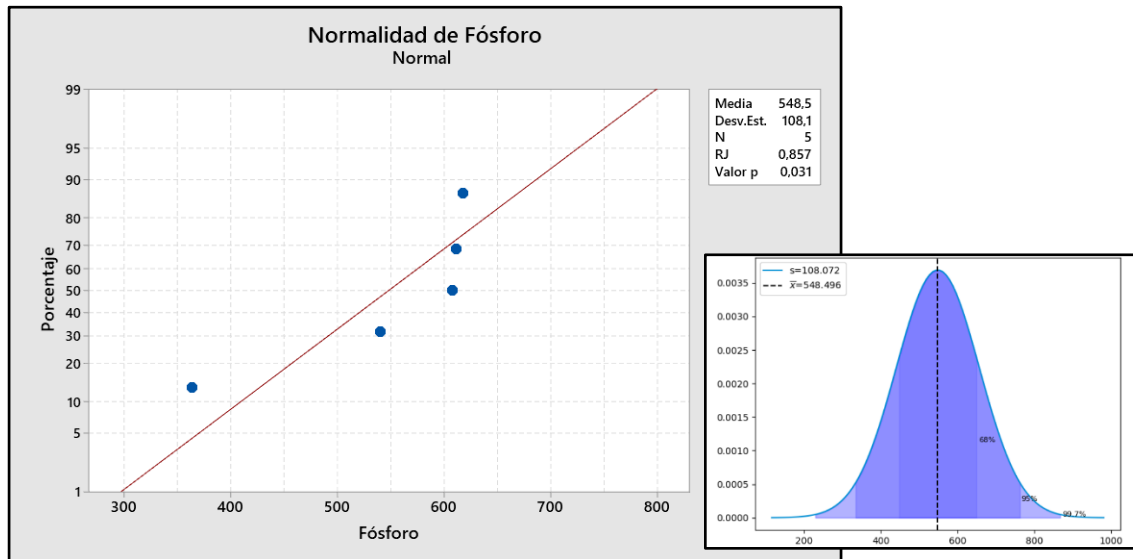
“TULSMA” indican que el límite máximo permisible en el suelo debe de ser 109 mg kg-1 (ver tabla 10).



**Figura 18.** Concentración de Fósforo Total.

Con respecto a la concentración de fósforo total en las 5 estaciones del manglar de Manglaralto tenemos que existe una media aritmética de 548,496 mg kg-1 con un valor de dispersión de  $\pm 108,072$  mg kg-1. En la campana de Gauss podemos observar que la desviación estándar muestral es baja, es decir que las concentraciones de fósforo total se encuentran estrechamente agrupados cerca de la media aritmética: Un 68% de las muestras obtendrán un valor de concentración de fósforo total dentro de una desviación estándar de la media, es decir, entre 440,424 mg kg-1 a 656,568 mg kg-1. En estas muestras el valor resultante de normalidad de Ryan-Joiner es 0,857, el valor

probabilidad es 0.031, el cual es menor que el nivel del coeficiente de correlación, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de normalidad y se concluye que estos no siguen una distribución normal. (ver figura 19).

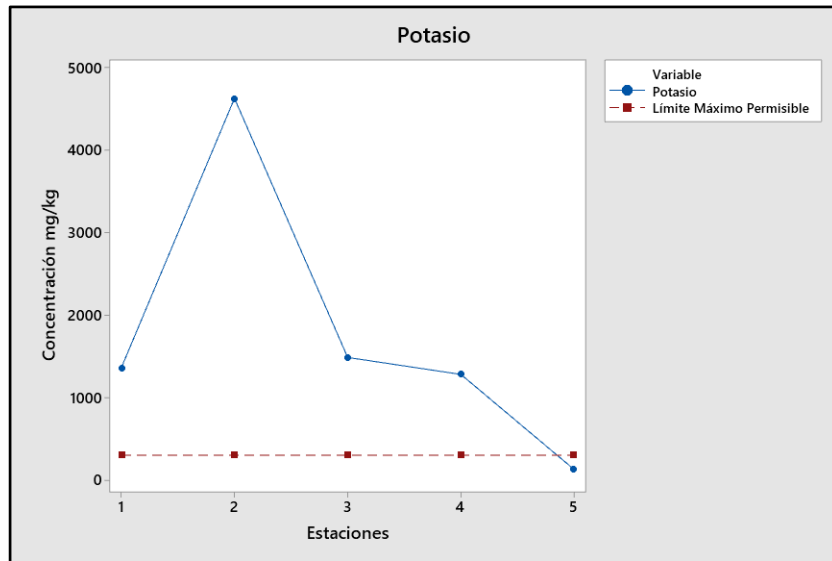


*Figura 19. Normalidad de Fósforo de Ryan-Joiner.*

### 8.5.3 POTASIO TOTAL

Comparando las concentraciones de metales pesados con el límite máximo permisible de acuerdo al TULSMA (ver figura 20). Los resultados arrojan valores para potasio, la estación 1 de 1358,776 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 2 valores de 4624,575 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 3 valores de 1485,633 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 4 valores de 1280,158 mg kg<sup>-1</sup>, para la estación 5 valores de 127,9566 mg kg<sup>-1</sup>; indicando los valores bajos comparados con los Criterios de Calidad de Suelo “Acuerdo Ministerial 083

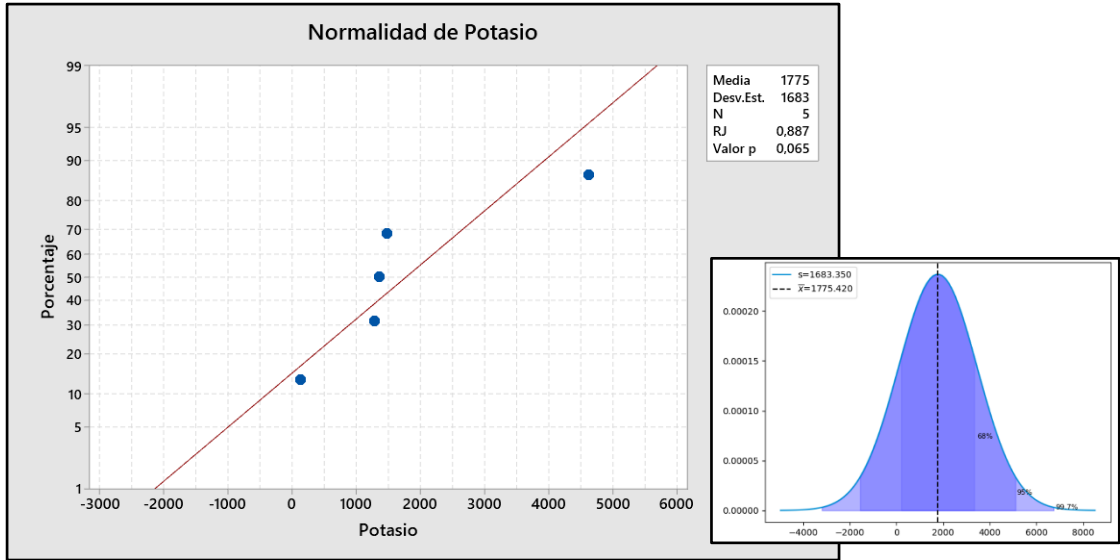
“TULSMA” indican que el límite máximo permisible en el suelo debe de ser 300 mg kg-1 (ver tabla 11).



*Figura 20. Concentración de Potasio.*

Con respecto a la concentración de potasio en las 5 estaciones del manglar de Manglaralto tenemos que existe una media aritmética de 1775,420 mg kg-1 con un valor de dispersión de  $\pm 1683,350$  mg kg-1. En la campana de Gauss podemos observar que la desviación estándar muestral es alta, es decir que las concentraciones de potasio se encuentran dispersas sobre un rango más amplio con relación a la media aritmética. En estas muestras el valor resultante de normalidad de Ryan-Joiner es 0,887 (valor cercano a 1) el valor probabilidad es 0.065 el cual es mayor que el nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que estos siguen una distribución normal (ver figura 21).





**Figura 21.** Normalidad de Potasio de Ryan-Joiner.

## **9 DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **9.1 DISCUSIONES**

(Álava & Velásquez, 2022), en estudios realizados sobre la concentración de metales pesados en sedimentos del Refugio de Vida Silvestre Isla Corazón y Fragatas encontraron concentraciones de plomo entre 35,878 y 63,520 mg kg<sup>-1</sup>, es decir muy por encima del LMP, en el manglar de Manglaralto se encontraron concentraciones de plomo de 2,8242 a 5,2352 mg kg<sup>-1</sup> las cuales están muy por debajo de LMP, este análisis fue analizado bajo la Normativa Internacional Canadian Council of Miners of the Environment (1999), la cual indica un LMP de 30,2 mg kg<sup>-1</sup>; la Normativa TULSMAN indica un LMP de 25 mg kg<sup>-1</sup>.

El autor (Ramírez, 2017) indica que las concentraciones de cadmio y plomo en sedimentos del estero “El Macho”, en la ciudad de Machala contiene concentraciones mínimas de 37,86 mg kg<sup>-1</sup>, estos valores no se relacionan con los análisis hechos por el autor. (Álava & Velásquez, 2022) indican que la concentración de cadmio oscila entre 0,453 y 1,531 tomando como referencia un LMP de 0,7 mg kg<sup>-1</sup>, se establece

que las concentraciones de este metal están muy por debajo en este humedal, sin embargo las concentraciones de cadmio en el manglar de Manglaralto son muy elevadas ya que van entre 2,5166 y 3,1181 mg kg<sup>-1</sup> tomando como referencia un LMP de 0,5 mg kg<sup>-1</sup>. (Mero, 2010) indica que las concentraciones de cadmio se deben factores antropogénicos, agricultura, desechos y embarcaciones, etc.

Los niveles encontrados en los sedimentos del manglar de metales pesados y exceso de nutrientes podrían ser indicadores directos de la contaminación existente en las comunas por donde pasa el río, las aguas residuales emanadas están provocando una contaminación importante en lo que respecta a cromo y cadmio, los cuales presentan cantidades muy altas en comparación con el LMP.

## 9.2 CONCLUSIONES

Los resultados arrojan una concentración de metales pesados, que oscilan para plomo entre 2,8242 y 5,2352 mg kg<sup>-1</sup>, el cromo oscila entre 30,0865 y 58,8782 mg kg<sup>-1</sup>, mientras que el cadmio lo encontramos entre 2,5166 y 3,1181 mg kg<sup>-1</sup>.

Las 5 estaciones poseen altos índices de contaminación de cromo, la estación 1 con 34,8320, la estación dos con 49,6459, la estación 3 con 30,0865, la estación 4 con 30,4444, la estación 5 con 58,8782 mg kg<sup>-1</sup>.

El manglar posee un alto índice de contaminación, es las 5 estaciones de muestreo se obtuvo valores que sobrepasan excesivamente el LMP, los metales pesados suelen bioacumularse en el sedimento rápidamente, la estación 5 y la estación 2 poseen el más alto índice de contaminación por exceso de cromo con valores de 58,8782 mg kg<sup>-1</sup> y 49,6459 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, las concentraciones de metales según “TULSMA” indican que el LMP en el suelo debe de ser 20 mg kg<sup>-1</sup>, como podemos notar existe una diferencia significativa que puede provocar ciertas alteraciones en el crecimiento y desarrollo de la flora y fauna del sitio de estudio.

Las concentraciones de cadmio son elevadas en las estaciones 2 y 5 en donde se cuantifico valores de  $3,1181 \text{ mg kg}^{-1}$  y  $2,8947 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente; las concentraciones de metales según “TULSMA” indican que el LMP en el suelo debe de ser  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ , como podemos notar existe una diferencia significativa que puede provocar ciertas alteraciones en el crecimiento y desarrollo de la flora y fauna del sitio de estudio.

El plomo no es un metal que afecte a la composición del suelo, las concentraciones son considerablemente bajas, poseen su más alto valor en la estación 4 en donde se cuantifico valores de  $5,2352 \text{ mg kg}^{-1}$ . Las concentraciones de metales según “TULSMA” indican que el LMP en el suelo debe de ser  $25 \text{ mg kg}^{-1}$ , por lo que este metal no significa un peligro para el ecosistema de la zona.

Con respecto a la concentración de nutrientes los factores antropogénicos causan altos índices de bioacumulación de nutrientes, tales como las actividades de ganadería, agricultura, control de plagas y enfermedades, que mediante las escorrentías por las lluvias llegan al río y posteriormente al manglar.

La estación 1 posee un alto índice de contaminación de nitrógeno con  $22214,934$ , la estación dos está el potasio con  $4624,5753$ , la estación 3 está nitrógeno con  $2669,206$ ,

la estación 4 está nitrógeno con 1702,452, la estación 5 está nitrógeno con 1876,471 mg kg-1.

En las 5 estaciones de muestreo se obtuvo valores que sobrepasan el LMP, existe un exceso de nutrientes en el sedimento, la estación 1 posee el más alto valor de contaminación por exceso de nitrógeno con valores de 22214,93 mg kg-1. las concentraciones de nitrógeno según EOS DATA ANALYTICS, 2024 indican que el LMP en el suelo debe de ser de 125 mg kg-1.

Con respecto al fósforo se obtienen de la misma manera datos muy elevados con respecto al LMP, la estación 1 posee el más alto valor de contaminación por exceso de fósforo con valores de 617,8395 mg kg-1. las concentraciones de fósforo según Mula, 2024 indican que el LMP en el suelo debe de ser de 109 mg kg-1.

La concentración del elemento potasio es también alto en el sedimento del sitio de estudio, la estación 2 posee el más alto valor de contaminación por exceso de potasio con valores de 4624,5753 mg kg-1, las concentraciones de potasio según Mula, 2024 indican que el LMP en el suelo debe de ser de 300 mg kg-1.

### **9.3 RECOMENDACIONES**

Debido a la visible contaminación de los recursos hídricos del río Manglaralto es importante diseñar un “Programa de Tratamiento de Aguas Residuales” que permitan restablecer o minimizar la concentración de metales pesados a un límite máximo permisible que no constituyan una amenaza a la flora y fauna del manglar.

Concientizar a las comunas aledañas al río en la utilización correcta de Buenas Prácticas Ambientales (BPA), especialmente a los agricultores y ganaderos, así mismo a las personas que lavan sus equipos o ropas de esta manera se evitará la mayor contaminación de los humedales.

Las autoridades competentes deben hacer seguimientos continuos de los agroquímicos utilizados para asegurar una mínima contaminación, de la misma manera proporcionar a los agricultores los tipos y cantidades de agroquímicos que afecten en menor cantidad proporcional de estas sustancias.

Realizar análisis de suelos en las áreas de cultivo de las comunas aledañas que alimentan al río Manglaralto, para determinar la concentración excesiva de nutrientes y metales pesados ya que esto a su vez es un indicador de la bioacumulación de sustancias contaminantes que podrían de alguna u otra manera ser absorbido por las plantas.

Realizar análisis de metales pesados y nutrientes en los tejidos de las plantas del manglar, ya que esto permitirá determinar la correlación o absorción que realizan las plantas del suelo, y a su vez se bioacumulan o biomagnifican en sus tejidos.

Realizar análisis de metales pesados y nutrientes en las aguas residuales y estancadas que desembocan en el río Manglaralto, y a su vez realizar programas de recuperación de estas aguas.

Concientizar a la población agrícola en las consecuencias del uso desmedido de insumos o sustancias que aportan con metales pesados al ecosistema y como les afecta directamente a ellos.



## 10 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. (2007). *Determinacion de metales pesados en suelos agrícolas del Valle del Mezquital, HGO.* Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10993/Determinacion%20de%20metales%20pesados%20suelos%20agricolas.pdf?sequence=1>
- Acquavita et al., P. S. (2010). *Heavy Metal Contents and Distribution in Coastal Sediments of the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea, Italy) Water Air Soil Pollut. 211: 95–111. Doi: 10.1007/s11270-009-0284-5.*
- Aguirre, Z. (2013). *Guía de Métodos Para Medir la Biodiversidad. ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA. Loja -Ecuador.* Obtenido de <https://zhofreaguirre.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/03/guia-para-medicic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>
- Álava & Velásquez, J. A. (2022). *CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE ISLA CORAZÓN Y FRAGATAS, CANTÓN SUCRE- MANABÍ.*
- Beltrán & Gómez, M. A. (2024). *Biorremediación de metales pesados cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg), mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión. Revista Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada.* Obtenido de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2027>
- Benavides. (2007). *Usos del recurso agua y manglares en el estero de Puerto Hondo, Provincia del Guayas - Ecuador. .*
- Bravo. (2010). *Interpretación del Estudio Multitemporal (Clirsen 1969–2006) de las coberturas de manglar, camaroneras y áreas salinas en la franja costera del Ecuador continental.* Obtenido de Tesis de grado para la obtención del título de magister en Ciencias con énfasis en manejo sustentable en recursos bioacuáticos y medio Ambiente. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Ecuador. 56 p.

- Carvajal & Santillan, R. X. (2019). *Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares del Ecuador Continental*. Ministerio del Ambiente de Ecuador, Conservación Internacional Ecuador, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Obtenido de <https://www.conservation.org/docs/default-source/ecuador-documents/pan-manglares-ecuador.pdf>
- Clirsen. (2006). *Actualización del Estudio Multitemporal de Manglares, Camaroneras y Áreas Salinas en la Costa Continental Ecuatoriana*. Convenio de cooperación técnica entre el CLIRSEN y el PROGRAMA DE MANEJO DE RECURSOS COSTEROS (PMRC).
- Cornejo. (2014). *ÁRBOLES Y ARBUSTOS DE LOS MANGLARES DEL ECUADOR* MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). . Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55818.pdf>
- De la Cruz & Laffon. (2013). *Acumulación de Metales Pesados en Sedimentos del Ecosistema Manglar en Laguna de Términos, Campeche, México*. *Forest Genetic Resources. oresta Veracruzana*, vol. 15, núm. 1, pp. 25-30, 2013. *Recursos Genéticos Forestales*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/497/49728291003/html/>
- DFGRUPO. (2024). *Potasio*. Calle Génova 10, 1ª Planta 28004 Madrid, España. Avd. Pascual Marquina 12 50300 Calatayud. Obtenido de <https://www.dfgrupo.com/convencionales/potasio/>
- Doadrio, A. (2006). *Ecotoxicología y acción toxicológica del plomo*. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*. Obtenido de [https://analesranf.com/wp-content/uploads/2006/72\\_03/7203\\_02.pdf](https://analesranf.com/wp-content/uploads/2006/72_03/7203_02.pdf)
- ECOLAC & MAE. (2007). *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador*. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://blog.espol.edu.ec/ricardomedina/files/2009/03/37-portada20general20ultimas20pags.pdf>
- EOS DATA ANALYTICS. (2024). *Análisis De Suelo: Muestreo Y Lectura Del Resultado*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/analisis-de->



- Guerrero, J. (2022). *Composición, distribución y estructura de los manglares de borde de las comunas Bajo Alto y La Puntilla - El Guabo, provincia de El Oro, Ecuador 2021. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022.*
- HACH. (2024). *Nitrógeno Total. España. Recuperado de: <https://es.hach.com/about-us>.*
- IAGUA. (2024). *¿Qué es la eutrofización? Obtenido de iAgua Respuestas » Calidad del Agua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-eutrofizacion>*
- Jiménez et al, A. (2020). *Plasma acoplado inductivamente en espectroscopia de emisión óptica (ICP-OES). Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento.* Obtenido de <file:///C:/Users/ACERR/Downloads/DialnetPlasmaAcopladoInductivamenteEnEspectroscopiaDeEmis-7596305.pdf>
- Kindelán, J. (2023). *Ecosistemas singulares. I. El manglar, sus plantas y beneficios a la ecología.* Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/299402052\\_Ecosistemas\\_singulares\\_I\\_El\\_manglar\\_sus\\_plantas\\_y\\_beneficios\\_a\\_la\\_ecologia](https://www.researchgate.net/publication/299402052_Ecosistemas_singulares_I_El_manglar_sus_plantas_y_beneficios_a_la_ecologia)
- LATNitrogen. (2024). *Potasio. LAT Nitrogen Austria GmbH. St.-Peter-Strasse 25. 4021 Linz, Austria. LAT Nitrogen Austria GmbH © Todos los derechos reservados.* Obtenido de [https://www.lat-nitrogen.com/es/es/nutrients/potassium-\(k\)-3](https://www.lat-nitrogen.com/es/es/nutrients/potassium-(k)-3)
- Londoño, et al., L. (2016). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. Rev.Bio.Agro [online]. 2016, vol.14, n.2, pp.145-153. ISSN 1692-3561. Popayán. Colombia.* Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612016000200017&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612016000200017&script=sci_abstract&tlng=es)
- Lopez et al, J. (2013). *Por sus hojas las conocerás: identificación de las especies de mangle presentes en la Península de Yucatán. Herbario CICY, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. (CICY). Centro de Investigación en Ciencias Ambientales.* Obtenido de <https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/2293/1/2013-11-14-Contreras-et-al-Mangles-PY-101-104.pdf>

- MAE "Ministerio del Ambiente del Ecuador, FAO "Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Árboles y Arbustos de los Manglares del Ecuador*. Quito. 48p.
- Mayorga et al, M. (2006). *Propuesta para la promoción turística de la Comuna Manglaralto como estrategia para integrar al Hostal Escuela como parte de un destino turístico*. Tesis de Maestría. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1763/1/3508.pdf>
- Mero, M. (2010). *Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del Golfo de Guayaquil*. Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil.
- Molina, N. (2019). *Manglares de Ecuador*. Escuela de Ciencias Ambientales. Facultad de Ingeniería. Universidad Espíritu Santo. Obtenido de <https://uees.edu.ec/descargas/libros/2020/manglares-del-ecuador.pdf>
- Mondragón, L. (2023). *Influencia de la concentración de nutrientes en los sedimentos en la estructura de los bosques de manglar expuestos a diferentes grados de impactos en el Pacífico colombiano*. Tesis de maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/85597>
- Mula, J. (2024). *Cómo descifrar un análisis de suelo*. Agromática. ingeniero agrónomo con experiencia en nutrición y fisiología vegetal.
- Museo Nacional de Ciencias Naturales. (2021). *El aumento de nitrógeno en la atmósfera que provoca la contaminación podría acelerar la desertificación*. Universidades Complutense y Autónoma de Madrid. Obtenido de <https://www.mncn.csic.es/es/Comunicación/el-aumento-de-nitrogeno-en-la-atmosfera-que-provoca-la-contaminacion-podria-acelerar>
- NEMI. (2019). *Standard Methods: 3120 B. Metals (total recoverable) in water by IC*. National Environment Methods Index. Obtenido de [https://www.nemi.gov/methods/method\\_summary/4699/](https://www.nemi.gov/methods/method_summary/4699/)
- ONU. (2024). *¿Qué es el fósforo y por qué aumenta la preocupación por su impacto ambiental? ONU para el programa del Medio Ambiente*. Boletín de PNUMA.

- PanReac AppliChem. (2024). *Determinación de Nitrógeno por el Método Kjeldahl. C/Garraf 2, Polígono Pla de la Bruguera. E-08211 Castellar del Vallès. (Barcelona) Spain. Phone +34 937 489 400. Fax +34 937 489 401.* Obtenido de [https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173\\_ES.pdf](https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf)
- Parra & Espinoza, J. 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.* Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-97612008000100006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612008000100006)
- Peña & Bonifaz, Z. C. (2020). *Biología Reproductiva del mangle rojo (Rhizophora mangle L.) Puerto El Morro, Provincia del Guayas, Ecuador. Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales, 14(2).*
- Pérez et al, D. R. (2021). *Acumulación de hojarasca y liberación de nutrientes al suelo en rodales de Pinus tropicalis Morelet. ev cubana ciencias forestales vol.9 no.3 Pinar del Río sept.-dic. 2021 Epub 10-Sep-2021. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Pina.* Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2310-34692021000300454](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692021000300454)
- Pernía et al, . B. (2008). *Biomarcadores de contaminación por cadmio en plantas. Interciencia, 33: 112–119.*
- Pernía et al, B. R. (2018). *Fitotoxicidad de hap, crudos extra pesados y sus fracciones en Lactuca sativa: Una interpretación integral utilizando un índice de toxicidad modificado. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 34: 79–91.* Obtenido de <https://doi.org/10.20937/RICA,2018,34,01,07>
- Pernía et al., B. (2019). *Impactos de la contaminación sobre los manglares de Ecuador. Manglares de América, 1, 423-466.*
- Proaño & Pozo, M. F. (2016). *Análisis espacial de concentraciones de metales pesados en agua y sedimentos de la reserva ecológica Manglares de Churute, 72. Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil.* Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/14817>
- Ramírez & Trujillo, E. M. (2015). *Nitrificación y mineralización del N en un suelo perturbado de manglar en la costa del Pacífico Sur, Oaxaca. Instituto de*

- Recursos. Instituto de Ecología. Universidad del Mar. Puerto Ángel, Oaxaca. México.* Obtenido de <http://www.reibci.org/publicados/2015/mayo/0600102.pdf>
- Ramírez, A. (2017). *Determinación de Cadmio y Plomo en agua y sedimento del estero "El Macho" de la ciudad de Machala.* Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18532>
- ResearchGate. (2024). *Ubicación de la subcuenca del río Manglaralto (Zona de estudio) en la cuenca de Manglaralto.* Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Ubicacion-de-la-subcuenca-del-rio-Manglaralto-Zona-de-estudio-en-la-cuenca-de\\_fig2\\_344968281](https://www.researchgate.net/figure/Ubicacion-de-la-subcuenca-del-rio-Manglaralto-Zona-de-estudio-en-la-cuenca-de_fig2_344968281)
- Rodríguez. (2015). Obtenido de Determinación de la estructura, diversidad y abundancia de la vegetación del manglar de Palmar provincia de Santa Elena durante octubre 2014 / Marzo 2015. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Rojas et al., J. &. (2015). *Toxicidad y bioacumulación de Cromo (Cr+6) en la almeja Polymesoda solida del sistema estuarino Lago de Maracaibo. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. ISSN 0375-538X ~ Vol. 49. N° 1, Enero-Abril 2015, Pp. 5 – 25. Universidad de Zulia.* Obtenido de [file:///C:/Users/ACERR/Downloads/20876-Texto%20del%20artículo-27901-1-10-20160126%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/ACERR/Downloads/20876-Texto%20del%20artículo-27901-1-10-20160126%20(5).pdf)
- Rubio et al., C. G. (2004). *El plomo como contaminante alimentario. Revista de Toxicología, vol. 21, núm. 2-3, 2004, pp. 72-80. Asociación Española de Toxicología. Pamplona, España.* Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/919/91921303.pdf>
- TULSMA. (2024). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.*
- UNESCO. (26 de JULIO de 2023). *Día Internacional de Conservación del Ecosistema de Manglares.* Obtenido de UNESCO: <https://www.unesco.org/es/days/mangrove-ecosystem-conservation>
- Villavicencio & Pernía, N. B. (2020). *Efecto del cadmio sobre la germinación y crecimiento de los mangles: Rhizophora mangle, Hilairanthus germinans y Conocarpus erectus. Rev. Cient. Cien. Nat. Ambien. 14(2):173-181. Egresado*

*Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. Obtenido de <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/cna/article/view/1538/3726>*

XRF Scientific Limited. (2024). *¿Qué es la espectroscopía ICP? Perth. Australia. Recuperado de: <https://es.xrfscientific.com/informacion-general/>.*



## 11 ANEXOS

 <p>Fotografía 1. Medición de cuadrantes de estudio.</p>	 <p>Fotografía 2. Medición de cuadrantes de estudio.</p>
 <p>Fotografía 3. Colección de muestras de suelo.</p>	 <p>Fotografía 4. Colección de muestras de suelo.</p>
 <p>Fotografía 5. Colección de muestras de suelo</p>	 <p>Fotografía 6. Muestras colectadas en fundas herméticas</p>



Fotografía 7. Pesaje



Fotografía 8. Obtención de muestras



Fotografía 9. Limpieza del area de estudio



Fotografía 10. Presión del tubo



Fotografía 11. Extracción del tubo



Fotografía 12. Obtención de sedimento

## 12 TABLAS

ESTACIONES	COORDENADAS	
	LATITUD	LONGITUD
Estación 1	1°50'43.0"S	80°44'43.8"W
Estación 2	1°50'42.9"S	80°44'40.5"W
Estación 3	1°50'45.1"S	80°44'42.7"W
Estación 4	1°50'47.2"S	80°44'42.0"W
Estación 5	1°50'46.5"S	80°44'45.7"W

**Tabla 3.** Estaciones seleccionadas dentro del Área de Estudio.

Parámetros de análisis	Método de análisis	Unidad	Cantidad de Muestra	Tipo de envase	Cantidad
Nitrógeno	HACH 8075	mg kg- 1	500 gramos	Funda Hermética	5
Fósforo	APHA 4500-P B- E	mg kg- 1	500 gramos	Funda Hermética	5

Potasio	APHA 3120 B	mg kg <sup>-1</sup>	500 gramos	Funda Hermética	5
---------	----------------	---------------------	------------	--------------------	---

**Tabla 4.** Métodos utilizados en análisis de metales pesados.

Parámetros de análisis	Método de análisis	Unidad	Cantidad de Muestra	Tipo de envase	Cantidad
Plomo	APHA 3120 B	mg kg <sup>-1</sup>	500 gramos	Funda Hermética	5
Cromo	S.M. 3120 B	mg kg <sup>-1</sup>	500 gramos	Funda Hermética	5
Cadmio	APHA 3120 B	mg kg <sup>-1</sup>	500 gramos	Funda Hermética	5

**Tabla 5.** Parámetros de Colección en Metales Pesados.

Metales Pesados mg kg <sup>-1</sup>						
Metales Pesados	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Límite máximo permisible
Plomo	4,9895	4,9032	4,9895	5,2352	2,8242	25 mg kg <sup>-1</sup>



<b>Cromo Total</b>	34,8320	49,6459	30,0865	30,4444	58,8782	20 mg kg-1
<b>Cadmio Total</b>	2,8086	3,1181	2,5166	2,8362	2,8947	0,5 mg kg-1

**Tabla 6.** Cantidad de metales pesados. LMP (TULSMA, 2024).

<b>Presencia de Plomo mg kg-1</b>					
	<b>Estación 1</b>	<b>Estación 2</b>	<b>Estación 3</b>	<b>Estación 4</b>	<b>Estación 5</b>
<b>Plomo</b>	4,9895	4,9032	4,9895	5,2352	2,8242
<b>Límite máximo permisible</b>	25	25	25	25	25

**Tabla 7.** Presencia de Plomo en las 5 estaciones.

<b>Presencia de Cromo total mg kg-1</b>					
	<b>Estación 1</b>	<b>Estación 2</b>	<b>Estación 3</b>	<b>Estación 4</b>	<b>Estación 5</b>
<b>Cromo total</b>	34,832	49,6459	30,0865	30,4444	58,8782
<b>Límite máximo permisible</b>	20	20	20	20	20

**Tabla 8.** Concentraciones de Cromo Total

Presencia de Cadmio mg kg-1					
	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5
<b>Cadmio</b>	2,8086	3,1181	2,5166	2,8362	2,8947
<b>Límite máximo permisible</b>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

**Tabla 9.** Concentraciones de Cadmio.

Nutrientes mg kg-1						
Nutrientes	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Límite máximo permisible
<b>Nitrógeno total</b>	22214,934	1485,633	2669,206	1702,452	1876,471	75 a 125
<b>Fósforo Total</b>	617,8395	540,8175	363,4683	611,9816	608,3739	Olsen: 35 a 70 Burriel: 43,6 a 109
<b>Potasio</b>	1358,7761	4624,5753	1485,633	1280,1581	127,9566	150 a 300

**Tabla 10.** Cantidad de nutrientes en las 5 estaciones. LMP tomado de:  
(Mula, 2024) (EOS DATA ANALYTICS, 2024).

<b>Presencia de Nitrógeno total mg kg-1</b>					
	<b>Estación</b>	<b>Estación</b>	<b>Estación</b>	<b>Estación</b>	<b>Estación</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Nitrógeno total</b>	22214,93	1485,633	2669,206	1702,452	1876,471
<b>Límite máximo permisible</b>	125	125	125	125	125

**Tabla 11.** Concentración de nitrógeno total

<b>Presencia de Fósforo total mg kg-1</b>					
	<b>Estación</b>	<b>Estación</b>	<b>Estación</b>	<b>Estación</b>	<b>Estación</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Fósforo total</b>	617,8395	540,8175	363,4683	611,9816	608,3739
<b>Límite máximo permisible</b>	109	109	109	109	109

**Tabla 12.** Concentración de Fósforo total

<b>Presencia de Potasio total mg kg-1</b>					
	<b>Estación</b>	<b>Estación</b>	<b>Estación</b>	<b>Estación</b>	<b>Estación</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Potasio total</b>	1358,776	4624,575	1485,633	1280,158	127,9566
<b>Límite máximo permisible</b>	300	300	300	300	300

**Tabla 13.** Concentración de Potasio Total

# Anexo 1. CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN

CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN



**SERVICIO  
DE ACREDITACIÓN  
ECUATORIANO**  
QUITO - ECUADOR

**DEPROIN S.A.**  
N/A

ACREDITACIÓN INICIAL: 2013-06-04

Se encuentra acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano, SAE, en cumplimiento con los requisitos establecidos en la:  
*Accredited by the Servicio de Acreditación Ecuatoriano, SAE, in compliance with the requirements established in the:*

**Norma NTE – INEN ISO/IEC 17025:2018. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, equivalente a la Norma ISO/IEC 17025:2017.**  
*NTE – INEN ISO/IEC 17025:2018. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, equivalent to ISO/IEC 17025:2017.*

La presente acreditación demuestra competencia técnica para el alcance de acreditación en la realización de las actividades de Ensayos, disponible en web del SAE, está condicionada al cumplimiento continuo por parte del OEC con los requisitos de acreditación, sujeta a modificaciones, suspensiones, y retiros.  
*This accreditation demonstrates technical competence for the scope of accreditation to performing Testing activities, available on the SAE website. This accreditation is conditioned to the continuous compliance by the OEC with the accreditation requirements, it is subject to modifications, suspensions, and withdrawals.*

[www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

El presente certificado solo tiene validez con su correspondiente alcance de acreditación.  
*This certificate is only valid with its corresponding accreditations scope.*



**Dr. Carlos Echeverría Cueva**  
DIRECTOR EJECUTIVO  
SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO




SAE firmante de Acuerdos de Reconocimiento Multilateral

F PO11 04 R00  
Código de certificado emitido: 23-0125-LEN-2013-06-04



# Anexo 2. INFORMES DE DEPROINSA

## “CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS Y NUTRIENTES.



**INFORME DE ENSAYO**

**SU018-2024**

**Razón Social - Empresa:** JORGE LUIS CARRASCO POLANCO  
**Solicitado por:** Jorge Luis Carrasco Polanco  
**Dirección:** Santa Elena, El Tablazo

**Orden de trabajo:** SU019/2024  
**Fecha de Recepción de Muestra:** \*\*\*\*  
**Fecha de Recepción de Muestra:** 2024-09-23  
**Fecha de ejecución de análisis:** Del 2024-09-23 al 2024-10-07  
**Fecha de emisión del Informe:** 2024-10-08

**Muestreado Por:** CLIENTE  
**Tipo de Muestreo:** Simple  
**Coordenadas Muestreo:** \*\*\*\*  
**UTM - WGS84:** \*\*\*\*  
**Punto de Muestreo:** EI-P18 (MUESTRA 1- MUESTRA 18)

**Declaración de Conformidad:** No requerido por el cliente

**Lugar en el que se realizan las actividades de laboratorio:**  
 Laboratorio de Aguas & Suelos de Deproin S.A.  
 Av. Francisco de Orellana - Cal. Dr Eleodoro Avarado Olea. Samanes 7 Mz. 2224 V.1  
 Tel: (04) 5120366 / Cel: 0999900433 - 0962803495  
 Guayaquil - Ecuador

**Código de la Muestra:** SU019/2024  
**Tipo de Muestra:** Suelo  
**Condiciones Ambientales de Ensayo / Muestreo:** Temperatura: \*\*\*\*  
 Humedad relativa: \*\*\*\*

**RESULTADOS DE ENSAYOS**

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	±	U	TIPO DE ANÁLISIS	MÉTODO DE ANÁLISIS
(3) Cadmio (Cd) (P6)	mg/Kg	2,5166		0,5229	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Cadmio (Cd) (P12)	mg/Kg	2,8086		0,5836	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Cadmio (Cd) (P18)	mg/Kg	2,8362		0,5894	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Cromo Total (Cr) (P5)	mg/Kg	49,6469		7,7795	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Cromo Total (Cr) (P11)	mg/Kg	58,8782		9,2262	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Cromo Total (Cr) (P17)	mg/Kg	30,0865		4,7146	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Fósforo Total (P2)	mg/Kg	540,9175		124,6584	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Fósforo Total (P8)	mg/Kg	606,3739		140,2302	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Fósforo Total (P14)	mg/Kg	363,4683		83,7794	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(1) Nitrógeno total (P1)	mg/Kg	2214,934		****	FÍSICO-QUÍMICO	4500 N C
(1) Nitrógeno total (P7)	mg/Kg	1702,452		****	FÍSICO-QUÍMICO	4500 N C
(1) Nitrógeno total (P13)	mg/Kg	1485,633		****	FÍSICO-QUÍMICO	4500 N C
(3) Plomo (Pb) (P4)	mg/Kg	4,9695		0,7225	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Plomo (Pb) (P10)	mg/Kg	5,2352		0,7581	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Plomo (Pb) (P16)	mg/Kg	4,9032		0,7100	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Potasio (K) (P3)	mg/Kg	1704,7998		249,0698	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Potasio (K) (P9)	mg/Kg	1358,7761		198,5172	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33
(3) Potasio (K) (P15)	mg/Kg	1280,1581		187,0311	FÍSICO-QUÍMICO	PEE-QQM-FQ-33

DP.FI.SU.10 - REV: 02

Email: [aguas@deproinsa.com.ec](mailto:aguas@deproinsa.com.ec); [ejumbo@deproinsa.com.ec](mailto:ejumbo@deproinsa.com.ec)  
[www.deproinsa.com.ec](http://www.deproinsa.com.ec)

Página 1 de 2



## INFORME DE ENSAYO

SU018-2024

### NOMENCLATURA:

- (1) Pedimento No Incluido en Alcance de Acreditación del SAE.  
(2) Pedimento subcontratado acreditado por el laboratorio GRUPO QUÍMICO MARCOS C. LTDA., con acreditación N° SAE LEN 05-001

### CONVENCIONES:

- \*\*\* No específica  
- No establecida  
S.M.: Standard Methods  
EPA: Agencia de protección ambiental (EE.UU.)  
dU: Incertidumbre expandida del resultado con un factor de cobertura k=2, equivalente a un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Muestra ingresada por el cliente: T°= 25,6 °C.

### NOTAS:

- Las interpretaciones/conclusiones/información de límites permisibles están fuera del alcance de la acreditación del SAE.
- Si el cliente es quien prescribe la regla de decisión, esta debe ser comunicada indicando claramente su especificación o la norma y la regla de decisión (y sea calculo y/o algún condicional). La declaración de conformidad frente a una especificación o norma será aplicable solamente a las actividades definidas en el alcance acreditado. Cuando la regla de decisión sea aplicada por el laboratorio, la declaración de la conformidad considere que "CUMPLE" cuando el valor medido más el intervalo de la incertidumbre asociada (+dU), se encuentre dentro del límite permisible (límite inferior  $\leq X \leq$  límite superior), según lo establece la normativa o especificación, en caso contrario se declare la conformidad como "NO CUMPLE".
- Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecte a la validez de los resultados, es exclusiva responsabilidad de quien la emitió, y no representa responsabilidad para DEPROIN S.A. Los datos proporcionados por el cliente para la realización del informe, provienen del registro DWR.7.8.01. Nombre, ubicación y coordenadas de los puntos de toma de muestra son designados por el cliente, son registrados en la hoja de datos para muestra DP-REG.14 y registro de acuerdo con el cliente DWR.7.1.04.
- La información subyacente fue declarada por el cliente.

### DECLARACIÓN:

Los resultados del presente informe de ensayos se relacionan solamente con las muestras analizadas; prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de DEPROIN S.A.

### DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.

### MUESTREO / RECEPCIÓN DE MUESTRA



### AUTORIZACIÓN DEL INFORME:

Ing. Euder Jumbo H.  
GERENTE TÉCNICO

FIN DEL INFORME



## INFORME DE ENSAYO

SU019-2024

Razón Social - Empresa: JORGE LUIS CARRASCO POLANCO  
Solicitado por: Jorge Luis Carrasco Polanco  
Dirección: Santa Elena, El Tablazo

Orden de trabajo: SU019/2024  
Fecha de Recepción de Muestra: \*\*\*\*  
Fecha de Recepción de Muestra: 2024-09-23  
Fecha de ejecución de análisis: Del 2024-10-02 al 2024-10-10  
Fecha de emisión del Informe: 2024-10-10

Lugar en el que se realizan las actividades de laboratorio:  
Laboratorio de Aguas & Suelos de Deproin S.A.  
Av. Francisco de Orellana - Cal Dr Eleodoro Avarado Olea, Samanes 7 Mt. 2224 V.1  
Tel: (04) 5120366 / Cel: 0999900433 - 0962903495  
Guayaquil - Ecuador

Muestreado Por: CLIENTE  
Tipo de Muestreo: Simple  
Coordenadas Muestreo: \*\*\*\*  
UTM - WGS84  
Punto de Muestreo: P1-P3 (MUESTRA 12- MUESTRA 21)

Código de la Muestra: SU019/2024  
Tipo de Muestra: Suelo  
Condiciones Ambientales de Ensayo / Muestreo: Temperatura: \*\*\*\*  
Humedad relativa: \*\*\*\*

Declaración de Conformidad: No requerido por el cliente

RESULTADOS DE ENSAYOS						
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	±	U	TIPO DE ANÁLISIS	MÉTODO DE ANÁLISIS
(3) Fósforo Total (P1)	mg/Kg	617,8395		142,4120	FISICO-QUIMICO	PEE-QQM-FQ-33
(1) Nitrógeno total (P2)	mg/Kg	1876,471		****	FISICO-QUIMICO	4500 N C
(3) Potasio (K) (P3)	mg/Kg	4634,5753		675,6505	FISICO-QUIMICO	PEE-QQM-FQ-33

#### NOMENCLATURA:

- (1) Método No incluido en Alcance de Acreditación del SAE.  
(3) Método subcontratado acreditado por el laboratorio GRUPO QUÍMICO MARCOS C. LTDA., con acreditación N° SAE LEN 05-001

#### CONVENCIONES:

- \*\*\*\* No específica  
- No establecida  
S.M.: Standard Methods  
EPA: Agencia de protección ambiental (EE.UU.)  
±U: Incertidumbre expandida del resultado con un factor de cobertura  $k=2$ , equivalente a un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

#### NOTAS:

- Las interpretaciones/conclusiones/información de límites permisibles están fuera del alcance de la acreditación del SAE.
- Si el cliente es quien prescribe la regla de decisión, esta debe ser comunicada indicando claramente su especificación o la norma y la regla de decisión (ya sea cálculo y/o algún condicional). La declaración de conformidad frente a una especificación o norma será aplicable solamente a las actividades definidas en el alcance acreditación. Cuando la regla de decisión sea aplicada por el laboratorio, la declaración de la conformidad considere que "CUMPLE" cuando el valor medido más el intervalo de la incertidumbre asociada (±U), se encuentre dentro del límite permisible (límite inferior ±U y límite superior), según lo establezca la normativa o especificación, en caso contrario se declare la conformidad como "NO CUMPLE".
- Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecte a la validez de los resultados, es exclusiva responsabilidad de quien la emite, y no representa responsabilidad para DEPROIN S.A. Los datos proporcionados por el cliente para la realización del informe, provienen del registro DPR.7.8.01. Nombre, ubicación y coordenadas de los puntos de toma de muestra son designados por el cliente, son registrados en la hoja de datos para muestreo DP.RE.AQ.14 y registro de acuerdo con el cliente DPR.7.1.04.
- La información subrayada fue declarada por el cliente.

#### DECLARACIÓN:

Los resultados del presente Informe de ensayos se relacionan solamente con las muestras analizadas; prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de DEPROIN S.A.

#### DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.



INFORME DE ENSAYO

SU019-2024

MUESTREO / RECEPCIÓN DE MUESTRA



AUTORIZACIÓN DEL INFORME:

Ing. Euder Jumbo H.  
GERENTE TÉCNICO

FIN DEL INFORME



## INFORME DE ENSAYO

SU020-2024

Razón Social - Empresa: JORGE LUIS CARRASCO POLANCO  
Solicitado por: Jorge Luis Carrasco Polanco  
Dirección: Santa Elena, El Tablazo

Orden de trabajo: SU020/2024  
Fecha de Recepción de Muestra: \*\*\*\*  
Fecha de Recepción de Muestra: 2024-10-10  
Fecha de ejecución de análisis: Del 2024-10-10 al 2024-10-28  
Fecha de emisión del informe: 2024-10-28

Lugar en el que se realizan las actividades de laboratorio:  
Laboratorio de Aguas & Suelos de Deproin S.A.  
AV. Francisco de Orellana - Cal. Dr. Eleodoro Avarado Olea, Samanes 7 Mz. 2224 V.1  
Tel: (04) 5120366 / Cel: 0999900433 - 0962903495  
Guayaquil - Ecuador

Muestreado Por: CUENTE  
Tipo de Muestreo: Simple  
Coordenadas: \*\*\*\*  
UTM - WGS84  
Punto de Muestreo: P1-PS (MUESTRA 22- MUESTRA 30)

Código de la Muestra: SU020/2024  
Tipo de Muestra: Suelo  
Condiciones Ambientales de Ensayo / Muestreo: Temperatura: \*\*\*\*  
Humedad relativa: \*\*\*\*

Declaración de Conformidad: No requerido por el cliente

RESULTADOS DE ENSAYOS						
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	±	U	TIPO DE ANÁLISIS	MÉTODO DE ANÁLISIS
(3) Cadmio (Cd) (P3)	mg/Kg	3,1181		0,6479	FISICO-QUIMICO	PEE-QQMFPQ-33
(3) Cadmio (Cd) (P9)	mg/Kg	2,8947		0,6015	FISICO-QUIMICO	PEE-QQMFPQ-33
(3) Cromo Total (Cr) (P2)	mg/Kg	34,8320		5,4582	FISICO-QUIMICO	PEE-QQMFPQ-33
(3) Cromo Total (Cr) (P9)	mg/Kg	30,4444		4,7706	FISICO-QUIMICO	PEE-QQMFPQ-33
(3) Fósforo Total (P5)	mg/Kg	611,9816		141,0618	FISICO-QUIMICO	PEE-QQMFPQ-33
(1) Nitrógeno total (P4)	mg/Kg	2669,206		****	FISICO-QUIMICO	4500 N C
(3) Plomo (Pb) (P1)	mg/Kg	4,9695		0,7225	FISICO-QUIMICO	PEE-QQMFPQ-33
(3) Plomo (Pb) (P7)	mg/Kg	2,8242		0,4089	FISICO-QUIMICO	PEE-QQMFPQ-33
(3) Potasio (K) (P6)	mg/Kg	127,9566		18,6945	FISICO-QUIMICO	PEE-QQMFPQ-33

### NOMENCLATURA:

- (1) Píedmetro No Incluido en Alcance de Acreditación del SAE.  
(3) Píedmetro subcontratado acreditado por el laboratorio GRUPO QUÍMICO MARCOS C. LTDA., con acreditación Nº SAE LEN 05-001

### CONVENCIONES:

\*\*\*\* No específica

- No establecida

S.M.: Standard Methods

EPA: Agencia de protección ambiental (EE.UU.)

±U: Incertidumbre expandida del resultado con un factor de cobertura k=2, equivalente a un nivel de confianza de aproximadamente 95%.



## INFORME DE ENSAYO

SU020-2024

### NOTAS:

1. Las interpretaciones/conclusiones/información de límites permisibles están fuera del alcance de la acreditación del SAE.
2. Si el cliente es quien prescribe la regla de decisión, esta debe ser comunicada indicando claramente su especificación o la norma y la regla de decisión (ya sea cálculo y/o algún condicional). La declaración de conformidad frente a una especificación o norma será aplicable solamente a las actividades definidas en el alcance acreditación. Cuando la regla de decisión sea aplicada por el laboratorio, la declaración de la conformidad considere que "CUMPLE" cuando el valor medido más el intervalo de la incertidumbre asociada ( $\pm U$ ), se encuentre dentro del límite permisible (límite inferior  $\pm X$  y límite superior), según lo establece la normativa o especificación, en caso contrario se declare la conformidad como "NO CUMPLE".
3. Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecte a la validez de los resultados, es exclusiva responsabilidad de quien la emite, y no representa responsabilidad para DEPROIN S.A. Los datos proporcionados por el cliente para la realización del informe, provienen del registro DPR.7.8.01. Nombres, ubicación y coordenadas de los puntos de toma de muestra son designados por el cliente, son registrados en la hoja de datos para muestra DP-RE-AG.14 y registro de acuerdo con el cliente DPR.7.1.04.
4. La información subyacente fue declarada por el cliente.

### DECLARACIÓN:

Los resultados del presente informe de ensayos se relacionan solamente con las muestras analizadas; prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de DEPROIN S.A.

### DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.

**Anexo 3. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL  
RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN  
PARA SUELOS CONTAMINADOS (TULSMA, 2024).**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades (Concentración en peso seco de suelo)</b>	<b>Valor</b>
<b>Parámetros Generales</b>		
Conductividad	Mmhos/cm	2
pH	mg kg-1	6 a 8
Relación de Absorción de Sodio (Índice SAR)	mg kg-1	4
<b>Parámetros Inorgánicos</b>		
Arsénico (inorgánico)	mg kg-1	5
Azufre (elemental)	mg kg-1	250
Bario	mg kg-1	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg kg-1	1
Cadmio	mg kg-1	0.5

Cobalto	mg kg <sup>-1</sup>	10
Cobre	mg kg <sup>-1</sup>	30
Cromo Total	mg kg <sup>-1</sup>	20
Cromo VI	mg kg <sup>-1</sup>	2.5
Cianuro (libre)	mg kg <sup>-1</sup>	0.25
Estaño	mg kg <sup>-1</sup>	5
Flúor (Total)	mg kg <sup>-1</sup>	200
Mercurio	mg kg <sup>-1</sup>	0.1
Molibdeno	mg kg <sup>-1</sup>	2
Níquel	mg kg <sup>-1</sup>	20
Plomo	mg kg <sup>-1</sup>	25
Selenio	mg kg <sup>-1</sup>	1
Vanadio	mg kg <sup>-1</sup>	25
Zinc	mg kg <sup>-1</sup>	60
<b>Parámetros Orgánicos</b>		
Benceno	mg kg <sup>-1</sup>	0.05
Clorobenceno	mg kg <sup>-1</sup>	0.1
Etilbenceno	mg kg <sup>-1</sup>	0.1



Estireno	mg kg-1	0.1
Tolueno	mg kg-1	0.1
Xileno	mg kg-1	0.1
PCBs	mg kg-1	0.1
Clorinados Alifaticos (cada tipo)	mg kg-1	0.1
Clorobencenos (cada tipo)	mg kg-1	0.05
Hexaclorobenceno	mg kg-1	0.01
Fenólicos no clorinados (cada tipo)	mg kg-1	0.1
Clorofenoles (cada tipo)	mg kg-1	0.05
Hidrocarburos totales	mg kg-1	0.5
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo	mg kg-1	0.1
Contenido de materia orgánica en el suelo	mg kg-1	-
Nitrógeno total	mg kg-1	-

Bacterias aerobias	mg kg-1	-
Detergentes	-	-

#### Anexo 4. Valores de referencia en suelos (Mula, 2024).

PARÁMETRO ANALIZADO	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
Materia orgánica	%	1,5-2,5
Nitrógeno total	%	0,1-0,2
Relación C/N	-	8,5-11,5
Humedad suelo seco	%	-
Carbonato cálcico	%	10,0-25,0
Potasio asimilable	mg/kg	150-300
Fósforo Olsen	mg/kg	35-70
Fósforo Burriel	mg/kg	43,6-109
CATIONES DE CAMBIO		
Calcio cambiable	meq/100 g	9-10,5
Magnesio cambiable	meq/100 g	1,5-2,5
Sodio cambiable	meq/100 g	0,40-1,3
Potasio cambiable	meq/100 g	0,5-1,2
Relación Ca/mg cambiables	-	4,0-6,0
Relación K/Mg cambiables	-	0,3-0,8
EXTRACTO SATURADO		
pH	unidad pH	6,5-7,5
Conductividad (25 °C)	mS/cm	0,0-4,0
S.A.R.	-	1,0-5,0
Porcentaje de saturación	%	30,0-45,0
Humedad pasta saturada	%	30,0-45,0
Cloruros	meq/L	5,0-18,0
Nitratos	meq/L	2,0-8,0
Ortofosfatos	meq/L	-
Sulfatos	meq/L	5,0-35,0
Bicarbonatos	meq/L	0,10-2,5
Calcio	meq/L	11,0-25,0
Magnesio	meq/L	6,0-14,0
Sodio	meq/L	4,0-17,0
Potasio	meq/L	1,0-5,0
Boro	mg/L	0,5-2,0
Relación Ca/Mg	-	1,50-3,0
Relación K/Ca	0,09	0,15-0,25
Relación K/Mg	0,10	0,3-0,8

**Anexo 5. MONITOREOS REALIZADOS EN EL  
MANGLAR DE MANGLARALTO.**

Número de monitoreo	Número de muestra	Fecha de colección	Estación	Tipo de Estudio	
				Metales pesados	Nutrientes
1	1	17-08-2024	1		N
	2		2		P
	3		3		K
2	4	24-08-2024	1	Pb	
	5		2	Cr	
	6		3	Cd	
3	7	31-08-2024	4		N
	8		5		P
	9		1		K
4	10	07-09-2024	4	Pb	
	11		5	Cr	
	12		1	Cd	
5	13		2		N

	14	14-09- 2024	3		P
	15		4		K
<b>6</b>	16	21-09- 2024	2	Pb	
	17		3	Cr	
	18		4	Cd	
<b>7</b>	19	28-09- 2024	5		N
	20		1		P
	21		2		K
<b>8</b>	22	05-10- 2024	5	Pb	
	23		1	Cr	
	24		2	Cd	
<b>9</b>	25	13 -10- 2024	3		N
	26		4		P
	27		5		K
<b>10</b>	28	19-10- 2024	3	Pb	
	29		4	Cr	
	30		5	Cd	

**Tabla 12:** Monitoreos y colecta de muestras.