



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE
DOS ESPECIES VEGETALES BUCHÓN DE AGUA (*Limnocharis
Flava*) Y MUÑEQUITA DE AGUA (*Hydrocotyle Bonariensis*) EN
AGUAS CONTAMINADAS CON PLOMO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: ELIANA LILIBETH CHERCUELON GUALAN

TUTOR: ING. LUIS MIGUEL SANTILLAN QUIROGA MSC.

Orellana – Ecuador

2017

©2017, Eliana Lilibeth Chercuelon Gualan

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: “DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE DOS ESPECIES VEGETALES BUCHÓN DE AGUA (*Limnocharis Flava*) Y MUÑEQUITA DE AGUA (*Hydrocotyle Bonariensis*) EN AGUAS CONTAMINADAS CON PLOMO”, de responsabilidad de la egresada: Eliana Lilibeth Chercuelon Gualan, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

ING. LUIS MIGUEL
SANTILLÁN QUIROGA.
**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

DRA. CUMANDA CARRERA
BELTRÁN.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Eliana Lilibeth Chercuelon Gualan, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 04 de Diciembre del 2017

Eliana Lilibeth Chercuelon Gualan

Yo, Eliana Lilibeth Chercuelon Gualan, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Eliana Lilibeth Chercuelon Gualan

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen del Cisne por darme la fuerza y la sabiduría necesaria para alcanzar unas de mis metas.

A mi querida madre AMPARITO quien me ha demostrado que con esfuerzo y dedicación se puede lograr todo lo que uno se propone, por apoyarme en todo momento, por su amor incondicional, sus consejos que me han motivado cada día para no desmayar en el transcurso de mi vida, y hoy puedo decir lo logramos juntas.

A mi hija TATTY, por darme su amor incondicional, por ser mi inspiración para salir adelante, por sus ocurrencias a diario que alegran mis días y a mi abuelito por ser un roble, que día a día sigue luchando.

A Tito Silva Calderón y a mi Magalita que sin su apoyo no hubiera terminado esta meta tan importante de mi vida, millón gracias toda la vida les viviré agradecida por su incondicional amor, y a mi familia por ser parte esencial de mi vida.

Eliana

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darme la vida y guiarme en los momentos más arduos de mi vida.

A mi madre y mi familia por enseñarme que no existen dificultades grandes si uno va de la mano de Dios.

A mis amigos y a mi amor perfecto por darme sus palabras de aliento cada día.

Y a cada uno de ellos que me brindaron su ayuda sin nada a cambio, gracias totales.

Eliana

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xx
SUMMARY	xxi

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Situación problemática.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. <i>Objetivo General:</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos Específicos:</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Metales Pesados	4
2.1.1. <i>El Plomo</i>	5
2.1.2. <i>Características</i>	5
2.1.3. <i>Toxicidad del plomo</i>	5
2.1.4. <i>Métodos para descontaminar plomo</i>	6
2.1.5. <i>Fuentes de exposición al plomo</i>	6
2.1.6. <i>El plomo en las plantas</i>	6
2.2. Humedales Artificiales	7
2.2.1. <i>Principios de funcionamiento</i>	7
2.2.2. <i>Generalidades del diseño de humedales artificiales</i>	8
2.2.3. <i>Tipos de humedales</i>	9

2.2.4.	<i>Plantas acuáticas</i>	11
2.2.5.	<i>Características químicas</i>	13
2.3.	Método estadístico	14
2.3.1.	<i>Prueba de Chi cuadrada (X^2)</i>	14

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	16
3.1.	Tipo y diseño de la investigación	16
3.1.1.	<i>Diseño de investigación experimental</i>	16
3.1.2.	<i>Unidad de análisis</i>	17
3.1.3.	<i>Población de estudio</i>	17
3.1.4.	<i>Tamaño de la muestra</i>	17
3.1.5.	<i>Técnica de recolección de datos</i>	18
3.2.	Parte experimental	18
3.2.1.	<i>Lugar de desarrollo de la investigación</i>	18
3.2.2.	<i>Periodo experimental</i>	22
3.2.3.	<i>Especie vegetal sujeta a investigación</i>	22
3.2.4.	<i>Diseño y construcción del invernadero</i>	24
3.2.5.	<i>Preparación de los medios físicos</i>	28
3.2.6.	<i>Siembra y adaptación de la especie vegetal a los recipientes</i>	29
3.2.7.	<i>Preparación del medio líquido</i>	30
3.2.8.	<i>Aireación</i>	34
3.2.9.	<i>Cambios aparentes en la planta</i>	34
3.2.10.	<i>Variables de registro del lugar</i>	35

3.2.11.	<i>Seguimiento de las unidades experimentales</i>	36
3.2.12.	<i>Métodos analíticos de laboratorio para la caracterización del agua</i>	38
3.2.13.	<i>Cuantificación de Plomo (II)</i>	41
3.2.14.	<i>Determinación de la eficacia</i>	45
3.2.15.	<i>Relaciones de concentración del metal en la planta</i>	46

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1.	Resultados de las muestras de agua.	48
4.1.1.	<i>Resultados de la muestra inicial de agua contaminada con plomo.</i>	48
4.1.2.	<i>Resultados de la muestra de agua, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal buchón de agua a 10 ppm.</i>	49
4.1.3.	<i>Resultados de la muestra de agua, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal buchón de agua a 20 ppm.</i>	50
4.1.4.	<i>Resultados de la muestra de agua, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal buchón de agua a 30 ppm.</i>	51
4.1.5.	<i>Resultados de la muestra de agua, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal muñequita de agua a 10 ppm.</i>	51
4.1.6.	<i>Resultados de la muestra de agua, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal muñequita de agua a 20 ppm.</i>	52
4.1.7.	<i>Resultados de la muestra de agua, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal muñequita de agua a 30 ppm.</i>	53
4.2.	Resultados de las muestras de la planta Muñequita de agua (<i>Hydrocotyle Bonarienses</i>)	53
4.2.1.	<i>Resultados del tejido vegetal muñequita de agua, después de 60 días de tratamiento a 10 ppm.</i>	53
4.2.2.	<i>Resultados del tejido vegetal muñequita de agua, después de 60 días de tratamiento a 20 ppm.</i>	54

4.2.3.	<i>Resultados del tejido vegetal muñequita de agua, después de 60 días de tratamiento a 30 ppm.</i>	55
4.3.	Resultados de las muestras del tejido vegetal Buchón de agua (<i>Limnocharis Flava</i>)	56
4.3.1.	<i>Resultados del tejido vegetal Buchón de agua, después de 60 días de tratamiento a 10 ppm.</i>	56
4.3.2.	<i>Resultados del tejido vegetal Buchón de agua, después de 60 días de tratamiento a 20 ppm.</i>	57
4.3.3.	<i>Resultados del tejido vegetal Buchón de agua, después de 60 días de tratamiento a 30 ppm.</i>	57
4.4.	Resultados de las muestras de suelo.	58
4.4.1.	<i>Resultados de la muestra inicial de suelo.</i>	58
4.4.2.	<i>Resultados de la muestra de suelo, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal buchón de agua a 10 ppm.</i>	59
4.4.3.	<i>Resultados de la muestra de suelo, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal buchón de agua a 20 ppm.</i>	59
4.4.4.	<i>Resultados de la muestra de suelo, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal buchón de agua a 30 ppm.</i>	59
4.4.5.	<i>Resultados de la muestra de suelo, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal Muñequita de agua a 10 ppm.</i>	60
4.4.6.	<i>Resultados de la muestra de suelo, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal Muñequita de agua a 20 ppm.</i>	60
4.4.7.	<i>Resultados de la muestra de suelo, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal Muñequita de agua a 30 ppm.</i>	60
4.5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
4.6.	Absorción de plomo en el agua.	61
4.6.1.	<i>Comparación de absorción de plomo de la especie vegetal buchón de agua a 10, 20, 30 ppm.</i>	61
4.6.2.	<i>Comparación de absorción de plomo de la especie vegetal muñequita de agua a 10, 20, 30 ppm.</i>	62

4.6.3.	<i>Comparación de absorción de plomo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua a 10 ppm.</i>	63
4.6.4.	<i>Comparación de absorción de plomo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua a 20 ppm.</i>	64
4.6.5.	<i>Comparación de absorción de plomo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua a 30 ppm.</i>	65
4.7.	Variación del pH en el agua de 10, 20 y 30 ppm con la especie vegetal buchón de agua.	66
4.8.	Variación del pH en el agua de 10, 20 y 30 ppm con la especie vegetal muñequita de agua.	67
4.9.	Control de la temperatura ambiente en los humedales con las especies vegetales Buchón de agua y muñequita de agua de 10, 20 y 30 ppm.	68
4.10.	Comparación de absorción de Pb por el tejido vegetal muñequita y buchón de agua a 10, 20 y 30 ppm.	69
4.11.	Comparación de plomo en el suelo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua.	76
4.11.1.	<i>Comparación de plomo en el suelo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua a 10 ppm.</i>	76
4.11.2.	<i>Comparación de plomo en el suelo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua a 20 ppm.</i>	78
4.11.3.	<i>Comparación de plomo en el suelo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua a 30 ppm.</i>	79
4.12.	Acumulación de Pb en los tratamientos.	80
4.12.1.	<i>Acumulación de Pb en el tratamiento de Muñequita de agua a 10 ppm.</i>	80
4.12.2.	<i>Acumulación de Pb en el tratamiento de Muñequita de agua a 20 ppm.</i>	81
4.12.3.	<i>Acumulación de Pb en el tratamiento de Muñequita de agua a 30 ppm.</i>	82
4.12.4.	<i>Acumulación de Pb en el tratamiento de Buchón de agua a 10 ppm.</i>	83
4.12.5.	<i>Acumulación de Pb en el tratamiento de Buchón de agua a 20 ppm.</i>	84
4.12.6.	<i>Acumulación de Pb en el tratamiento de Buchón de agua a 30 ppm.</i>	85
4.13.	Análisis estadísticos.	86
	CONCLUSIONES	90

RECOMENDACIONES..... 91

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Procesos que contribuyen a la depuración de las aguas residuales.	8
Tabla 2-2:	Características de la muestra Muñequita de agua (<i>Hydrocotyle bonariensis</i>).	17
Tabla 1-3:	Características de la muestra Buchón de agua (<i>Limnocharis Flava</i>).	18
Tabla 2-3:	Coordenadas Laboratorio LABSU.	19
Tabla 3-3:	Características iniciales de las especies vegetales.	20
Tabla 4-3:	Coordenadas de recolección de plantas.	21
Tabla 5-3:	Peso atómico de Nitrato de plomo.	31
Tabla 6-3:	Códigos de los recipientes.	36
Tabla 7-3:	Parámetros instrumentales.	42
Tabla 8-3:	Preparación de estándares de plomo.	43
Tabla 1-4:	Análisis inicial de las muestras de agua contaminadas con Pb.	48
Tabla 2-4:	Análisis inicial y finales de las muestras de agua contaminadas con Pb.	49
Tabla 3-4:	Resultados finales de Buchón de agua a 10 ppm.	50
Tabla 4-4:	Resultados finales de Buchón de agua a 20 ppm.	50
Tabla 5-4:	Resultados finales de Buchón de agua a 30 ppm.	51
Tabla 6-4:	Resultados finales de Muñequita de agua a 10 ppm.	52
Tabla 7-4:	Resultados finales de Muñequita de agua a 20 ppm.	52
Tabla 8-4:	Resultados finales de Muñequita de agua a 30 ppm.	53
Tabla 9-4:	Resultados finales del tallo de Muñequita de agua a 10 ppm.	54
Tabla 10-4:	Resultados finales de la raíz de Muñequita de agua a 10 ppm.	54
Tabla 11-4:	Resultados finales del tallo de Muñequita de agua a 20 ppm.	54
Tabla 12-4:	Resultados finales de la raíz de Muñequita de agua a 20 ppm.	55
Tabla 13-4:	Resultados finales del tallo de Muñequita de agua a 30 ppm.	55
Tabla 14-4:	Resultados finales de la raíz de Muñequita de agua a 30 ppm.	55
Tabla 15-4:	Resultados finales del tallo de Buchón a 10 ppm.	56
Tabla 16-4:	Resultados finales de la raíz de Buchón a 10 ppm.	56
Tabla 17-4:	Resultados finales del tallo de Buchón a 20 ppm.	57
Tabla 18-4:	Resultados finales de la raíz de Buchón de agua a 20 ppm.	57
Tabla 19-4:	Resultados finales del tallo de Buchón de agua a 30 ppm.	58
Tabla 20-4:	Resultados finales de la raíz de Buchón de agua a 30 ppm.	58
Tabla 21-4:	Análisis inicial de la muestra blanco del suelo.	58
Tabla 22-4:	Resultados finales del suelo con Buchón de agua a 10 ppm.	59
Tabla 23-4:	Resultados finales del suelo con Buchón de agua a 20 ppm.	59

Tabla 24-4:	Resultados finales del suelo con Buchón de agua a 30 ppm.	59
Tabla 25-4:	Resultados finales del suelo con Muñequita de agua a 10 ppm.	60
Tabla 26-4:	Resultados finales del suelo con Muñequita de agua a 20 ppm.	60
Tabla 27-4:	Resultados finales del suelo con Muñequita de agua a 30 ppm.	60
Tabla 28-4:	Comparación de absorción de plomo de buchón de agua a 10, 20, 30 ppm.....	61
Tabla 29-4:	Comparación de absorción de plomo de muñequita de agua a 10, 20, 30 ppm..	62
Tabla 30-4:	Comparación de absorción de plomo entre buchón de agua y muñequita de agua a 10 ppm.....	63
Tabla 31-4:	Comparación de absorción de plomo entre buchón de agua y muñequita de agua a 20 ppm.....	64
Tabla 32-4:	Comparación de absorción de plomo entre buchón de agua y muñequita de agua a 30 ppm.....	65
Tabla 33-4:	Variación del pH en el agua de 10, 20 y 30 ppm con Buchón de agua.	66
Tabla 34-4:	Variación del pH en el agua de 10, 20 y 30 ppm con la especie vegetal muñequita de agua	67
Tabla 35-4:	Registro de temperatura ambiente.	69
Tabla 36-4:	Resultados finales del tallo de muñequita a 10, 20, 30 ppm.....	70
Tabla 37-4:	Resultados del tallo de buchón de agua de 10,20 y 30 ppm.....	72
Tabla 38-4:	Resultados de la raíz de muñequita de agua de 10,20 y 30 ppm	73
Tabla 39-4:	Comparación de absorción de Pb por la raíz de muñequita de agua a 10, 20 y 30 ppm.	74
Tabla 40-4:	Resultados de la raíz de buchón de agua de 10,20, 30 ppm.	75
Tabla 41-4:	Comparación de Pb del suelo de Buchón y Muñequita a 10 ppm.	77
Tabla 42-4:	Comparación de Pb del suelo de Buchón y Muñequita a 20 ppm.	78
Tabla 43-4:	Comparación de Pb del suelo de Buchón y Muñequita a 30 ppm.	79
Tabla 44-4:	Variables de estudio que intervienen en el humedal.....	80
Tabla 45-4:	Variables del humedal de muñequita de agua a 10 ppm.	80
Tabla 46-4:	Variables del humedal de muñequita de agua a 20 ppm	81
Tabla 47-4:	Variables del humedal de muñequita de agua a 30 ppm.	82
Tabla 48-4:	Variables del humedal de buchón de agua a 10 ppm.....	83
Tabla 49-4:	Variables del humedal de buchón de agua a 20 ppm.....	84
Tabla 50-4:	Variables del humedal de buchón de agua a 30 ppm.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Humedal de flujo subsuperficial	10
Figura 1-3:	Ubicación Laboratorio LABSU.	19
Figura 2-3:	Ubicación de recolección de plantas.....	21
Figura 3-3:	Ubicación de recolección de datos.....	22
Figura 4-3:	Invernadero con los tratamientos	24
Figura 5-3:	Colocación de vigas.	25
Figura 6-3:	Colocación de plástico.	25
Figura 7-3:	Humedales artificiales con <i>Limnocharis F.</i> y <i>Hydrocotyle B.</i>	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Absorción de plomo por Buchón de agua a 10,20 y 30 ppm.....	61
Gráfico 2-4:	Absorción de plomo por Muñequita de agua a 10,20 y 30 ppm.....	62
Gráfico 3-4:	Comparación de absorción de Pb en el agua a 10 ppm.	64
Gráfico 4-4:	Comparación de absorción de Pb en el agua a 20 ppm.	65
Gráfico 5-4:	Comparación de absorción de Pb en el agua a 30 ppm.	66
Gráfico 6-4:	Variación del pH en el agua de 10, 20 y 30 ppm con la especie vegetal buchón de agua.	67
Gráfico 7-4:	Variación del pH en el agua de 10, 20 y 30 ppm con la especie vegetal muñequita de agua.	68
Gráfico 8-4:	Comparación de absorción de Pb por el tallo de muñequita de agua a 10, 20 y 30 ppm.....	71
Gráfico 9-4:	Comparación de absorción de Pb por el tallo de buchón de agua a 10, 20 y 30 ppm.	73
Gráfico 10-4:	Comparación de absorción de Pb por la raíz de muñequita de agua a 10, 20 y 30 ppm.....	74
Gráfico 11-4:	Comparación de absorción de Pb por la raíz de buchón de agua a 10, 20 y 30 ppm.	76
Gráfico 12-4:	Plomo residual en el suelo de 10 ppm.	77
Gráfico 13-4:	Plomo residual en el suelo de 20 ppm.	78
Gráfico 14-4:	Plomo residual en el suelo de 30 ppm.	79
Gráfico 15-4:	Variables del humedal de <i>Hydrocotyle Bonarienses</i> a 10 ppm.....	81
Gráfico 16-4:	Variables del humedal de <i>Hydrocotyle Bonarienses</i> a 20 ppm.....	82
Gráfico 17-4:	Variables del humedal de <i>Hydrocotyle Bonarienses</i> a 30 ppm.	83
Gráfico 18-4:	Variables del humedal de <i>Limnocharis Flava</i> a 10 ppm.	84
Gráfico 19-4:	Variables del humedal de <i>Limnocharis Flava</i> a 20 ppm.	85
Gráfico 20-4:	Variables del humedal de <i>Limnocharis Flava</i> a 30 ppm.	86
Gráfico 21-4:	Análisis estadístico Buchón de agua.	87
Gráfico 22-4:	Análisis estadístico Muñequita de agua.	88

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1-2:	Planta Limnocharis Flava	12
Fotografía 2-2:	Hydrocotyle Bonariensis.	13
Fotografía 1-3:	Recolección de las especies vegetales.	20
Fotografía 2-3:	Buchón de agua (Limnocharis Flava).....	23
Fotografía 3-3:	Muñequita de agua (Hydrocotyle Bonarienses).	23
Fotografía 4-3:	Perforación del recipiente con el cautín.....	27
Fotografía 5-3:	Adaptación de la llave plástica.	27
Fotografía 6-3:	Colocación de la rosca y pegamento.	28
Fotografía 7-3:	Colocación de suelo en los recipientes.	28
Fotografía 8-3:	Siembra de la especie vegetal Limnocharis flava.....	30
Fotografía 9-3:	Adaptación de Limnocharis e Hydrocotyle a 10 ppm de Pb.	30
Fotografía 10-3:	Peso de Nitrato de plomo.....	33
Fotografía 11-3:	Etiquetado del recipiente con Limnocharis Flava a 30 ppm.....	38
Fotografía 12-3:	Medición de Ph de R1 -20- BA	39
Fotografía 13-3:	Medición de CE de R3-30-BA	41

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A: Recolección de las especies vegetales.
- Anexo B: Hoja de registro de temperatura ambiente.
- Anexo C: Siembra de la especie vegetal muñequita de agua.
- Anexo D: Toma de muestra de agua.
- Anexo E: Componentes del humedal.
- Anexo F: Adecuación de los humedales.
- Anexo G: Siembra de las especies vegetales *Limnocharis Flava*.
- Anexo H: Cubierta plástica.
- Anexo I: Sistema de *Limnocharis* y *Hydrocotyle*.
- Anexo J: Seguimiento a las unidades experimentales.
- Anexo K: Análisis de agua iniciales de 10 ppm.
- Anexo L: Análisis inicial de 20 ppm.
- Anexo M: Análisis inicial de 30 ppm.
- Anexo N: Análisis inicial de suelo.
- Anexo O: Análisis final de agua con la especie vegetal Buchón de agua R1-20-BA, R2-20-BA, R3-20-BA
- Anexo P: Análisis final del tejido vegetal del tallo y raíz de buchón de agua a 20 ppm.
- Anexo Q: Análisis final del tejido vegetal del tallo y raíz de buchón de agua a 30 ppm.
- Anexo R: Análisis final de agua con la especie vegetal muñequita de agua R1-10-MA, R2-10-MA, R3-10-MA.
- Anexo S: Análisis final de agua con la especie vegetal muñequita de agua R1-20-MA, R2-20-MA, R3-20-MA.
- Anexo T: Análisis final de agua con la especie vegetal muñequita de agua R1-30-MA, R2-30-MA, R3-30-MA.
- Anexo U: Florecimiento de la especie *Limnocharis Flava* en el humedal R1-BA-20.
- Anexo V: Florecimiento de la especie *Hydrocotyle Bonarienses* en los humedales R1-MA-10, 20 y 30
- Anexo W: Recolección de las muestras de plantas *Hydrocotyle Bonarienses*.
- Anexo X: Recolección de la muestra *Limnocharis Flava*.
- Anexo Y: Recolección de las muestras de suelo.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la capacidad de absorción de dos especies vegetales Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) y Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonariensis*) en aguas contaminadas con plomo, se contaminó 10 L de agua destilada con 0,16; 0,32 y 0,48g de Pb (NO₃)₂ para llegar a 10, 20, y 30 ppm de concentración y evaluar la capacidad de absorción. Se colocó el agua directamente en los recipientes. Se realizó un análisis al inicio y transcurrido 60 días un análisis final de agua, suelo y planta, se determinó Pb. Los datos se tabularon con el método de Chi-cuadrado. Los resultados de las concentraciones iniciales de Pb en las muestras de agua contaminada fueron de R-10-BA; MA (9,92); R-20-BA; MA (19,97) y R-30-BA; MA (29,90 ppm). Las concentraciones finales de Pb en el humedal con la especie vegetal Buchón de agua fueron de 1,3 ppm, 2,96 ppm, 6,78 ppm respectivamente y en el humedal tratado con muñequita de agua cuya concentración final fue de 0,4 ppm, 1,19 ppm y 3,38 ppm. Las concentraciones finales de plomo con el tratamiento de la especie vegetal buchón de agua (*Limnocharis Flava*) R-10-BA dió una absorción de 86%, seguido del tratamiento de R-20-BA dió una absorción de 85% y de R-30-BA dió una absorción de 77%; para Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonariensis*) R-10-MA logró una absorción de 96%, seguido del tratamiento R-20-MA con una absorción de 94% y R-30-MA dio una absorción de 89%, por lo tanto esta última presenta una mayor absorción, por lo que se concluye que es la especie apropiada para el tratamiento de aguas contaminadas con Pb. Se recomienda en la fase de adaptación exponer las plantas a radiación solar para que no se marchiten y limpiar el sistema cada semana para evitar que crezcan especies invasoras.

PALABRAS CLAVES: <BIOTECNOLOGÍA>, <FITORREMEDIACIÓN>, <BUCHÓN DE AGUA (*Limnocharis Flava*)>, <MUÑEQUITA DE AGUA (*Hydrocotyle Bonariensis*)>, <ANÁLISIS QUÍMICOS>, <CAPACIDAD DE ABSORCIÓN>, <PLOMO (Pb)>.

SUMMARY

The objective of the research work was to determine the absorption capacity of two plant species: “buchón de agua” (*Limnocharis Flava*) and “Muñequita de agua” (*Hydrocotyle Bonariensis*) in contaminated water with lead. It contaminated 10 L of distilled water with 0, 16; 0, 32; 0, 48 of Pb (NO₃)₂ to reach 10, 20 and 30 ppm of concentration and evaluated the absorption capacity, then the water was added directly in the containers. After that, it made a final analysis of water, soil, and plant at the beginning and after 60 days, determining the Pb, whose data were tabulated with the Chi-square method. The results of the initial concentrations of Pb in the samples of contaminated water were: R-10-BA; MA (9,92); R-20-BA; MA (19,97); R-30-BA; MA (29,90). The final concentrations of Pb in the wetland with the plant “buchón de agua” were the following: 1,3 ppm, 2,96 ppm, 6,78 ppm respectively and in the wetland treated with “muñequita de agua”, whose final concentration was 0,4 ppm, 1,19 ppm and 3,38 ppm. The final concentration of lead with the treatment of the plant species “buchón de agua” (*Limnocharis Flava*) R-10-BA showed absorption of 86%, followed by the treatment R-20-BA with absorption of 85% and R-30-BA gave absorption of 77% while “Muñequita de agua” (*Hydrocotyle Bonariensis*) R-10-MA reached absorption of 96% , followed by the treatment R-20-MA with absorption of 94% and R-30-MA presented absorption of 89%; therefore the latter presents a greater absorption, that is why, it is concluded that it is the appropriate species for the treatment of contaminated water with Pb. Finally, it is recommended in the adaptation phase to expose the plants to solar radiation so that, they do not wilt and clean the system every week to prevent the growth of invasive species.

KEYWORDS: BIOTECHNOLOGY, PHYTOREMEDIATION, BUCHÓN DE AGUA (*Limnocharis Flava*), MUÑEQUITA DE AGUA (*Hydrocotyle Bonariensis*), CHEMICAL ANALYSIS, ABSORTION CAPACITY, LEAD (Pb)

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación problemática

En las últimas décadas la preocupación por los problemas de contaminación ambiental se ha ido incrementando en todos los ámbitos productivos e industriales. Todas las actividades que sustentan el desarrollo económico de la sociedad, desde las actividades industriales a las explotaciones mineras pasando por la agricultura y con ello el vertido de residuos, ocasiona que se libera elementos no deseados que modifican las propiedades físicas, químicas o biológicas naturales del agua.

El Plomo es un mineral que existe naturalmente en la corteza terrestre, tiene la capacidad de formar sales, óxidos y compuestos organometálicos, es tóxico para la mayoría de organismos vivos por sus efectos sobre el sistema nervioso, se acumula en el organismo hasta que alcanza niveles tóxicos y produce sus efectos. El hombre lo ha empleado desde la antigüedad, esto provocó su esparcimiento al medio ambiente de muchas formas.

El plomo llega al agua desde la superficie o sedimentos que se encuentran dispersos en el ambiente, el agua residual de industrias que manejan plomo (principalmente las industrias de hierro, acero y las que manufacturan plomo), agua de escorrentía en centros urbanos, aguas de la industria petrolera cuya composición depende de la estratología local, que puede incluir metales pesados, substancias radioactivas u otros elementos contaminantes.

Varias de las prácticas operacionales de la industria petrolera utilizan grandes cantidades de agua, la misma que es tomada libremente de los ríos y esteros aledaños. El agua cercana a una operación petrolera recibe distintos tipos de contaminantes: riosos de perforación, lodos de perforación, aguas de formación, lluvias ácidas contaminadas por la quema de gas. La

normativa para las aguas provenientes de las petroleras (RAOHE Tabla 4a.) señala como límites permisibles de descarga de efluentes que contienen plomo debe ser $<0,5$ mg/l.

1.2. Justificación.

El problema nacional, mundial de contaminación y afectación al ambiente radica en que existen una gran variedad de actividades humanas que emplean elementos que incluyen metales pesados, lo cual produce una gran contaminación al ambiente.

Al existir estos problemas hacia el medio ambiente y afectaciones al ser humano se ve la necesidad de realizar esta investigación, con el propósito de reducir la concentración de metales pesados presentes principalmente en el agua y el suelo. Combinando varias tecnologías como la fitorremediación se puede mejorar la eficiencia de tratamientos y reducir los problemas ambientales.

De estudios anteriores consultados se extrae que algunos sistemas de humedales han logrado proporcionar un tratamiento integral, en el cual no solo se remueven eficientemente materiales orgánicos y sólidos suspendidos, sino, también se ha logrado reducir nutrientes, sales disueltas, metales pesados y organismos patógenos. Combinando diferentes tecnologías como la utilización de humedales y fitorremediación, se ha logrado mejorar la eficiencia de tratamientos y reducir los niveles de Pb.

Esta investigación tiene como finalidad aplicar un método experimental para reducir el plomo en aguas contaminadas con metales pesados empleando las especies vegetales Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) y Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonariensis*).

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General:

- Determinar la capacidad de absorción de dos especies vegetales Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) y Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonariensis*) en aguas contaminadas con plomo.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Conocer las concentraciones iniciales de Pb en las muestras de agua contaminada.
- Determinar la concentración de Pb después del tratamiento propuesto usando las dos especies vegetales como humedales artificiales Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) y Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonariensis*).
- Comparar la concentración final obtenida de los tratamientos con las especies vegetales en la reducción de plomo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Metales Pesados

Los metales pesados han sido catalogados como contaminantes de los más peligrosos en ecosistemas acuáticos debido a su presencia y elevada toxicidad. Los de mayor importancia toxicológica son: Hg, As, Cr, Zn, Pb, y Cd ya que para la mayoría de los organismos la exposición por encima de una concentración umbral puede ser perniciosa. (Jiménez, 2012, p. 1)

Los metales pesados no pueden ser degradados en productos finales inocuos, tienden a acumularse en los organismos vivos. La contaminación por metales pesados tóxicos no biodegradables se ha convertido en uno de los problemas ambientales más importantes en el universo, especialmente en muchos países en desarrollo.

Los problemas de contaminación de metales a menudo tienen la tendencia a ser transportados con sedimentos, son persistentes en el ambiente debido a la naturaleza no-biodegradable, y puede bioacumularse en la cadena alimentaria.

Los efectos negativos no son observados cuando su concentración está bajo cierto valor. Sin embargo, estos metales pesados pueden conseguir a ser peligrosos cuando su concentración está por encima de cierto límite, al mismo tiempo sus consecuencias pueden ser mortales cuando su concentración está por encima de un nivel letal (Volesky, B. et. al., 1995, p.237)

2.1.1. El Plomo

Metal blando cuyas aplicaciones industriales se encuentran en productos metálicos, tuberías, pinturas, y pesticidas, siendo reconocido su efecto tóxico sobre la salud humana.

En el hombre y animales es absorbido por las vías respiratorias y digestivas, esta sustancia se deposita en el pulmón, riñón, hígado, páncreas, y tiroides, presentando efectos negativos en la salud como: la disminución en la fertilidad de mamíferos, enfermedades cardiovasculares y cáncer, adicionalmente estos pueden acumularse en el suelo y proceder de sedimentos producto del tratamiento de aguas residuales.

2.1.2. Características

- Número atómico 82.
- Peso atómico 207,19
- Valencias químicas normales 2 y 4.
- Metal pesado.
- Densidad relativa o gravedad específica de 11,4 s 16 ° C (61 ° F)
- Color azulado.
- Flexible, inelástico, se funde con facilidad a los 327,4 ° C y hierve a 1,275 ° C.
- Relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúricos y clorhídrico, pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico.
- Carácter anfótero, debido a que se forma sales de plomo de los ácidos y sales metálicas del ácido plúmbico.
- Se encuentra en la naturaleza formando una gran variedad de minerales, entre los que se encuentran la galena, anglesita y la cerusita. (Tintin & Moscoso 2013 p.6)

2.1.3. Toxicidad del plomo

El plomo es altamente tóxico, tanto para el medio ambiente como para el cuerpo humano. La presencia de plomo en la naturaleza es normal, pero la actividad humana provoca una mayor concentración de plomo en el medio. Esta actividad puede ser industrial o un derivado de la combustión con plomo.

El exceso de plomo en el medio puede, como el resto de metales pesados, acumularse en las cadenas tróficas, provocando mutaciones y muertes en todos los niveles de la cadena. Algunos efectos producidos por el plomo en el ser humano pueden ser anemia, daños renales, cerebrales y nerviosos, abortos espontáneos, cáncer, infertilidad o cambios en el comportamiento. (García, e. 2012)

2.1.4. Métodos para descontaminar plomo

Los actuales métodos para la remoción de plomo incluyen la precipitación química, intercambio iónico, adsorción, filtración a través de membranas, flotación y métodos electromecánicos (Fenglian F. y otros, 2011)

2.1.5. Fuentes de exposición al plomo

El plomo y sus derivados se encuentran en todas partes del medio ambiente, como por ejemplo en el aire, en las plantas y animales de uso alimentario, en el agua de la bebida, en los ríos, océanos y lagos, en el polvo, en el suelo, entre otros.

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 las especies que habitan dentro de ellas.

Es el uso de plomo como aditivo antidetonante en las gasolinas es lo que más ha contribuido a la acumulación de este metal en el medio ambiente. El plomo procedente de las gasolinas supone el 76% de las emisiones de este metal a la atmósfera. (6)

2.1.6. El plomo en las plantas

Las diferentes partes de las plantas acumulan plomo en diferentes grados, así las partes del fruto y de la flor acumulan las cantidades más pequeñas de plomo, siendo las raíces y las hojas las de mayor acumulación. En síntesis, el contenido de plomo en varios órganos de la planta tiende a decrecer en el siguiente orden: raíces, hojas, tallos, inflorescencia y semillas. (Antosiewicz, 1992).

Por otra parte, la toxicidad del Pb en las plantas depende de la especie (Raya Torres 2014), es por ello que en el presente estudio se emplean 2 especies de plantas en espera de encontrar una o alguna con características de bioacumulación a efectos de considerarlas como bioindicador de metales pesados. (7)

2.2. Humedales Artificiales

Los humedales artificiales son ecosistemas en los que se desenvuelven procesos químicos, físicos y biológicos que optimizan la calidad de las aguas residuales tratadas, son económicamente viables, muy eficaz para la remoción de contaminantes, en los cuales se consigue eficiencias superiores al 80 %, siendo muy útil para la remoción de metales, trazas de compuestos orgánicos y patógenos.

Los principales componentes de un humedal artificial son las especies vegetales, representado por plantas vasculares terrestres y/o acuáticas, los microorganismos y el material de empaque o medio de soporte construido por suelo o agregados pétreos.

Romero (2013) argumenta el concepto de tratamiento acuático en el que explica que consiste en la aplicación de aguas residuales en terrenos húmedos naturales o artificiales con el propósito de remover los contaminantes.

2.2.1. Principios de funcionamiento

Los humedales fundamentan su funcionamiento en la actividad bioquímica de los microorganismos, el aporte de oxígeno proveniente del componente vegetal en interacción con el material de empaque, el cual trabaja como soporte tanto para los microorganismos como para el componente vegetal, con la intervención del sol como fuente principal de energía. (9)

2.2.2. Generalidades del diseño de humedales artificiales

El dimensionamiento y las características físicas del humedal construido dependen, entre otros componentes, de la meteorológicas del sitio, de la calidad de agua del efluente, del agua que se desea obtener y de las restricciones de la calidad de vertido de aguas tratadas, exigidas por las leyes locales pertinentes.

Tabla 1-2: Procesos que contribuyen a la depuración de las aguas residuales.

Contaminante	SPA1	HFS2	HFSS3	HFV4
Materia orgánica	Conversión biológica por intervención de las bacterias aeróbicas, facultativa y anaeróbicas adheridas a las superficies de las plantas	Reducción de la DBO soluble por conversión biológica por efecto de bacterias aeróbicas, facultativas y anaerobias que crecen en la superficie de las plantas. La DBO se elimina por absorción, filtración, y sedimentación.	Reducción por conversión biológica por intervención de bacterias facultativas y anaeróbicas adheridas a las superficies de las plantas y los desechos del medio de relleno del humedal.	Reducción por conversión biológica por medio de bacterias facultativas y anaeróbicas adheridas a la superficie de las plantas y detritos.
Materia en suspensión	Sedimentación	Filtración y sedimentación	Filtración y sedimentación	Filtración
Nitrógeno	Procesos de nitrificación o desnitrificación	Procesos de nitrificación o desnitrificación, asimilación por las plantas y volatilización.	Nitrificación o desnitrificación, asimilación por las plantas y volatilización.	Nitrificación o desnitrificación, asimilación por las plantas y volatilización.
Fósforo	Reducción por precipitación y por asimilación por plantas y microorganismos.	Reducción por sedimentación y por asimilación por medio de las plantas y microorganismos.	Por filtración, sedimentación, adsorción por asimilación por parte de las plantas y microorganismos.	Filtración, sedimentación, absorción y asimilación por las plantas.

Metales pesados	Sedimentación, por absorción de las plantas.	Absorción a las plantas, superficie de detritos y por sedimentación.	Absorción a las raíces de las plantas y los detritos, sedimentación.	Absorción a las raíces de las plantas, sedimentación y filtración.
Trazas de contaminantes orgánicos.	Volatilización, absorción, y biodegradación.	Volatilización, absorción, y biodegradación.	Absorción, y biodegradación.	Volatilización, absorción, y biodegradación
Patógenos	Muerte natural, radiación UV. Depredación por otros organismos.	Muerte natural, radiación UV, sedimentación, secreción de antibióticos de las raíces de las plantas.	Por muerte natural, por depredación, sedimentación, secreción de antibióticos desde las raíces de las plantas.	Muerte natural, sedimentación, secreción de antibióticos de las raíces de las plantas.

Fuente: Arias & Brix, 2002. (Humedales Artificiales para Tratamiento de Aguas Residuales).

Realizado por: CHERCUELON, Eliana, 2017

2.2.3. Tipos de humedales

Según el tipo de circulación del agua los humedales artificiales se clasifican en dos tipos: humedal de flujo superficial y humedal de flujo subsuperficial (Olguín y Sánchez-Galván, 2010; Mena et al., 2008).

2.2.3.1. Humedal de flujo superficial

Consisten normalmente en canales poco profundos y una capa sumergida de lecho de grava, arena o suelo para soportar las raíces de la vegetación emergente, a través de los cuales circula agua residual que se alimenta de forma continua. Las condiciones en el agua varían dependiendo la profundidad.

En la parte superficial las condiciones son aeróbicas debido al contacto con el aire y en la parte inferior se encuentra en condiciones anaerobias, el tratamiento se produce durante la circulación del agua a través de los tallos y raíces de las plantas emergentes.

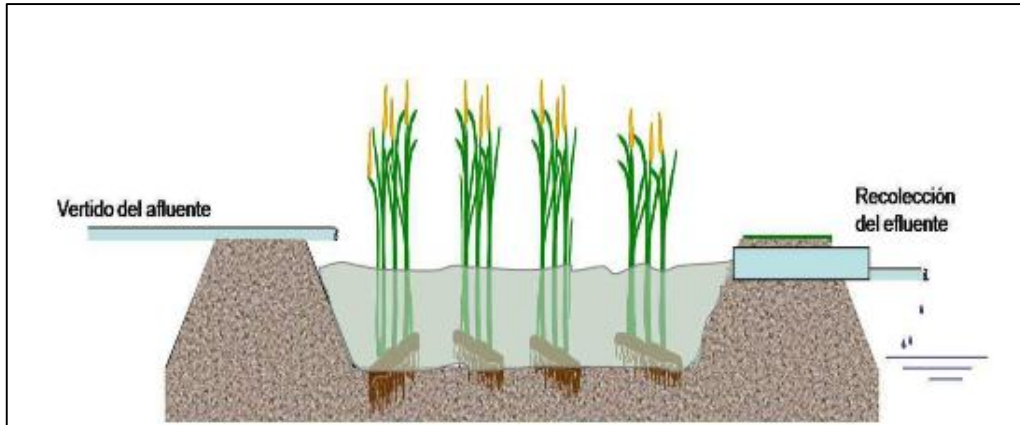


Figura 1-2: Humedal de flujo superficial

Fuente: Estrada Islema, 2010.

2.2.3.2. *Humedal de flujo subperifical*

En estos humedales la circulación del agua es subterránea a través de un medio granular (con una profundidad de la lámina de agua de alrededor de 0,6m) y en contacto con los rizomas y raíces de las macrófitas. Este tipo de humedales se podrían entender como una modificación de los sistemas clásicos de infiltración en el terreno. De acuerdo al flujo de agua, los humedales subperificiales pueden ser de flujo horizontal (HFSSH) o flujo vertical (HFSSV).

Por otra parte, la eficiencia de remoción y éxito de realizar un humedal están determinados en gran medida por el tipo de macrofitas empleadas. Las más utilizadas en humedales artificiales de flujo subperifical han sido los géneros *Phragmites*, *Scirpus* y *Thypha*, los cuales son de amplia distribución geográfica (Shutes 2001, Saeed y Sun 2012).

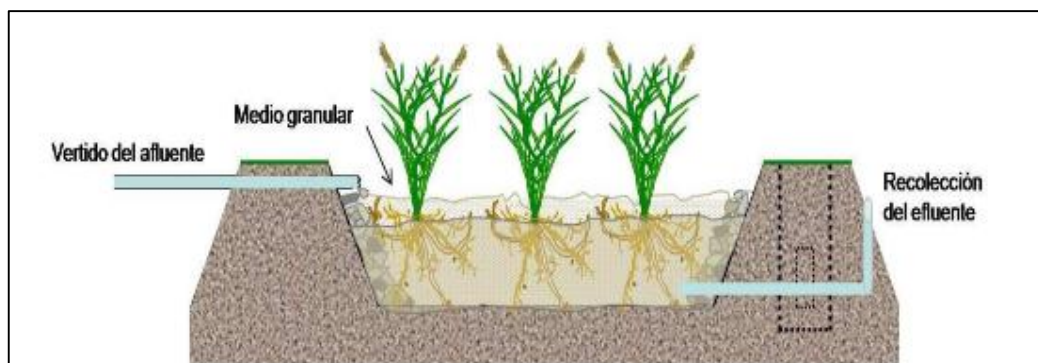


Figura 2-2: Humedal de flujo subsuperficial

Fuente: Estrada Islema, Humedales artificiales de flujo superficial para la remoción de metales pesados en aguas residuales, 2010.

2.2.4. Plantas acuáticas

Las plantas acuáticas son eficientes filtradoras de sedimentos, depuradoras y biorremediadoras de aguas (sus raíces pueden absorber sustancias tóxicas y retener finas partículas en suspensión). Estas plantas habitan en el agua y llevan a cabo su ciclo de vida en ella, se clasifican en sumergidas, emergentes o flotando. (13)

Se ha identificado que los sistemas de humedales construidos eliminan o transforman varios contaminantes (orgánicos, nutrientes, elementos traza, entre otros) mediante una serie de procesos naturales, biológicos y químicos, que llevan a un aumento en la calidad del agua (Stefanakis et al. 2014).

Frers (2008) señala que la aplicación de plantas acuáticas en el tratamiento de aguas es provechosa desde el punto de vista ambiental y económico debido a su bajo costo de construcción y operación, además aprovecha procesos naturales que ocurren en los ecosistemas para la depuración de un residuo contaminante ofreciendo la posibilidad de recuperar los recursos para su posterior utilización.

Entre las plantas acuáticas de mayor utilización en los programas de manejo de aguas residuales están: *Eichhornia crassipes* (Jacinto o lirio de agua), *Lemna ssp* (lenteja de agua), *p. stratiotes* (lechuguilla) y *S.minima* (oreja de ratón)

2.2.4.1. *Limnocharis Flava*

Son plantas que crecen en sitios con una lámina de agua permanente, depende su persistencia de una humedad alta en el suelo, en alguna etapa de su desarrollo (crecimiento vegetativo). Son plantas emergentes, es decir son las que desarrollan sus raíces por debajo del espejo de agua, mientras que su masa foliar sobresale a la superficie.

Esta planta es considerada emergente en donde las láminas de las hojas miden 6,5 cm a 28 cm x 3 cm a 20 cm. Estas hojas tienen forma ovalada, son truncadas a cordadas en la base con pecíolos de 12 cm a 85 cm (Crow, 2002). Su altura puede llegar hasta 40 cm, la inflorescencia son umbelas con brácteas (Hernández, 1991). Las cabezas frutales tienen dimensiones de 1,4 cm

- 1,6 cm x 1,2 cm - 1,4 cm. Las flores se las puede encontrar durante todo el año, se las puede encontrar en lagunas, marismas y zanjas. La distribución general de esta planta acuática es de México a Bolivia y Argentina hasta Las Antillas.



Fotografía 1-2: Planta *Limnocharis Flava*

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

2.2.4.2. *Hydrocotyle Bonariensis*

Es una hierba perenne, hidrófila, nativa de la América cálida y templada, también de África. Crece en zanjas, zanjones, esteros, charcas, y orillas de ríos y lagunas.

Los tallos son rastreros, las hojas son simples de pecíolos erectos de hasta 25 cm, de forma redondeada, entre 2 y 8 cm de diámetro. Las inflorescencias crecen en umbelas, con flores actinomorfas y bisexuales, con 5 sépalos atrofiados y 5 pétalos de 0,1cm de largo, florecen en primavera y verano.

Nombres comunes: Muñequita de agua, acriso. Perejil de agua, sombrilla de sapo, paragüita.



Fotografía 2-2: Hydrocotyle Bonariensis.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

2.2.5. *Características químicas*

- **Temperatura**

Es una propiedad física, encargada de medir el grado de calor o energía térmica de las partículas, ya sea líquida o sólida. Esta propiedad determina el desarrollo de la acción microbiana, siendo el rango óptimo de 25 °C a 35 °C, si la temperatura aumenta cerca de los 50 °C los procesos de digestión aeróbica y nitrificación se suspenden, en cambio si la temperatura es menor a 5 °C se inhibe la actividad microbiana (Delgadillo et al., 2010). Cuando la temperatura es menor a 15 °C la digestión metanogénica es muy lenta (Romero, 2013)

- **pH**

Es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El pH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en una solución. En una descarga con pH ácido, se disuelven los metales pesados, y a su vez el pH alcalino ocasiona la sedimentación de los metales (Romero, 2013), (Delgadillo et al., 2010).

- **Conductividad eléctrica (CE)**

Expresa la concentración total de sales solubles contenidas en el agua, la medida de la conductividad eléctrica se la realiza mediante un conductivímetro provisto de una célula de conductividad apropiada.

La conductividad eléctrica se puede expresar en diferentes unidades (Siemens/cm, mhos/cm) y sus equivalencias son las siguientes:

$$1 \text{ dS/m} = 1 \text{ milimhos/cm} = 1000 \text{ uS/cm.}$$

2.3. Método estadístico

El método estadístico consiste en una secuencia de procedimientos para el manejo de los datos cualitativos y cuantitativos de la investigación. Dicho manejo de datos tiene el propósito de la comprobación, en una parte de la realidad, de una o varias consecuencias verificables de la hipótesis general de la investigación.

En nuestra investigación se utilizó el programa SPSS que significa paquete estadístico para las ciencias sociales (Statistical Package for the Social Sciences) con el método de Análisis de la varianza con un factor (ANOVA).

2.3.1. Prueba de Chi cuadrada (X^2).

Es un método no paramétrico, cuya finalidad es establecer si existe o no relación entre las variables estudiadas.

Es el procedimiento de elección para el contraste de hipótesis. Esta prueba estadística se emplea en el análisis de dos o más grupos y de dos o más variables.

Esta prueba puede utilizarse incluso con datos medibles en una escala nominal. La hipótesis nula de la prueba de chi- cuadrado postula una distribución de probabilidad totalmente específica como el modelo matemático poblacional que ha generado la muestra.

La hipótesis nula (H_0): Es aquella en la que se asegura que los parámetros analizados son independientes uno del otro.

La alternativa (H_1): Es aquella en la que se asegura que los dos parámetros analizados si son dependientes.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

El tipo de investigación es cuantitativa, cualitativa y descriptiva, su diseño es experimental, a continuación, se detalla cada investigación.

Investigación cuantitativa: Se aplicó este tipo de investigación ya que por medio de los análisis e interpretación de resultados se determinará la concentración del contaminante.

Investigación cualitativa: Mediante este tipo de investigación se observará el color de las hojas, y su crecimiento de las plantas de cada tratamiento

Investigación descriptiva: El estudio se rigió mediante esta tipología porque se indicará el mecanismo de remoción durante todo el tratamiento con las especies vegetales.

Diseño experimental: Se aplicó el diseño experimental porque se manipulará la variable independiente, al momento de llevar a cabo el tratamiento del agua contaminada con Pb, para medir el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente.

Para diagnosticar el comportamiento de Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) y Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*) se tomó en cuenta el desarrollo de la planta.

Al cabo de 60 días se tomaron muestras de agua contaminada con plomo para analizar en el laboratorio y determinar la especie que tiene mayor absorción de Pb.

3.1.1. *Diseño de investigación experimental*

Se utilizó un diseño factorial, teniendo como variable de respuesta la concentración de plomo (Pb) en el agua y como factores: Tipo de especie vegetal y concentración.

3.1.2. *Unidad de análisis*

En el presente proyecto experimental la unidad a ser analizada es el agua contaminada con Pb donde se sembraron las especies vegetales Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) y Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*).

3.1.3. *Población de estudio*

La población de estudio para la presente investigación serán las plantas Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) e Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*) y el suelo en la cuales fueron sembradas las especies vegetales.

3.1.4. *Tamaño de la muestra*

Se recolectó en frascos estériles 100 ml de muestra de agua contaminada con plomo a una concentración de 10, 20 y 30 ppm y muestra post- tratamiento de cada uno de los recipientes, 180 plantas de Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) e Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*) y 1 kg de suelo de cada tratamiento.

Tabla 1-3: Características de la muestra Muñequita de agua (*Hydrocotyle bonariensis*).

Especie	Concentración	Especie	Concentración	Especie	Concentración
Muñequita de agua (<i>Hydrocotyle bonariensis</i>).	10 ppm Pb	Muñequita de agua (<i>Hydrocotyle bonariensis</i>).	20 ppm Pb	Muñequita de agua (<i>Hydrocotyle bonariensis</i>).	30 ppm Pb

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Se adecuaron humedales con tres repeticiones de cada tratamiento a concentraciones de 10, 20, y 30 ppm con la especie vegetal muñequita de agua (*Hydrocotyle bonariensis*).

Tabla 2-3: Características de la muestra Buchón de agua (*Limnocharis Flava*).

Especie	Concentración	Especie	Concentración	Especie	Concentración
Buchón de agua (<i>Limnocharis Flava</i>).	10 ppm Pb	Buchón de agua (<i>Limnocharis Flava</i>).	20 ppm Pb	Buchón de agua (<i>Limnocharis Flava</i>).	30 ppm Pb

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Se adecuaron humedales con tres repeticiones de cada tratamiento a concentraciones de 10, 20, y 30 ppm con la especie vegetal Buchón de agua (*Limnocharis Flava*).

3.1.5. *Técnica de recolección de datos*

Se utilizó la técnica de observación directa para evaluar el comportamiento de las plantas en los diferentes niveles de agua contaminada con plomo y con análisis de laboratorio poder determinar cuál de las dos especies vegetales permite una mayor disminución de plomo en el agua.

3.2. **Parte experimental**

3.2.1. *Lugar de desarrollo de la investigación*

El presente trabajo de titulación se realizó en la Provincia de Orellana, Cantón: Francisco de Orellana, Parroquia: Pto. Francisco de Orellana (El Coca) en el predio de la Asociación Sandi Yura. En un área cubierta con plástico tipo invernadero, una humedad del 65% al 88% con una temperatura que varía de 25 ° C a 33 ° C, sin paredes para que se dé una ventilación adecuada, en la cual ingresan los rayos solares.

Tiene un clima tropical, hay precipitaciones todo el año, el mes más seco aún tiene lluvia. La temperatura media anual en Puerto Francisco de Orellana se encuentra a 24,5 ° C. Hay precipitaciones alrededor de 3319 mm anuales.

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio LABSU, ubicado en el Coca, Provincia de Orellana.

- **Coordenadas**

A continuación se detallan las coordenadas del lugar donde se realizaron los análisis de los tratamientos.

Tabla 3-1: Coordenadas Laboratorio LABSU.

LATITUD	LONGITUD	ALTURA	COORDENADAS
278179	9948940	241	UTM WGS84 18 S

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.



Figura 1-3: Ubicación Laboratorio LABSU.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

- **Lugar de recolección de plantas**

La cosecha de las plantas Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) y Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonariensis*) se realizó en la Amazonia Ecuatoriana, específicamente en la parroquia Puerto Francisco de Orellana, Vía Lago Agrio Km 5 ½, en el predio del Sr. Gastón Duarte, las especies vegetales se encontraban en zanjas ya que estas crecen de forma natural, se desarrollan fácil y abundantemente en estos lugares.

Se recolectaron plantas jóvenes, esto reconocía observando el color de su raíz, si son negras con las extremidades blancas se trata de plantas jóvenes y negras violetas cuando son plantas adultas. (Rodríguez-Miranda, J. P., Gómez, E., 2010)

Las plantas deben poseer una buena pigmentación y no presentar ninguna discordancia en alguna de sus partes.



Fotografía 1-3: Recolección de las especies vegetales.
Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Tabla 4-3: Características iniciales de las especies vegetales.

Especie	Nombre común	Número de plantas	Color
<i>Hydrocotyle Bonariensis</i>	Muñequita de agua	180	Verde
<i>Limnocharis Flava</i>	Buchón de agua	180	Verde

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

- **Coordenadas de recolección de plantas**

Coordenadas del lugar de recolección de las especies vegetales Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) e Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*).

Tabla 5-3: Coordenadas de recolección de plantas.

LATITUD	LONGITUD	ALTURA	COORDENADAS
277767	9953958	241	UTM WGS84 18 S

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.



Figura 2-3: Ubicación de recolección de plantas.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

- **Lugar de recolección de datos.**

La recolección de los datos se dio en el Cantón Fco de Orellana, el lugar se detalla en el numeral 3.2.1, en el cual se tomó diariamente la temperatura, con un formato que detalla número de día, fecha, y temperatura ambiente, y las muestras finales de agua, planta y suelo para analizar plomo en el laboratorio LABSU.

- **Coordenadas de recolección de datos.**

Estas coordenadas representan el lugar donde fueron tomadas las muestras puntuales de agua, suelo, especies vegetales, temperatura y conductividad de los humedales.

Tabla 6-3: Coordenadas del lugar de recolección de la toma de datos.

LATITUD	LONGITUD	ALTURA	COORDENADAS
279605	9948244	241	UTM WGS84 18 S

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.



Figura 3-3: Ubicación de recolección de datos.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

3.2.2. *Periodo experimental*

En condiciones registradas de temperatura y conductividad eléctrica, se colocó directamente el agua contaminada con plomo en los diferentes tratamientos y se dejó un periodo de 60 días, antes de tomar las muestras finales.

3.2.3. *Especie vegetal sujeta a investigación*

Las plantas se seleccionaron considerando una buena capacidad de absorción de contaminante de aguas, un crecimiento rápido, lo que se afirma mediante estudios previos realizados, ser especies locales y fácilmente cosechables (Muñoz, V, 2010).

Una de la especie vegetal que se utilizó en el presente proyecto experimental fue Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) utilizada en algunas investigaciones como mecanismos de remoción involucrados en la respuesta de las plantas a la exposición de los metales pesados entre ellos el plomo (Li et al, 2000).



Fotografía 2-3: Buchón de agua (*Limnocharis Flava*).

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Y la otra especie sujeta a investigación es Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonariensis*) con la que se experimentará para determinar su capacidad de absorción en aguas contaminadas con plomo, lo cual se detalla en estudios científicos que presenta mayor absorción de plomo en la raíz de la planta (Sansalone, et al 2012).



Fotografía 3-3: Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonariensis*).

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

3.2.4. *Diseño y construcción del invernadero*

3.2.4.1. *Invernadero*

Se construyó el invernadero con la finalidad de evitar que el agua de lluvia caiga directamente en los humedales y alteren las concentraciones de plomo de los recipientes.

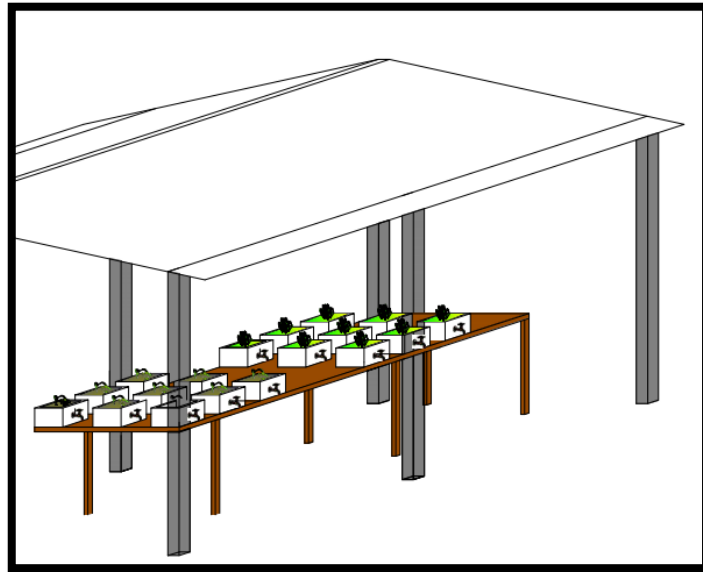


Figura 4-3: Invernadero con los tratamientos

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

a. Materiales empleados

Los materiales utilizados para construir el ensayo tipo invernadero son los siguientes:

- Plástico
- Clavos
- Madera
- Metro
- Martillo

b. Proceso de construcción

- Se eligió un lugar que tenga una radiación solar adecuada.
- Las dimensiones de la construcción del ensayo tipo invernadero fueron de 4m de largo, 2,50 m de ancho y 2 m de altura.

- Se colocaron 6 vigas de madera de 0,06 m x 0,06 m y 1,50 m de altura a una distancia de 1,30 m y 2 vigas de 2 m que se ubicaron en medio para que el plástico tenga una caída y no se acumule el agua.

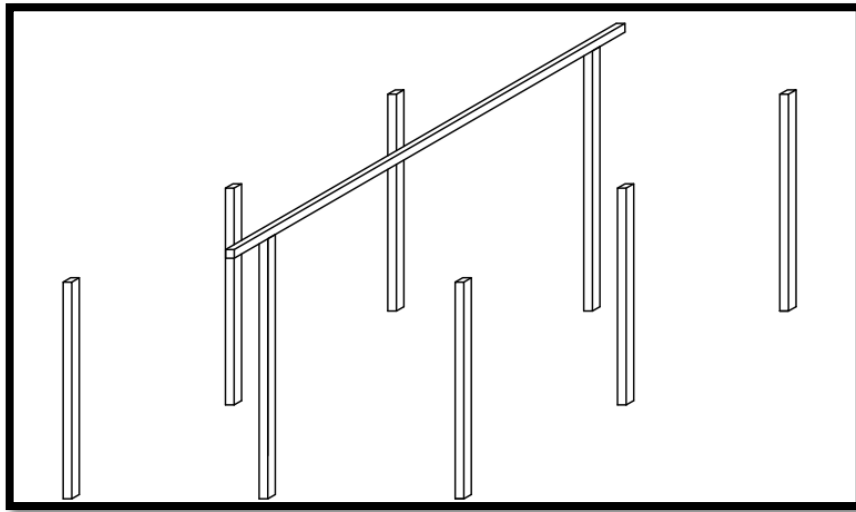


Figura 5-3: Colocación de vigas.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

- Una vez que las vigas estuvieron de forma rígida se procedió a colocar el plástico, se clavó en todos los extremos para evitar que se levante con el viento.

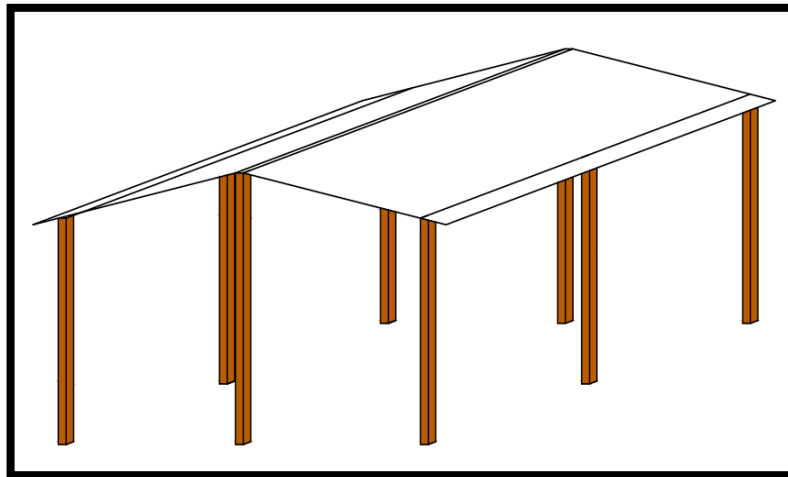


Figura 6-3: Colocación de plástico.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

c. Adecuación

- Limpieza del área donde se construyó el invernadero.
- Dentro del invernadero se colocaron los humedales para que no estén directamente en suelo, y realizar las mediciones de las variables de control (temperatura y conductividad eléctrica)

3.2.4.2. Sistema humedales artificiales

Después de haber investigado se optó por humedales artificiales de flujo superficial los cuales se adecuaron para sembrar las especies vegetales, todos los recipientes tuvieron las mismas adecuaciones.

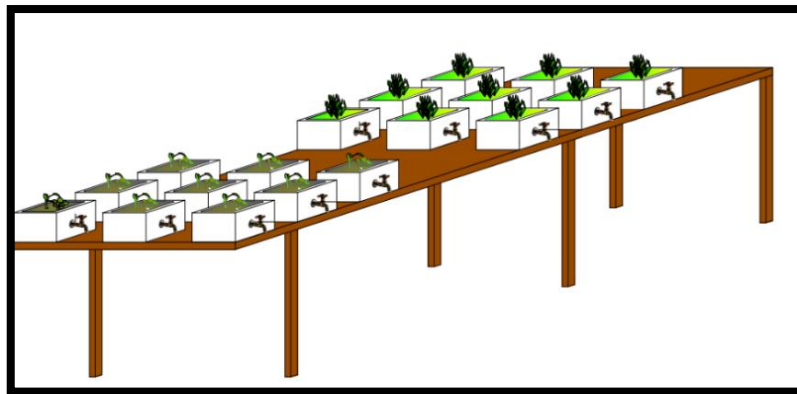


Figura 7-3: Humedales artificiales con *Limnocharis F.* y *Hydrocotyle B.*

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

a. Materiales empleados

Para realizar la adaptación de los recipientes se necesita los siguientes materiales:

- 18 bandejas plásticas de 0,55 m de largo, 0,40 m de ancho y 0,2 m de alto.
- Unión de rosca de ½ pulgada.
- Teflón.
- 18 Grifos de plástico.
- Pegamento.
- Cautín.

b. Proceso de adaptación de los recipientes

- Para el proceso de adaptación de los recipientes se realizó un orificio con la ayuda de un cautín.



Fotografía 4-3: Perforación del recipiente con el cautín.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

- Una vez realizada la perforación se colocaron grifos de plásticos de ½ pulgada.



Fotografía 5-3: Adaptación de la llave plástica.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

- Finalmente se colocó una rosca de media pulgada para asegurar la llave y una cierta cantidad de pegamento para evitar que exista fuga de agua.



Fotografía 6-3: Colocación de la rosca y pegamento.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

3.2.5. *Preparación de los medios físicos*

- **Preparación de los recipientes**

Una vez que los recipientes fueron adecuados se colocó 11 kg de suelo con un espesor de 0,07 m y se procedió a sembrar las plantas en línea recta a una distancia 0,1 m.



Fotografía 7-3: Colocación de suelo en los recipientes.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

- **Transporte y preparación de la especie vegetal**

Una vez que se seleccionaron las especies vegetales a utilizar se procedió a ejecutar la cosecha, plantas en etapa de crecimiento es decir plantas jóvenes las cuales presentan ventajas frente a plantas adultas como mayor aprovechamiento de nutrientes e impide el riesgo de muerte de las especies vegetales.

Posteriormente se realizó la limpieza de las plantas para eliminar sedimentos contenidos en las raíces de las plantas.

3.2.6. Siembra y adaptación de la especie vegetal a los recipientes

Al inicio las plantas se sembraron a una distancia de 0,2 m pero no fue lo correcto debido a que se necesitaba que las raíces se unan entre ellas y cubran la superficie del suelo de los recipientes y absorban el contaminante, es por ello que se optó por sembrarlas a 0,1 m las especies vegetales modelo denominado Sembrado por Área sugerido por Sherwood C. Reed en el libro *Natural Systems for waste Management and Treatment*.

Se determinó mediante la fórmula de sembrado por área:

$$N = \frac{\text{Área}}{d}$$

N= Número de plantas.

Área= área del recipiente.

d= Distancia entre plantas

$$N = \frac{2 \text{ m}^2}{0,1 \text{ m}^2} = 20 \text{ plantas}$$

Se sembró 20 plantas de cada especie en el recipiente.



Fotografía 8-3: Siembra de la especie vegetal *Limnocharis flava*.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

- **Fase de adaptación**

El proceso de adaptación de las plantas se llevó a cabo por 7 días, en los cuales los recipientes plásticos tenían suelo arcilloso propio del lugar donde fueron recogidas, procurando que sean manejadas en iguales condiciones, es decir que tengan suelo y agua sin contaminación de plomo, y reciban la radiación del sol.



Fotografía 9-3: Adaptación de *Limnocharis* e *Hydrocotyle* a 10 ppm de Pb.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

3.2.7. *Preparación del medio líquido*

Para la preparación del medio líquido se utilizó una sal inorgánica de nitrato de plomo, el cual es un polvo blanco, soluble en agua.

a. Materiales

- Balanza analítica
- Papel aluminio
- Guantes

b. Reactivo

- Nitrato de plomo
- Agua destilada

c. Cálculos

Se partió del compuesto químico nitrato de plomo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) para contaminar el agua destilada, a continuación, se detalla el procedimiento.

A manera de recomendación (Skousen et al., 1998, citado en Aduvire, Baretino y López, 2002) indica que la profundidad de agua no debe superar los 0,3 m para ayudar a que la vegetación emergente cumpla con sus funciones.

Para cada recipiente se colocó 10 L de agua, debido que si se colocaba más sobrepasaba la altura de las plantas y tendrían ahogarse por la sobresaturación y falta de oxígeno, por lo que no podrían realizar sus actividades normales como anteriormente se lo cite.

Tabla 7-3: Peso atómico de Nitrato de plomo.

Elemento	Total de Peso atómico
1 Mol de Pb	207, 2 g/mol.
1 Mol de $(\text{NO}_3)_2$	124,01 g/mol.
1 Mol de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	331, 21 g/mol.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

- **Para contaminar 10 L de agua destilada a 10 ppm de Pb.**

Se partió de una regla de tres simple:

10 mg Pb	1L
X	10 L

$$100 \text{ mg Pb} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 0,1 \text{ g Pb}$$

$$0,1 \text{ g Pb} \times \frac{1 \text{ mol Pb (NO}_3)_2}{207,2 \text{ g Pb}} \times \frac{331,21 \text{ g Pb (NO}_3)_2}{1 \text{ mol Pb (NO}_3)_2} = 0,16 \text{ g Pb (NO}_3)_2$$

- Antes de manipular el contaminante ponerse guantes.
- Colocar papel aluminio en la balanza para evitar que disperse el compuesto químico.
- Se procedió a pesar en la balanza analítica 0,16 g Pb (NO₃)₂.
- Se colocó 0,16 g Pb (NO₃)₂ en 10 L de agua destilada.

- **Para contaminar 10 L de agua destilada a 20 ppm de Pb.**

Se partió de una regla de tres simple:

20 mg Pb	1L
X	10 L

$$200 \text{ mg Pb} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 0,2 \text{ g Pb}$$

$$0,2 \text{ g Pb} \times \frac{1 \text{ mol Pb (NO}_3)_2}{207,2 \text{ g Pb}} \times \frac{331,21 \text{ g Pb (NO}_3)_2}{1 \text{ mol Pb (NO}_3)_2} = 0,32 \text{ g Pb (NO}_3)_2$$

- Antes de manipular el contaminante ponerse guantes.
- Colocar papel aluminio en la balanza para evitar que disperse el compuesto químico.
- Se procedió a pesar en la balanza analítica 0,32 g Pb (NO₃)₂.
- Se colocó 0,32 g Pb (NO₃)₂ en 10 L de agua destilada.

- Para contaminar 10 L de agua destilada a 30 ppm de Pb.

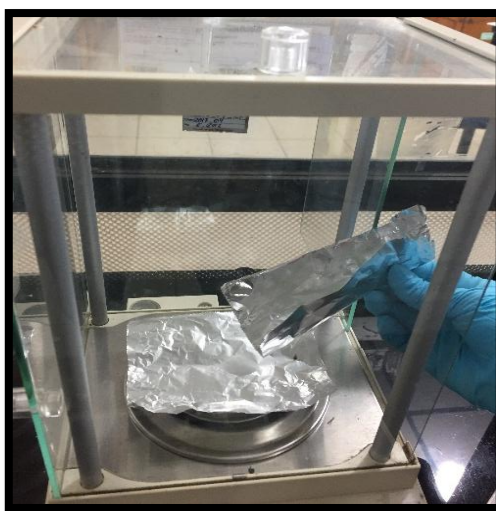
Se partió de una regla de tres simple:

30 mg Pb	1L
X	10 L

$$300 \text{ mg Pb} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 0,3 \text{ g Pb}$$

$$0,3 \text{ g Pb} \times \frac{1 \text{ mol Pb (NO}_3)_2}{207,2 \text{ g Pb}} \times \frac{331,21 \text{ g Pb (NO}_3)_2}{1 \text{ mol Pb (NO}_3)_2} = 0,48 \text{ g Pb (NO}_3)_2$$

- Antes de manipular el contaminante ponerse guantes.
- Colocar papel aluminio en la balanza para evitar que disperse el compuesto químico.
- Se procedió a pesar en la balanza analítica 0,48 g Pb (NO₃)₂.
- Se colocó 0,48 g Pb (NO₃)₂ en 10 L de agua destilada.



Fotografía 10-3: Peso de Nitrato de plomo.
Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

3.2.8. Aireación

La aeración de los humedales se dio mediante el oxígeno que se aporta de forma espontánea por transporte desde la atmósfera, lo que presenta un ahorro importante de energía por prescindir de aireación con procedimientos mecánicos. El aporte de aireación es espontáneo.

La exposición del agua a la atmósfera hace que el diseño adecuado de estos sistemas sea crucial para evitar problemas derivados de una posible sobrecarga del sistema, tales como aparición de olores y plagas de insectos (Sanz, J 2009).

3.2.9. Cambios aparentes en la planta

Las plantas emergentes contribuyen de muchas maneras para el tratamiento de aguas contaminadas, una de ellas es influenciada por las raíces las cuales extraen los nutrientes y sustancias tóxicas hacia todo su sistema y a su vez compactan el lecho dándole estabilidad.

Las plantas presentarán diferentes mecanismos de remoción como intercambio iónico, asimilación del contaminante, lo cual podrá afectar las características morfológicas de las plantas, en el presente trabajo investigativo se observará si existen hojas con clorosis, su vigorosidad y hasta la mortalidad de cada planta.

3.2.9.1. Análisis probit sobre la influencia del Plomo en el vigor de la planta

Se medirá la intensidad del estímulo y la proporción de respuesta, el cual es influenciado por los diferentes niveles de plomo.

Se identificará las hojas que presentes una clorosis o necrosis de la planta, en la cual se aplicará la relación entre dosis letal y mortalidad de las plantas.

La primera vez que se empleó la regresión probit fue en la década de los 30 para determinar que concentración de pesticida era eficaz para terminar con plagas de insectos que atacaban a cultivos (Bliss CI. 1934).

Esta se analizará mediante la siguiente formula:

$$p = \left(\frac{r}{n}\right) \times 100$$

p: porcentaje de efecto.

n: número de especies.

r: número de especies muertas o afectadas.

La representación gráfica se dará entre el porcentaje de efecto (p) vs concentración de la sustancia o dosis.

3.2.10. Variables de registro del lugar

- **Temperatura**

Corresponde a los valores señalada en un termómetro expuesto al aire y protegido de la radiación solar directa. Se mide en grados Celsius y decima de grado.

- **Humedad relativa**

Es un parámetro que determina el grado de saturación de la atmósfera. La humedad relativa del aire húmedo con respecto al agua, es la relación entre la fracción molar del vapor de agua en el aire y la fracción molar correspondiente si el aire estuviese saturado con respecto al agua, a una presión y una temperatura dada. Su unidad de medida es el porcentaje, mientras más alto sea el porcentaje, mayor es el grado de saturación de vapor de agua en la atmósfera.

3.2.10.1. Monitoreo de la temperatura y humedad relativa

El monitoreo de la temperatura y humedad relativa del lugar se realizaron diariamente, en las cuales se iba anotando los datos para tener un control de la zona.

- **Monitoreo de temperatura**

Se realiza con un termómetro cuyo depósito o bulbo está desnudo e indica la temperatura del aire. Este dispositivo utiliza la diferencia de dilatación del líquido (mercurio en este caso), y el

de vidrio que lo contiene para poder medir la temperatura del aire en grados Celsius y decimas de grado.

Para evitar la influencia de la radiación directa, reflejada y difusa en el termómetro, se coloca protegido en un abrigo meteorológico, a dos metros de altura, de acuerdo con las normas técnicas de OMM.

- **Monitoreo de la humedad relativa**

Se utiliza un psicrómetro el cual mide la humedad de la atmósfera, punto de rocío y tensión de vapor. Está formado por dos termómetros idénticos, cuyos depósitos se mantienen, el uno seco y el otro húmedo cubierto por una película fina de agua.

Con un higrógrafo se registra de manera gráfica las variaciones de la humedad relativa del aire durante un tiempo determinado, el Inamhi usa registro en fajas de duración semanal. Se usa este dispositivo ante la incapacidad del ser humano de estar observando de manera continua la variación de la humedad relativa durante el tiempo.

3.2.11. Seguimiento de las unidades experimentales

Se etiquetó con códigos a cada recipiente para poder identificarlos con facilidad la concentración y tipo de planta que se encuentra dentro de ella.

El seguimiento de las plantas *Limnocharis Flava* y *Hydrocotyle Bonarienses* se realizó durante 2 meses sobre el comportamiento de las especies vegetales en las diferentes concentraciones de plomo en las que fueron sembradas.

Tabla 8-3: Códigos de los recipientes.

Código		Descripción
R-10-BA	R1 - 10 - BA	Recipiente 1, a 10 ppm con Buchón de agua.
	R2 - 10 - BA	Recipiente 2, a 10 ppm con Buchón de agua.
	R3 - 10 - BA	Recipiente 3, a 10 ppm con Buchón de agua.

R-20-BA	R1 - 20 - BA R2 - 20 - BA R3 - 20 - BA	Recipiente 1, a 20 ppm con Buchón de agua. Recipiente 2, a 20 ppm con Buchón de agua. Recipiente 3, a 20 ppm con Buchón de agua.
R-30-BA	R1 - 30 - BA R2 - 30 - BA R3 - 30 - BA	Recipiente 1, a 30 ppm con Buchón de agua. Recipiente 2, a 30 ppm con Buchón de agua. Recipiente 3, a 30 ppm con Buchón de agua.
R-10-MA	R1 - 10 - MA R2 - 10 - MA R3 - 10 - MA	Recipiente 1, a 10 ppm con Muñequita de agua. Recipiente 2, a 10 ppm con Muñequita de agua. Recipiente 3, a 10 ppm con Muñequita de agua.
R-20-MA	R1 - 20 - MA R2 - 20 - MA R3 - 20 - MA	Recipiente 1, a 20 ppm con Muñequita de agua. Recipiente 2, a 20 ppm con Muñequita de agua. Recipiente 3, a 20 ppm con Muñequita de agua.
R-30-MA	R1 - 30 - MA R2 - 30 - MA R3 - 30 - MA	Recipiente 1, a 30 ppm con Muñequita de agua. Recipiente 2, a 30 ppm con Muñequita de agua. Recipiente 3, a 30 ppm con Muñequita de agua.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.



Fotografía 11-3: Etiquetado del recipiente con *Limnocharis Flava* a 30 ppm.
Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

3.2.12. *Métodos analíticos de laboratorio para la caracterización del agua*

- **Método Potenciométrico**

El pH de una muestra se determina electrométicamente usando un electrodo de vidrio con uno de referencia, o un electrodo internamente combinado. La fuente de medición es calibrada usando una serie de soluciones estándares de pH conocido.

Equipos y Materiales.

- pH-Metro de electrodo combinado con compensación automática de temperatura. Equipo EI/27.
- Vasos de precipitación o plásticos.
- Soluciones buffer con valores de pH 4, y 7 para ajuste (estandarización) del instrumento.
- Soluciones buffer calibradas y con incertidumbre conocida, con valores de pH 4 y 7, para verificación del instrumento y control de calidad.

Preparación.

Las muestras deben analizarse tan pronto como sea posible.

Las muestras y los estándares de calibración deben estar a temperatura ambiente, para luego proceder a la verificación del estado de calibración del equipo y medición de las muestras. La verificación del equipo es fundamental antes de proceder al ensayo de una muestra.

Medición.

1. Coloque en un vaso de vidrio o plástico limpio un volumen de muestra suficiente como para cubrir al electrodo de vidrio.
2. Sumergir los electrodos en la muestra y suavemente revuelva a una velocidad constante para proporcionar la homogeneidad y suspensión de los sólidos, y esperar hasta que la lectura se estabilice.
3. Anote el valor de la lectura de pH en el Protocolo de trabajo (PEE0201-01).
4. Para la medición del pH en otras muestras, enjuague el electrodo quitar la gota de agua de la punta del electrodo con papel adsorbente y repita los pasos anteriores.

Tratamiento de resultados.

En la determinación del pH no se requiere cálculo alguno, el valor se obtiene directamente del pH-Metro. Las variaciones de temperatura de la muestra son ajustadas automáticamente por el equipo.



Fotografía 12-3: Medición de Ph de R1 -20- BA
Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

- **Conductividad eléctrica**

La Conductividad Eléctrica (CE) de una muestra se mide usando un conductímetro que contiene un Puente de Wheatstone o equivalente; siempre que sea posible, las muestras se analizarán a 25°C. A menos que el instrumento realice una corrección de temperatura de las muestras, primero serán estabilizadas hasta la temperatura de medición y se reportará el resultado a 25°C o a la temperatura de medición. Las unidades son Siemens por metro [S/m] en sistema de medición internacional.

Equipos y Materiales.

- Conductímetro. Equipo EI/99
- Vasos de plásticos de varios volúmenes.
- Varillas de agitación

Preparación.

La medición de la conductividad es mediante determinación directa, todas las muestras deberán ser recolectadas usando un adecuado plan de muestreo que conduzca a consideraciones establecidas. Todos los recipientes deberán ser prelavados y enjuagados fuertemente. Recipientes plásticos o de vidrio pueden usarse para la recolección.

Las muestras pueden ser almacenadas a 4°C y analizadas antes de 28 días.

Antes de la medición, se deberá dejar tanto la muestra como los estándares de calibración, que se estabilicen a temperatura ambiente, para luego proceder a la calibración del equipo y medición de las muestras.

Medición

La C.E. de muestras de aguas naturales y descargas líquidas no aceitosas se determina directamente.

-Coloque en un vaso de vidrio o plástico limpio un volumen de muestra suficiente para cubrir la celda del Conductímetro.

-Sumerja la sonda en la muestra y suavemente revuelva a una velocidad constante para proporcionar la homogeneidad, y esperar hasta que la lectura se estabilice.

-En el caso de que la conductividad observada sea extremadamente diferente al valor del estándar utilizado para la verificación de la calibración, cambie de solución estándar a una acorde a la muestra, calibre y verifique antes de realizar la lectura de la muestra correspondiente.

-El resultado se registrará en el formato PEE0201 en uS/cm, y se expresa en cifras enteras o decimales según la resolución del equipo en el rango medido.

-Para la medición de la C.E. en otras muestras, enjuague el electrodo, séquelo completamente y repita los pasos antes mencionados.

Tratamiento de resultados

Para considerar que una lectura es estable se verificará que la variabilidad entre lecturas no sea mayor 3 veces la resolución del equipo en ese rango de medidas.

En la determinación de la C.E. no se requiere cálculo alguno, el valor se obtiene directamente del conductímetro. Las variaciones de temperatura de la muestra son ajustadas automáticamente por el equipo.



Fotografía 13-1: Medición de CE de R3-30-BA
Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

3.2.13. *Cuantificación de Plomo (II)*

3.2.13.1. *Plan de muestreo de agua*

Se realizó un análisis de agua previo al tratamiento para evidenciar si la concentración inicial era la deseada y otra muestra final para comprobar si las especies *Limnocharis Flava* y *Hydrocotyle Bonarienses* absorbieron el plomo del agua

- **Evaluación en laboratorio**

El análisis se realiza mediante Espectrometría de Absorción Atómica, una muestra es aspirada y atomizada en una flama. Un rayo de luz de la lámpara de cátodo hueco (o una lámpara de descarga de electrones) pasa directamente a través de la llama dentro de un monocromador, y llega a un detector que mide la cantidad de luz absorbida.

La absorción depende de la presencia de átomos libres no excitados en la llama. Debido a que la longitud de onda del rayo de luz es característica del metal que está siendo determinado, la energía de la luz absorbida por la llama es una medición de la concentración del metal en la muestra.

Equipos y Reactivos

Equipos

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
- Lámparas de Cátodo Hueco multielementos o simple elemento.
- Bloque de digestión equipado con extractor de vapores y regulador de temperatura y tiempo.
- Cristalería: toda la cristalería, contenedores de polipropileno o teflón, vasos de precipitados y pipetas, podrían ser lavados en la siguiente secuencia:
Ácido clorhídrico 1:1 v/v, agua de grifo, ácido nítrico 1:1 v/v, agua de grifo, detergente, grifo de agua, agua destilada.

Tabla 9-3: Parámetros instrumentales

Longitud de onda:	217,0 nm.
Lámpara de cátodo hueco de	Plomo
Combustible:	Acetileno.
Oxidante:	Aire.
Tipo de llama:	Oxidante (pobre, azul).
Flujo combustible (L/min)	1,1
Altura mechero	7,0
Corrección de fondo:	Requerido.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU

Reactivos

- Se prepararán estándares a partir de soluciones de 1000 mg/L de Plomo, de calidad para Absorción Atómica.
- Se preparará a la realización de una curva de calibración de la siguiente manera:

Tabla 10-3: Preparación de estándares de plomo.

Plomo(Pb)*			
Estándar madre: 1000 mg/L		1000 ppm	10 mL del estándar madre en un balón de 100 mL y aforar con 0,5 m HNO ₃ .
Estándar de trabajo: 100 mg/L		100 ppm	
Std #	Preparación (a partir de std. de trabajo)	(mL)	Concentración (mg/l)
			C.C. (Std de Optimización del AAs)(7mg/L) Señal aproximada 0,187<0,22<0,253
Std 1	0,15		0,15
Std 2	0,50		0,50
Std 3	1,00		1,00
Std 4	2,00		2,00
Std 5	3,00		3,00

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU

Condiciones Ambientales.

Las condiciones ambientales óptimas de operación recomendadas en el instructivo de operación del equipo son:

Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
18 - 35	40 - 80

Realización

- Escoger la lámpara de plomo para el análisis, permita que la lámpara se caliente por unos 5 minutos.

- Durante este periodo, alinee el instrumento, posicione el monocromador a la longitud de onda correcto, seleccione la abertura adecuada del monocromador (slit), y haga los ajustes necesarios según las recomendaciones del fabricante del equipo.
- Regule la luz de la llama y el flujo del combustible y oxidante. Ajuste el mechero y el flujo del nebulizador hasta el porcentaje máximo de absorción y estabilidad.
- Construya la curva de calibración del elemento por lo menos utilizando 5 estándares de diferente concentración (Abs vs [concentración]) verificar la curva con un estándar preparado de otro lote o preparado nuevamente por otro analista o su vez con MR, de ninguna manera se empleará un estándar que se utilizó para la elaboración de la curva de calibración.
- Colocar la muestra de agua en un vaso con su respectivo código.
- Aspire la muestra para que determine la concentración del metal.
- Los resultados salen en el protocolo del AAS en mg/l de las muestras de agua.

3.2.13.2. *Plan de muestreo de tejido vegetal*

El análisis del tejido vegetal se realizó transcurrido los 60 días de tratamiento, se efectuó una extracción manual de todas las plantas de los recipientes, con la mayor cantidad de raíces y así determinar si existe concentración de plomo en las plantas.

- **Evaluación en laboratorio.**

El análisis del tejido vegetal se determinará en llama (aspiración directa) mediante Espectrometría de Absorción Atómica. El método es simple, rápido y aplicable a gran número de muestras.

Procedimiento.

- Lavar las especies vegetales para remover todas las partículas adheridas a las plantas.
- Hacer un recipiente de papel aluminio.
- Cortar las plantas en pedazos pequeños y colocar sobre el papel aluminio.
- Secar en la estufa a 105 °C durante 48 horas.

- Una vez secas las muestras procedemos a triturarlas.
- A la muestra triturada homogeneizar para permitir uniformidad de las partículas, de ser apropiado y necesario, use un tamiz para obtener partículas del mismo tamaño. Todos los equipos usados para la homogenización deben ser limpiados correctamente para minimizar contaminación externa.
- Para cada procedimiento de digestión, se coloca en un tubo de ensayo 0,5 g de muestra de planta seca y molida, 25 ml de 1M HNO₃.
- Agregue unas perlas de ebullición al tubo de digestión y someta a calentamiento a reflujo abierto en el bloque de digestión aproximadamente a 150 °C durante 30 minutos.
- Remueva el tubo del bloque de digestión y permita que se enfríe. Lave las paredes del tubo y, de ser necesario, filtre la muestra para remover cualquier material insoluble
- Ajuste el volumen final a 100 mL con agua destilada proceder a realizar la lectura.
- Colocar la muestra en un vaso con su respectivo código.
- Aspire la muestra para que determine la concentración del metal.

3.2.14. Determinación de la eficacia

Se determinará la capacidad que tienen las plantas para absorber el contaminante en los diferentes niveles de plomo.

3.2.14.1. Cálculo para la determinación de absorción de pb

Para determinar la absorción de plomo de acuerdo a Romero, 1999 está determinada por la siguiente fórmula:

$$Ab: \frac{Co - Ce}{Co}$$

Donde:

Co: Concentración inicial.

Ce: Concentración final del contaminante.

3.2.15. Relaciones de concentración del metal en la planta

Las plantas tienen diferentes conjuntos de respuesta ante la presencia de compuestos tóxicos como metales pesados. De acuerdo al mecanismo de remoción del metal se da un proceso que consiste en dos pasos: el primero paso es absorción rápida o vinculación a la superficie biológica (biosorción), seguida por el paso de transporte lento e irreversible, controlado por la difusión al interior de la célula (bioacumulación) por la difusión del metal (Wang et al 1996).

3.2.15.1. Factor de bioconcentración

Es utilizado para medir la capacidad de captación de un metal por una planta con relación a su concentración en el agua.

3.2.15.2. Factor de translocación

Es el cociente entre la concentración del metal en los órganos aéreos y raíz. Factores de translocación mayores a 1 sugieren gran capacidad para transportar metales desde las raíces a los vástagos, explicada en su mayor parte por eficientes sistemas de transporte de metales (Olivares et al 2009)

3.2.15.3. Clasificación de la planta en relación al factor de bioconcentración y translocación

La bioconcentración de plomo (Pb) en los tratamientos en el que se utilizaron las especies vegetales se determinará mediante análisis de laboratorio de las plantas *Limnocharis Flava* y *Hydrocotyle Bonarienses*.

- **Factor de bioconcentración en la parte aérea de la planta.**

También conocida como factor de bioacumulación, es la proporción del metal contenido en la parte aérea de la planta con respecto al suelo o agua, es decir en las hojas se producen graves

daños en los cloroplastos y las mitocondrias, lo que altera los procesos de fotosíntesis y de respiración debido a la bioconcentración del metal.

De acuerdo a Baker et al. 2000:

Si $Pb \text{ (mg/kg)} > 1000 \text{ mg/kg}$ se considera planta hiperacumuladora.

- **Factor de bioconcentración en la raíz de la planta**

Este factor también llamado concentración biológica se da como la relación que existe entre la concentración del metal en la raíz de la planta respecto a la concentración de metales en el suelo y agua (Vyslouzilova 2003). En las plantas los efectos empiezan en la raíz debido a que es el órgano responsable de asimilar los nutrientes y contaminantes del medio, afectando sucesivamente el resto de la planta.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de las muestras de agua.

4.1.1. Resultados de la muestra inicial de agua contaminada con plomo.

Analizados los distintos parámetros de la muestra de agua, en el Laboratorio LABSU (Laboratorio de aguas y suelo), el informe de análisis (ver Anexo F, G, H) presenta los siguientes resultados:

Tabla 1-4: Análisis inicial de las muestras de agua contaminadas con Pb.

Parámetros	Unidad	a 5 651	a 5 652	a 5 653	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Potencial de hidrógeno	-	8,01	7,55	7,64	SM 4500-H+ B	± 0,02
Conductividad eléctrica	uS/cm	78,5	78,5	78,0	SM 2510 B	± 8%
Plomo	mg/L	9,92	19,97	29,90	SM 3030 B, 3111 B	± 30%

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

Tabla 2-4: Análisis inicial y finales de las muestras de agua contaminadas con Pb.

Parámetro	R1-10-BA	R2-10-BA	R3-10-BA
Plomo inicial	9,92 mg/L	9,92 mg/L	9,92 mg/L
Plomo final	1,30 mg/L	1,30 mg/L	1,28 mg/L
	R1-20-BA	R2-20-BA	R3-20-BA
Plomo inicial	19,97 mg/L	19,97 mg/L	19,97 mg/L
Plomo final	2,96 mg/L	2,95 mg/L	2,96 mg/L
	R1-30-BA	R2-30-BA	R3-30-BA
Plomo inicial	29,90 mg/L	29,90 mg/L	29,90 mg/L
Plomo final	6,78 mg/L	6,77 mg/L	6,77 mg/L
	R1-10-MA	R2-10-MA	R3-10-MA
Plomo inicial	9,92 mg/L	9,92 mg/L	9,92 mg/L
Plomo final	0,4 mg/L	0,4 mg/L	0,5 mg/L
	R1-20-MA	R2-20-MA	R3-20-MA
Plomo inicial	19,97 mg/L	19,97 mg/L	19,97 mg/L
Plomo final	1,19 mg/L	1,18 mg/L	1,19 mg/L
	R1-30-MA	R2-30-MA	R3-30-MA
Plomo inicial	29,90 mg/L	29,90 mg/L	29,90 mg/L
Plomo final	3,38 mg/L	3,38 mg/L	3,39 mg/L

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.1.2. Resultados de la muestra de agua, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal buchón de agua a 10 ppm.

Como ya se manifestó en el capítulo anterior la fase experimental fue de 60 días, donde se tomó una muestra de cada humedal el cual fue contaminado a 9,92 ppm, a continuación, se detallan los resultados de los informes del laboratorio LABSU.

Tabla 3-4: Resultados finales de Buchón de agua a 10 ppm.

Parámetros	Unidad	Muestra inicial de Pb	R1-10-BA	R2-10-BA	R3-10-BA	Método/Norma
Potencial de hidrógeno	-	-	8,29	8,26	8,21	SM 4500-H+ B
Conductividad eléctrica	uS/cm	-	812	811	810	SM 2510 B
Plomo	mg/L	9,92	1,30	1,30	1,28	APHA 3120 B

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.1.3. Resultados de la muestra de agua, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal buchón de agua a 20 ppm.

Como ya se manifestó en el capítulo anterior la fase experimental fue de 60 días, donde se tomó una muestra de cada humedal el cual fue contaminado a 19,97 ppm, a continuación se detallan los resultados de los informes del laboratorio LABSU.

Tabla 4-1: Resultados finales de Buchón de agua a 20 ppm.

Parámetros	Unidad	Muestra inicial de Pb	R1-20-BA	R2-20-BA	R3-20-BA	Método/Norma
Potencial de hidrógeno	-	-	8,26	8,26	8,21	SM 4500-H+ B
Conductividad eléctrica	uS/cm	-	820	820	819	SM 2510 B
Plomo	mg/L	19,97	2,96	2,95	2,96	APHA 3120 B

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.1.4. Resultados de la muestra de agua, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal buchón de agua a 30 ppm.

Como ya se manifestó en el capítulo anterior la fase experimental fue de 60 días, donde se tomó una muestra de cada humedal el cual fue contaminado a 29,90 ppm, a continuación se detallan los resultados de los informes del laboratorio LABSU.

Tabla 5-4: Resultados finales de Buchón de agua a 30 ppm.

Parámetros	Unidad	Muestra inicial de Pb	R1-30-BA	R2-30-BA	R3-30-BA	Método/Norma
Potencial de hidrógeno	-	-	8,30	8,28	8,28	SM 4500-H+ B
Conductividad eléctrica	uS/cm	-	823	825	824	SM 2510 B
Plomo	mg/L	29,90	6,78	6,77	6,77	APHA 3120 B

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.1.5. Resultados de la muestra de agua, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal muñequita de agua a 10 ppm.

Como ya se manifestó en el capítulo anterior la fase experimental fue de 60 días, donde se tomó una muestra de cada humedal el cual fue contaminado a 9,92 ppm, a continuación se detallan los resultados de los informes del laboratorio LABSU.

Tabla 6-4: Resultados finales de Muñequita de agua a 10 ppm.

Parámetros	Unidad	Muestra inicial de Pb	R1-10-MA	R2-10-MA	R3-10-MA	Método/Norma
Potencial de hidrógeno	-	-	7,84	7,84	7,79	SM 4500-H+ B
Conductividad eléctrica	uS/cm	-	794	792	793	SM 2510 B
Plomo	mg/L	9,92	0,4	0,4	0,5	APHA 3120 B

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.1.6. Resultados de la muestra de agua, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal muñequita de agua a 20 ppm.

Como ya se manifestó en el capítulo anterior la fase experimental fue de 60 días, donde se tomó una muestra de cada humedal el cual fue contaminado a 19,97 ppm, a continuación, se detallan los resultados de los informes del laboratorio LABSU.

Tabla 7-4: Resultados finales de Muñequita de agua a 20 ppm.

Parámetros	Unidad	Muestra inicial de Pb	R1-20-MA	R2-20-MA	R3-20-MA	Método/Norma
Potencial de hidrógeno	-	-	7,87	7,87	7,88	SM 4500-H+ B
Conductividad eléctrica	uS/cm	-	789	788	789	SM 2510 B
Plomo	mg/L	19,97	1,19	1,18	1,19	APHA 3120 B

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.1.7. Resultados de la muestra de agua, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal muñequita de agua a 30 ppm.

Como ya se manifestó en el capítulo anterior la fase experimental fue de 60 días, donde se tomó una muestra de cada humedal el cual fue contaminado a 29,29 ppm, a continuación se detallan los resultados de los informes del laboratorio LABSU.

Tabla 8-4: Resultados finales de Muñequita de agua a 30 ppm.

Parámetros	Unidad	Muestra inicial de Pb	R1-30-MA	R2-30-MA	R3-30-MA	Método/Norma
Potencial de hidrógeno	-	-	7,89	7,87	7,88	SM 4500-H+ B
Conductividad eléctrica	uS/cm	-	789	788	790	SM 2510 B
Plomo	mg/L	29,90	3,38	3,38	3,39	APHA 3120 B

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.2. Resultados de las muestras de la planta Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*)

Analizados los parámetros de la muestra del tejido vegetal, en el Laboratorio LABSU (Laboratorio de aguas y suelo), el informe de análisis presenta los siguientes resultados:

4.2.1. Resultados del tejido vegetal muñequita de agua, después de 60 días de tratamiento a 10 ppm.

Transcurrido los 60 días de tratamiento se procedió a recoger las muestras de las plantas para determinar si efectivamente acumulaba plomo en sus diferentes partes (tallo y raíz).

Tallo:

A continuación, los resultados finales del tallo:

Tabla 9-4: Resultados finales del tallo de Muñequita de agua a 10 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-10-MA	R2-10-MA	R3-10-MA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	47,6	47,6	44,3	APHA 3120 B	-

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

Raíz:

A continuación, los resultados finales de la raíz:

Tabla 10-4: Resultados finales de la raíz de Muñequita de agua a 10 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-10-MA	R2-10-MA	R3-10-MA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	418,1	418,1	417,1	APHA 3120 B	-

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.2.2. Resultados del tejido vegetal muñequita de agua, después de 60 días de tratamiento a 20 ppm.

Transcurrido los 60 días de tratamiento se procedió a recoger las muestras de las plantas para determinar si efectivamente acumulaba plomo en sus diferentes partes (tallo y raíz).

Tallo:

A continuación, los resultados finales del tallo:

Tabla 11-4: Resultados finales del tallo de Muñequita de agua a 20 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-10-MA	R2-10-MA	R3-10-MA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	63,0	62,8	63,0	APHA 3120 B	-

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

Raíz:

A continuación, los resultados finales de la raíz:

Tabla 12-4: Resultados finales de la raíz de Muñequita de agua a 20 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-20-MA	R2-20-MA	R3-20-MA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	845,6	844,5	845,6	APHA 3120 B	-

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.2.3. Resultados del tejido vegetal muñequita de agua, después de 60 días de tratamiento a 30 ppm.

Transcurrido los 60 días de tratamiento se procedió a recoger las muestras de las plantas para determinar si efectivamente acumulaba plomo en sus diferentes partes (tallo y raíz).

Tallo:

A continuación, los resultados finales del tallo:

Tabla 13-4: Resultados finales del tallo de Muñequita de agua a 30 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-30-MA	R2-30-MA	R3-30-MA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	70,4	70,4	70,3	APHA 3120 B	-

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

Raíz:

A continuación, los resultados finales de la raíz:

Tabla 14-2: Resultados finales de la raíz de Muñequita de agua a 30 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-30-MA	R2-30-MA	R3-30-MA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	1185,2	1185,2	1183,2	APHA 3120 B	-

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.3. Resultados de las muestras del tejido vegetal Buchón de agua (*Limnocharis Flava*)

Analizados los parámetros de la muestra del tejido vegetal, en el Laboratorio LABSU (Laboratorio de aguas y suelo), el informe de análisis presenta los siguientes resultados:

4.3.1. Resultados del tejido vegetal Buchón de agua, después de 60 días de tratamiento a 10 ppm.

Transcurrido los 60 días de tratamiento se procedió a recoger las muestras de las plantas para determinar si efectivamente acumulaba plomo en sus diferentes partes (tallo y raíz).

Tallo:

A continuación, los resultados finales del tallo:

Tabla 15-4: Resultados finales del tallo de Buchón a 10 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-10-BA	R2-10-BA	R3-10-BA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	28,8	28,8	28,7	APHA 3120 B	-

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

Raíz:

A continuación, los resultados finales de la raíz:

Tabla 16-4: Resultados finales de la raíz de Buchón a 10 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-10-BA	R2-10-BA	R3-10-BA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	387,8	387,8	387,6	APHA 3120 B	-

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.3.2. Resultados del tejido vegetal Buchón de agua, después de 60 días de tratamiento a 20 ppm.

Transcurrido los 60 días de tratamiento se procedió a recoger las muestras de las plantas para determinar si efectivamente acumulaba plomo en sus diferentes partes (tallo y raíz).

Tallo:

A continuación, los resultados finales del tallo:

Tabla 17-4: Resultados finales del tallo de Buchón a 20 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-20-BA	R2-20-BA	R3-20-BA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	40,2	40,5	40,2	APHA 3120 B	-

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

Raíz:

A continuación, los resultados finales de la raíz:

Tabla 18-4: Resultados finales de la raíz de Buchón de agua a 20 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-20-BA	R2-20-BA	R3-20-BA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	773,4	773,6	773,4	APHA 3120 B	-

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.3.3. Resultados del tejido vegetal Buchón de agua, después de 60 días de tratamiento a 30 ppm.

Transcurrido los 60 días de tratamiento se procedió a recoger las muestras de las plantas para determinar si efectivamente acumulaba plomo en sus diferentes partes (tallo y raíz).

Tallo:

A continuación, los resultados finales del tallo:

Tabla 19-4: Resultados finales del tallo de Buchón de agua a 30 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-30-BA	R2-30-BA	R3-30-BA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	60,4	60,2	60,2	APHA 3120 B	-

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

Raíz:

A continuación, los resultados finales de la raíz:

Tabla 20-4: Resultados finales de la raíz de Buchón de agua a 30 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-30-BA	R2-30-BA	R3-30-BA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	1024,2	1024,3	1024,3	APHA 3120 B	-

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.4. Resultados de las muestras de suelo.

4.4.1. Resultados de la muestra inicial de suelo.

Analizados los distintos parámetros de la muestra de suelo, en el Laboratorio LABSU (Laboratorio de aguas y suelo), el informe de análisis (ver Anexo I) presenta los siguientes resultados:

Tabla 21-4: Análisis inicial de la muestra blanco del suelo.

Parámetros	Unidad	s 13 068	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Plomo	mg/kg	< 0,10	APHA 3120B	± 15%

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.4.2. Resultados de la muestra de suelo, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal buchón de agua a 10 ppm.

Tabla 22-4: Resultados finales del suelo con Buchón de agua a 10 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-10-BA	R2-10-BA	R3-10-BA	Método/Norma/Referencia
Plomo	mg/kg	7,3	7,3	7,3	APHA 3120 B

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.4.3. Resultados de la muestra de suelo, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal buchón de agua a 20 ppm.

Tabla 23-4: Resultados finales del suelo con Buchón de agua a 20 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-20-BA	R2-20-BA	R3-20-BA	Método/Norma/Referencia
Plomo	mg/kg	18,6	18,9	18,6	APHA 3120 B

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.4.4. Resultados de la muestra de suelo, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal buchón de agua a 30 ppm.

Tabla 24-3: Resultados finales del suelo con Buchón de agua a 30 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-30-BA	R2-30-BA	R3-30-BA	Método/Norma/Referencia
Plomo	mg/kg	45,2	45,1	45,1	APHA 3120 B

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.4.5. Resultados de la muestra de suelo, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal Muñequita de agua a 10 ppm.

Tabla 25-4: Resultados finales del suelo con Muñequita de agua a 10 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-10-MA	R2-10-MA	R3-10-MA	Método/Norma/Referencia
Plomo	mg/kg	4,4	4,4	4,0	APHA 3120 B

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.4.6. Resultados de la muestra de suelo, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal Muñequita de agua a 20 ppm.

Tabla 26-4: Resultados finales del suelo con Muñequita de agua a 20 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-20-MA	R2-20-MA	R3-20-MA	Método/Norma/Referencia
Plomo	mg/kg	12,6	13,6	12,6	APHA 3120 B

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.4.7. Resultados de la muestra de suelo, después de 60 días de tratamiento con la especie vegetal Muñequita de agua a 30 ppm.

Tabla 27-4: Resultados finales del suelo con Muñequita de agua a 30 ppm.

Parámetros	Unidad	R1-30-MA	R2-30-MA	R3-30-MA	Método/Norma/Referencia
Plomo	mg/kg	40,3	40,3	40,1	APHA 3120 B

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

4.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.6. Absorción de plomo en el agua.

4.6.1. Comparación de absorción de plomo de la especie vegetal buchón de agua a 10, 20, 30 ppm.

Tabla 28-4: Comparación de absorción de plomo de buchón de agua a 10, 20, 30 ppm.

	Buchón de agua 10 ppm	Buchón de agua 20 ppm	Buchón de agua 30 ppm
Análisis inicial	9,92 ppm	19,97 ppm	29,9 ppm
Repetición 1	1,30 ppm	2,96 ppm	6,78 ppm
Repetición 2	1,30 ppm	2,95 ppm	6,77 ppm
Repetición 3	1,28 ppm	2,96 ppm	6,77 ppm

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

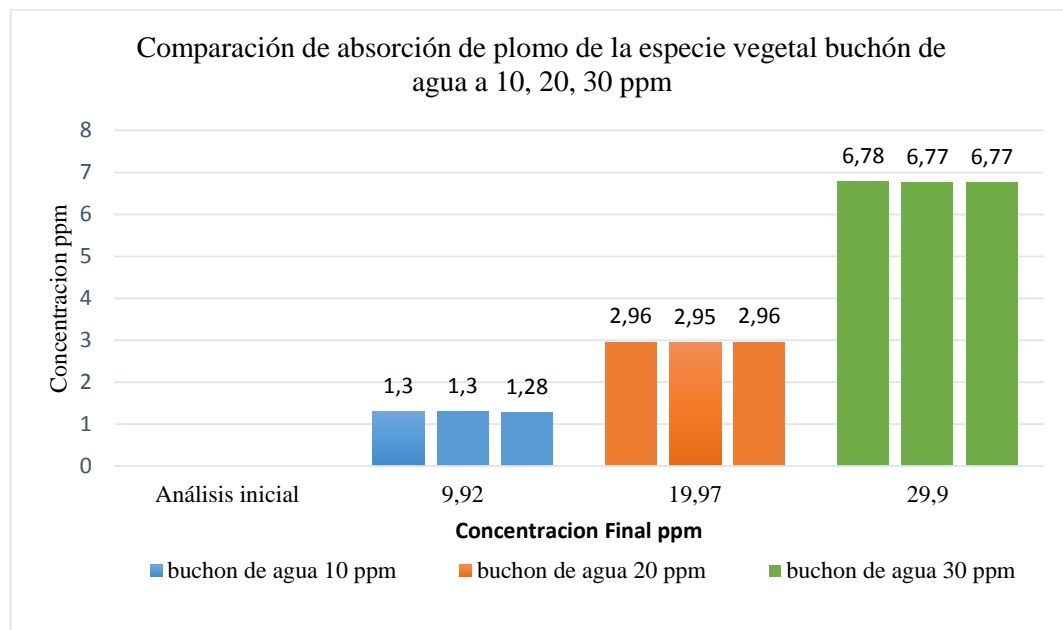


Gráfico 1-4: Absorción de plomo por Buchón de agua a 10,20 y 30 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017

Durante la fase experimental de 60 días se realizaron 2 muestreos con el fin de cuantificar el plomo en el agua, la cual en el pre tratamiento de 10 ppm dio un valor de 9,92 ppm; de 20 ppm 19,97 y de 30 ppm 29,90 ppm, al transcurrir los 2 meses de tratamiento se realizó el análisis final para verificar la absorción de plomo del agua por las especies vegetales, comprobando que a

menor concentración la planta buchón de agua absorbe mayor concentración de plomo y tiene un mejor desarrollo de la planta.

4.6.2. Comparación de absorción de plomo de la especie vegetal muñequita de agua a 10, 20, 30 ppm.

Tabla 29-4: Comparación de absorción de plomo de muñequita de agua a 10, 20, 30 ppm.

	Muñequita de agua 10 ppm	Muñequita de agua 20 ppm	Muñequita de agua 30 ppm
Análisis inicial	9,92 ppm	19,97 ppm	29,9 ppm
Repetición 1	0,4 ppm	1,19 ppm	3,38 ppm
Repetición 2	0,4 ppm	1,18 ppm	3,38 ppm
Repetición 3	0,5 ppm	1,19 ppm	3,39 ppm

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

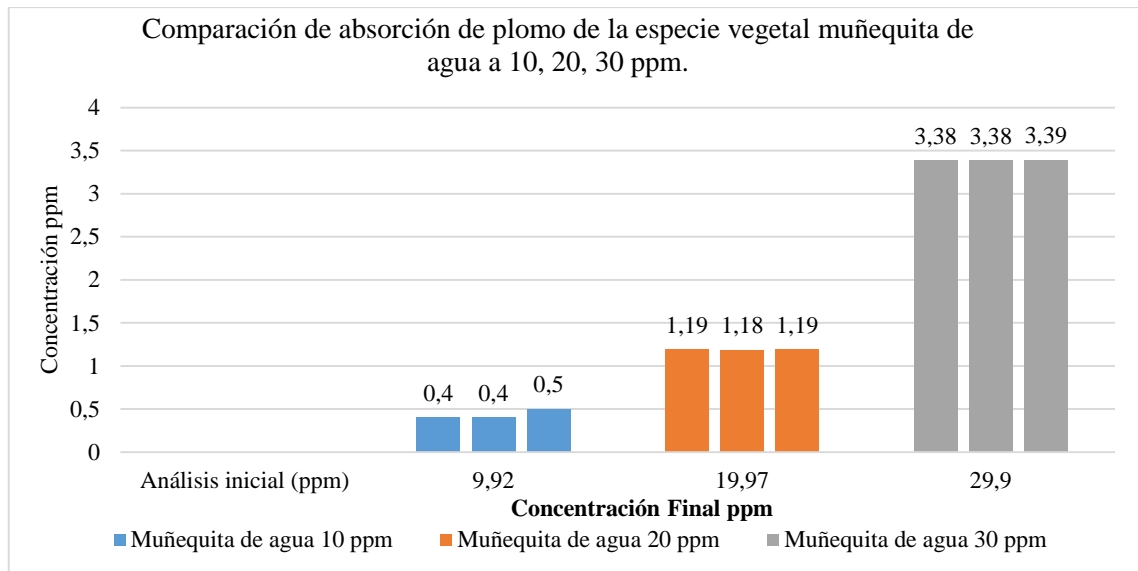


Gráfico 2-4: Absorción de plomo por Muñequita de agua a 10,20 y 30 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017

Durante la fase experimental de 60 días se realizaron 2 muestreos con el fin de cuantificar el plomo en el agua, la cual en el pre tratamiento de 10 ppm dio un valor de 9,92 ppm; de 20 ppm 19,97 y de 30 ppm 29,90 ppm, al transcurrir los 2 meses de tratamiento se realizó el análisis final para verificar la absorción de plomo del agua por las especies vegetales, comprobando que a menor concentración la planta muñequita de agua absorbe mayor concentración de plomo y tiene un mejor desarrollo en los humedales.

4.6.3. Comparación de absorción de plomo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua a 10 ppm.

Esto se determinará con la siguiente fórmula como se detalló en el capítulo anterior, lo cual nos ayudara a determinar el porcentaje de absorción de las especies vegetales *Limnocharis Flava* y *Hydrocotyle Bonariensis*.

$$Ab: \frac{Co - Ce}{Co}$$

Donde:

Co: Concentración inicial.

Ce: Concentración final del contaminante.

Tabla 30-4: Comparación de absorción de plomo entre buchón de agua y muñequita de agua a 10 ppm.

Parámetros	Unidad	Buchón de agua (<i>Limnocharis Flava</i>)	Porcentaje de absorción	Muñequita de agua (<i>Hydrocotyle Bonariensis</i>)	Porcentaje de absorción
Absorción de plomo	mg/L	8,62	86%.	9,52	96%

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

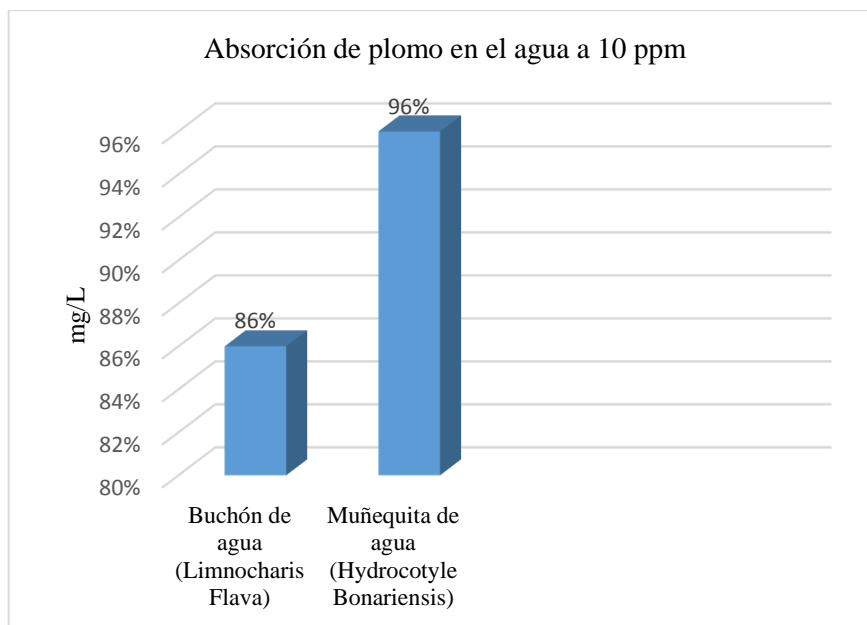


Gráfico 3-4: Comparación de absorción de Pb en el agua a 10 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Durante la fase experimental de 60 días se realizaron 2 muestreos con el fin de cuantificar el plomo, la cual en el pre tratamiento dio un valor de 9,92 ppm, al transcurrir los 2 meses de tratamiento dio un valor de 1,3 ppm, presentando una disminución de 8,62 ppm con un 87 % de absorción de plomo por la especie vegetal buchón de agua y para muñequita de agua dio un valor final de 0,4 presentando una disminución de 9,52 ppm con un 96 % de absorción de plomo esto nos permite conocer que a menor concentración la planta muñequita de agua absorberá más plomo del agua.

4.6.4. Comparación de absorción de plomo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua a 20 ppm.

Tabla 31-4: Comparación de absorción de plomo entre buchón de agua y muñequita de agua a 20 ppm.

Parámetros	Unidad	Buchón de agua (<i>Limnocharis Flava</i>)	Porcentaje de absorción	Muñequita de agua (<i>Hydrocotyle Bonariensis</i>)	Porcentaje de absorción
Absorción de plomo	mg/L	17,01	85%.	18,78	94%

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

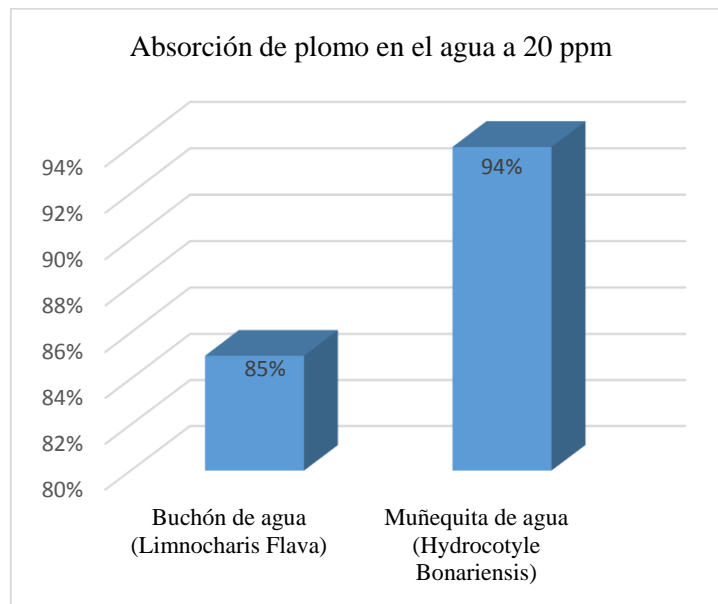


Gráfico 4-1: Comparación de absorción de Pb en el agua a 20 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Durante la fase experimental de 60 días se realizaron 2 muestreos con el fin de cuantificar el plomo en los recipientes contaminados a 20 ppm, la cual en el pre tratamiento dio un valor de 19,97 ppm, al transcurrir los 2 meses de tratamiento dio un valor de 2,96 ppm, presentando una disminución de 17,01 ppm con un 85 % de absorción de plomo por la especie vegetal buchón de agua y para muñequita de agua dio un valor final de 1,19 ppm presentando una disminución de 18,8 ppm con un 94 %, siendo esta la especie más apta para absorber plomo del agua.

4.6.5. Comparación de absorción de plomo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua a 30 ppm.

Tabla 32-4: Comparación de absorción de plomo entre buchón de agua y muñequita de agua a 30 ppm.

Parámetros	Unidad	Buchón de agua (<i>Limnocharis Flava</i>)	Porcentaje de absorción	Muñequita de agua (<i>Hydrocotyle Bonariensis</i>)	Porcentaje de absorción
Absorción de plomo	mg/L	23,12	77%.	26,52	89%.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

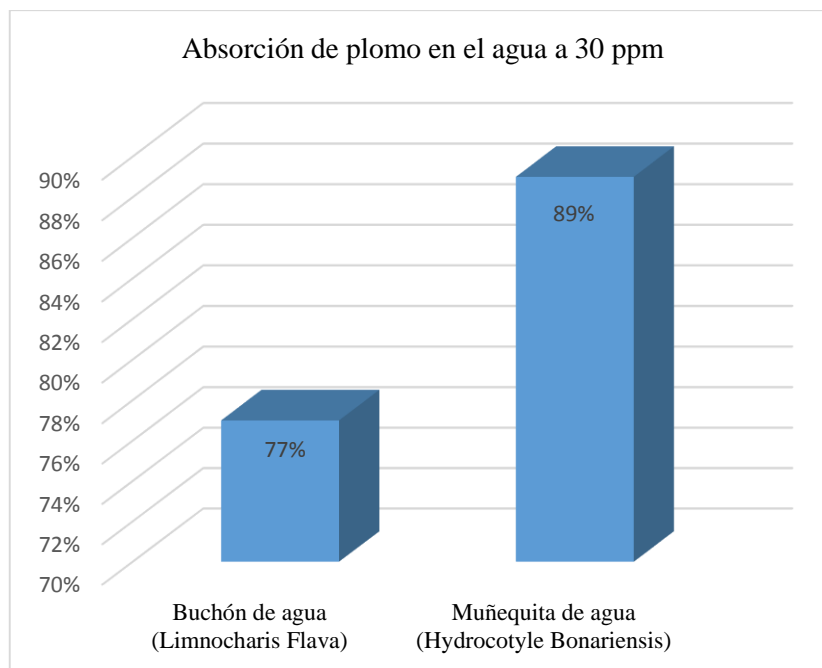


Gráfico 5-4: Comparación de absorción de Pb en el agua a 30 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Durante la fase experimental de 60 días se realizaron 2 muestreos con el fin de cuantificar el plomo en los recipientes contaminados a 30 ppm, la cual en el pre tratamiento dio un valor de 29,90 ppm, al transcurrir los 2 meses de tratamiento dio un valor de 6,78 ppm, presentando una disminución de 23,2 ppm con un 77 % de absorción de plomo por la especie vegetal buchón de agua y para muñequita de agua dio un valor final de 3,38 ppm presentando una disminución de 26,52 ppm con un 89 %, siendo esta la especie más apta para absorber plomo del agua.

4.7. Variación del pH en el agua de 10, 20 y 30 ppm con la especie vegetal buchón de agua.

Tabla 33-4: Variación del pH en el agua de 10, 20 y 30 ppm con Buchón de agua.

	Buchón a de agua 10 ppm	Buchón de agua 20 ppm	Buchón de agua 30 ppm
Análisis inicial	8,01	7,55	7,64
Repetición 1	8,25	8,24	8,28
Repetición 2	8,24	8,24	8,28
Repetición 3	8,24	8,24	8,27

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

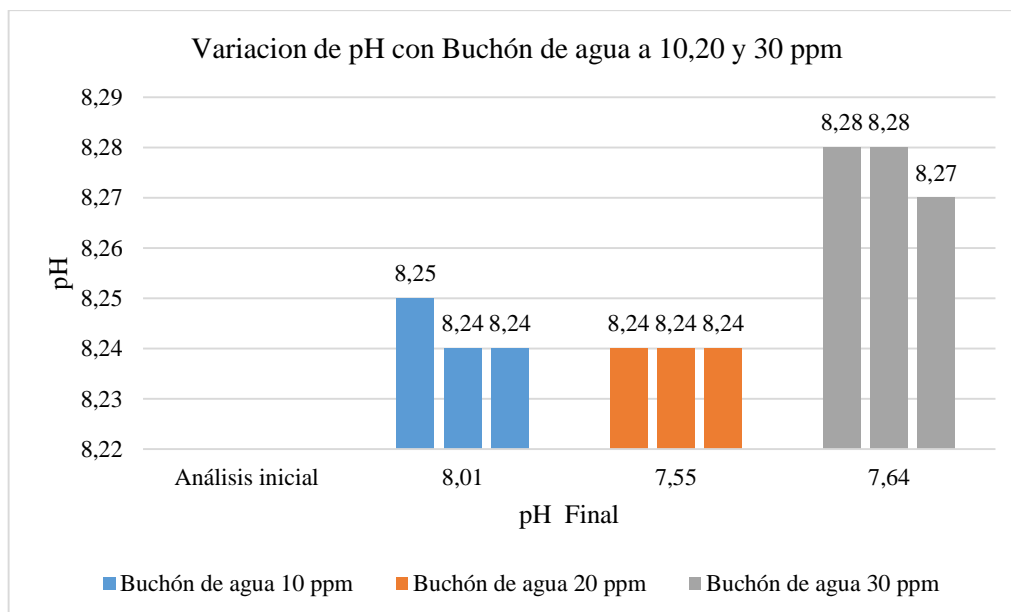


Gráfico 6-4: Variación del pH en el agua de 10, 20 y 30 ppm con la especie vegetal buchón de agua.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

En gráfico 6-4 se detalla el pH de cada una de las repeticiones de cada tratamiento en la cual durante la fase experimental se registró la variación de pH con el fin de establecer el medio para las plantas, en el ensayo con la especie vegetal buchón de agua no presento mayor variación, se mantuvo en un promedio de 8,35 ppm esto quiere decir que sus valores se mantuvieron rango permisible favoreciendo a un buen desarrollo de las plantas.

4.8. Variación del pH en el agua de 10, 20 y 30 ppm con la especie vegetal muñequita de agua.

Se realizó el análisis de todos los tratamientos, los cuales arrojaron los siguientes resultados.

Tabla 34-4: Variación del pH en el agua de 10, 20 y 30 ppm con la especie vegetal muñequita de agua

	Muñequita a de agua 10 ppm	Muñequita de agua 20 ppm	Muñequita de agua 30 ppm
Análisis inicial	8,01	7,55	7,64
Repetición 1	7,82	7,87	7,91
Repetición 2	7,81	7,87	7,90
Repetición 3	7,81	7,87	7,91

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

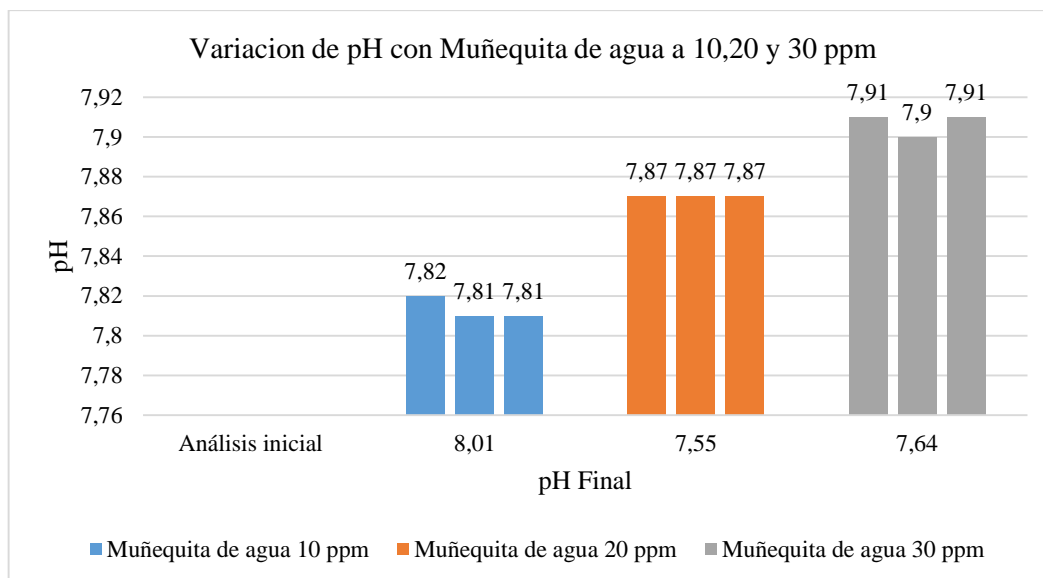


Gráfico 7-4: Variación del pH en el agua de 10, 20 y 30 ppm con la especie vegetal muñequita de agua.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

En gráfico 7-4 se detalla el pH de cada una de las repeticiones de cada tratamiento en la cual durante la fase experimental se registró la variación de pH con el fin de conocer el medio para las plantas, en el ensayo con la especie muñequita no presento mayor variación, se mantuvo en un promedio de 7,86 esto quiere decir que sus valores se mantuvieron dentro de un rango permisible, favoreciendo a un buen desarrollo de las plantas.

4.9. Control de la temperatura ambiente en los humedales con las especies vegetales Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) y muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*) de 10, 20 y 30 ppm.

La temperatura ambiente del lugar se dio como se lo menciona en el capítulo anterior, estas mediciones tuvieron un promedio de 28,5 a 32 °C, y lograr que se desarrollen las especies con normalidad.

Se pudo observar que la temperatura se encuentra en rangos estables de acuerdo a las condiciones climatológicas de la provincia de Orellana, aportando al desarrollo de las plantas.

Tabla 35-4: Registro de temperatura ambiente.

Días	Temperatura ambiente de la zona °C	Días	Temperatura ambiente de la zona °C
1	28,7	31	32,7
2	30,0	32	32,3
3	30,7	33	31,0
4	29,0	34	31,3
5	31,0	35	30,7
6	29,3	36	31,0
7	30,7	37	31,0
8	31,3	38	31,3
9	31,3	39	28,3
10	31,3	40	29,7
11	30,3	41	30,3
12	31,7	42	31,7
13	32,0	43	32,0
14	30,7	44	30,7
15	32,0	45	32,7
16	31,0	46	32,3
17	32,0	47	31,0
18	32,7	48	31,3
19	30,0	49	30,7
20	31,3	50	31,0
21	28,3	51	31,0
22	32,0	52	31,3
23	32,0	53	28,3
24	30,7	54	29,7
25	30,7	55	32,7
26	30,7	56	32,3
27	31,0	57	31,0
28	30,3	58	31,3
29	31,0	59	30,7
30	28,3	60	31,0

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

4.10. Comparación de absorción de Pb por el tejido vegetal muñequita y buchón de agua a 10, 20 y 30 ppm.

En las siguientes tablas se muestran los resultados del tejido vegetal de las plantas, para conocer si la especie Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*) y Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) tenía la capacidad de absorber plomo y almacenarlo en sus tejidos, los cuales permite describir el nivel de descontaminación porcentual existente en cada caso.

Para poder conocer la concentración que absorbió la planta es necesario realizar un cálculo para tener todas las unidades iguales, se realiza mediante el método de laboratorio que se detalla en los informes recibidos, el cual es la norma APHA 3120 B:

$$\text{muestra de agua inicial} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \text{Pb} \times \frac{0,1 \text{ l}}{2 \text{ g de muestra}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = \text{mg/kg Pb}$$

A 10 ppm de plomo

$$9,92 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{Pb} \times \frac{0,1 \text{ l}}{2 \text{ g de muestra}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 496 \text{ mg/kg Pb}$$

Es decir 9,92 mg/l Pb serán igual a 496 mg/kg Pb que está contaminado el humedal.

A 20 ppm de plomo

$$19,97 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{Pb} \times \frac{0,1 \text{ l}}{2 \text{ g de muestra}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 998,5 \text{ mg/kg Pb}$$

Es decir 19,97 mg/l Pb serán igual a 998,5 mg/kg Pb que está contaminado el humedal.

A 30 ppm de plomo

$$29,90 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{Pb} \times \frac{0,1 \text{ l}}{2 \text{ g de muestra}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 14950 \text{ mg/kg Pb}$$

Es decir 29,90 mg/l Pb serán igual a 14950 mg/kg Pb que está contaminado el humedal.

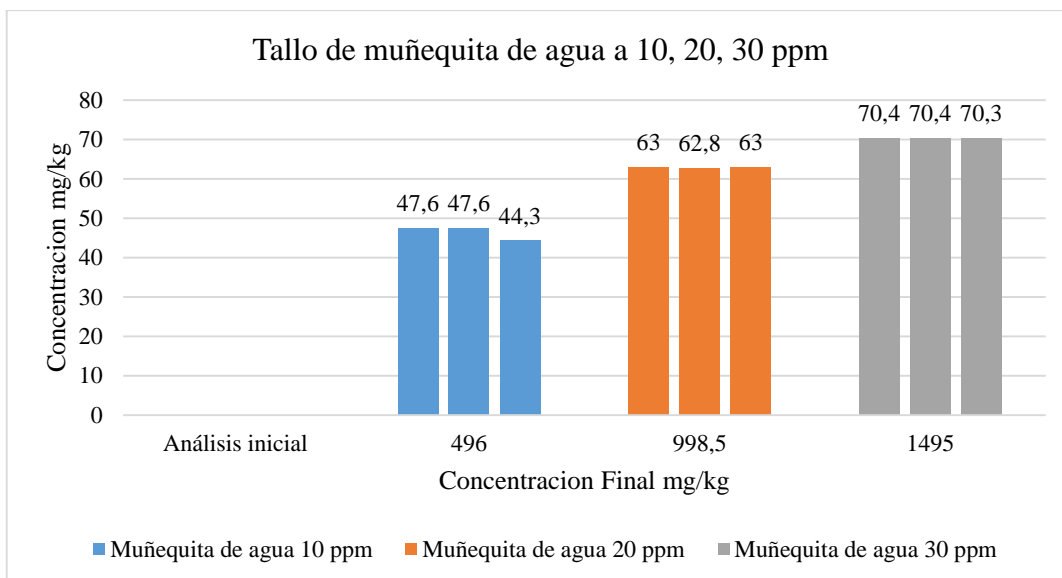
Tallo de muñequita de agua:

Tabla 36-4: Resultados finales del tallo de muñequita a 10, 20, 30 ppm.

	Muñequita a de agua 10 ppm	Muñequita de agua 20 ppm	Muñequita de agua 30 ppm
Análisis inicial	496 mg/kg	998,5 mg/kg	1495 mg/kg
Repetición 1	47,6 mg/kg	63,0 mg/kg	70,4 mg/kg
Repetición 2	47,6 mg/kg	62,8 mg/kg	70,4 mg/kg
Repetición 3	44,3 mg/kg	63,0 mg/kg	70,4 mg/kg

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Parámetros	Inicial	Final	Porcentaje absorción
R1-10-MA	496 mg/kg	46,5 mg/kg	9,38 %
R2-20-MA	998,5 mg/kg	62,9 mg/kg	6,29 %
R3-30-MA	1495 mg/kg	70,4 mg/kg	4,7 %

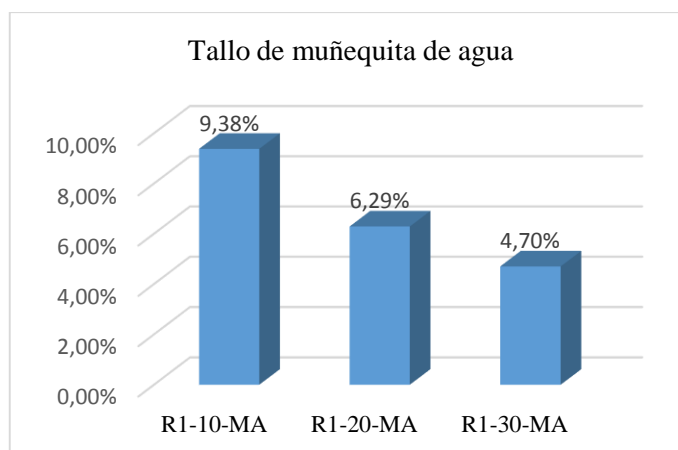


Gráfico 8-4: Comparación de absorción de Pb por el tallo de muñequita de agua a 10, 20 y 30 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

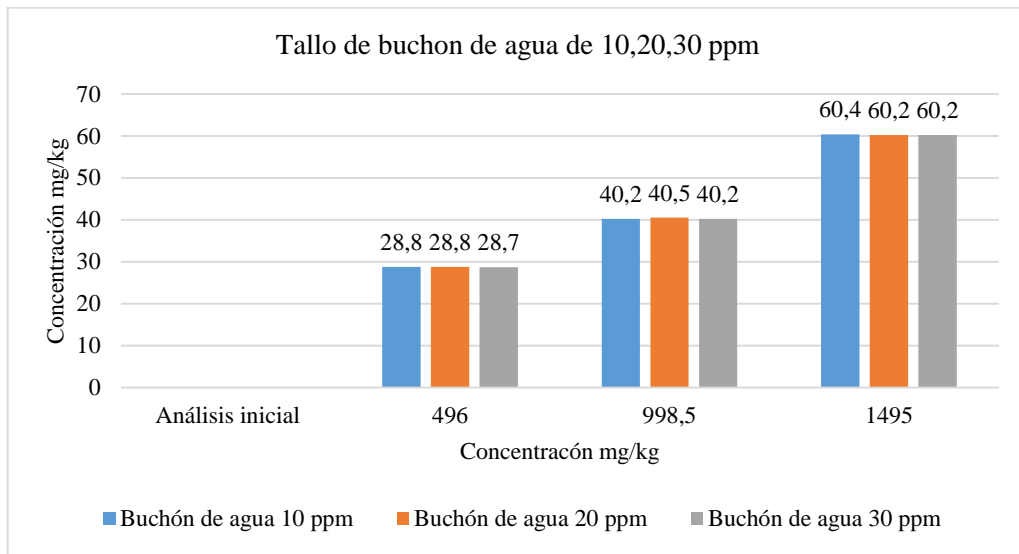
Al analizar los promedios obtenidos de cada tratamiento, se observa que en el humedal a 10 ppm con muñequita de agua presenta un 9,38 % de mayor absorción de plomo, acumulando en tallo de la planta, es decir de los 496 mg/kg (ppm) existe una reducción de 46,5 ppm de plomo, a diferencia del tratamiento 2 y 3 que tuvo un 6,29 % y 4,07 % respectivamente, afirmando que la especie vegetal muñequita de agua es la que mejor absorbe plomo en el agua.

Tabla 37-4: Resultados del tallo de buchón de agua de 10,20 y 30 ppm

	Buchón a de agua 10 ppm	Buchón de agua 20 ppm	Buchón de agua 30 ppm
Análisis inicial	496 mg/kg	998,5 mg/kg	1495 mg/kg
Repetición 1	28,8 mg/kg	40,2 mg/kg	60,4 mg/kg
Repetición 2	28,8 mg/kg	40,5 mg/kg	60,2 mg/kg
Repetición 3	28,7 mg/kg	40,2 mg/kg	60,2 mg/kg

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017



Parámetros	Inicial	Final	Porcentaje absorción
R1-10-BA	496 mg/kg	28,8 mg/kg	5,81 %
R2-20-BA	998,5 mg/kg	40,3 mg/kg	4,03 %
R3-30-BA	1495 mg/kg	60,3 mg/kg	4,03 %

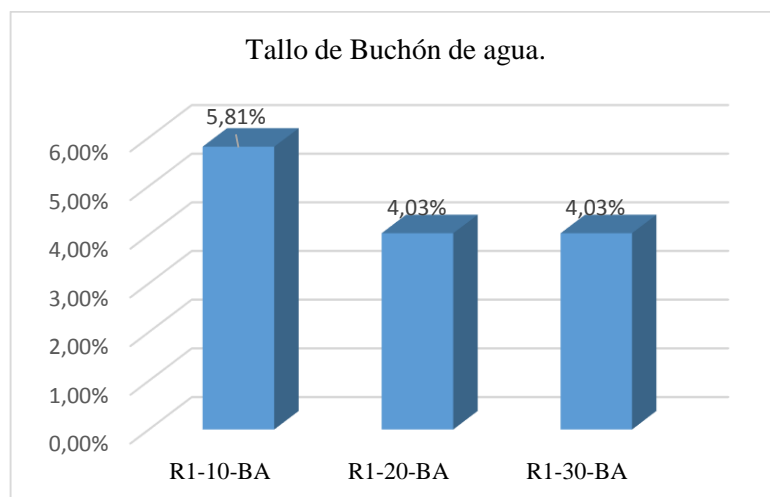


Gráfico 9-4: Comparación de absorción de Pb por el tallo de buchón de agua a 10, 20 y 30 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Al analizar los promedios obtenidos de cada tratamiento, se observa que en el humedal a 10 ppm con buchón de agua presenta un 5,81 % de mayor absorción de plomo, acumulando en tallo de la planta, es decir de los 496 mg/kg (ppm) existe una reducción de 46,5 ppm de plomo, a diferencia del tratamiento 2 y 3 que tuvo un 4,03 % y 4,03 % respectivamente, es decir las plantas trabajan mejor a una menor concentración de plomo en el agua.

Tabla 38-4: Resultados de la raíz de muñequita de agua de 10,20 y 30 ppm

	Muñequita a de agua 10 ppm	Muñequita de agua 20 ppm	Muñequita de agua 30 ppm
Análisis inicial	496 mg/kg	998,5 mg/kg	1495 mg/kg
Repetición 1	418,1 mg/kg	845,6 mg/kg	1185,2 mg/kg
Repetición 2	418,1 mg/kg	844,5 mg/kg	1185,2 mg/kg
Repetición 3	417,1 mg/kg	845,6 mg/kg	1183,2 mg/kg

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

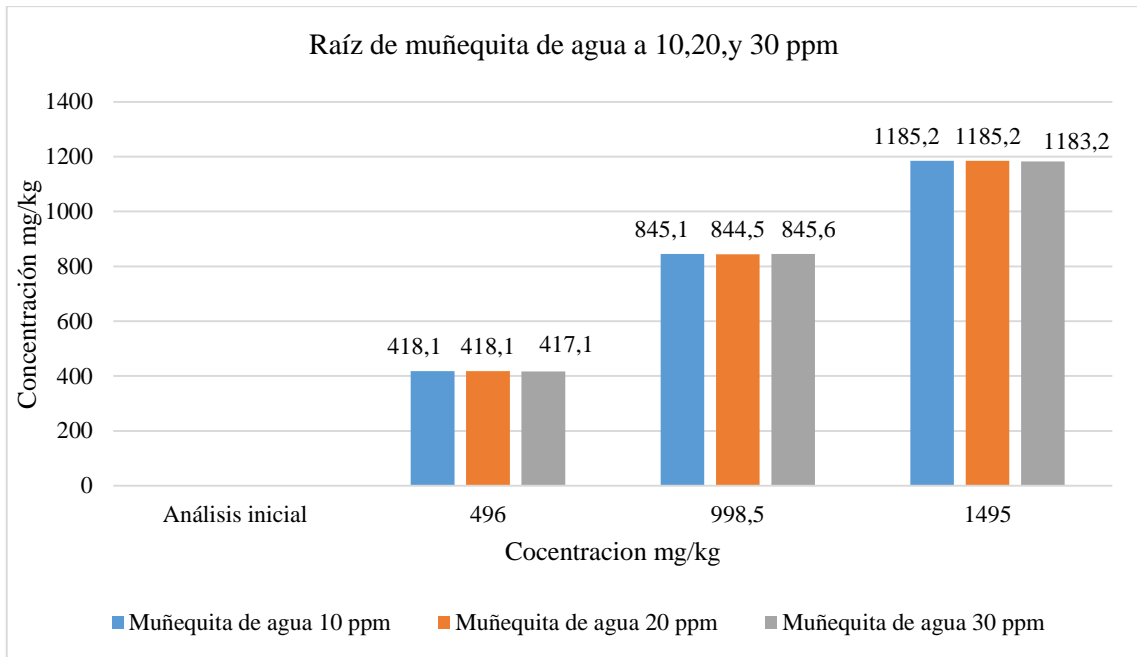


Tabla 39-4: Comparación de absorción de Pb por la raíz de muñequita de agua a 10, 20 y 30 ppm.

Parámetros	Inicial	Final	Porcentaje absorción
R1-10-MA	496 mg/kg	417,8 mg/kg	84,63 %
R2-20-MA	998,5 mg/kg	845,23 mg/kg	84,45 %
R3-30-MA	1495 mg/kg	1184,5 mg/kg	79,23 %

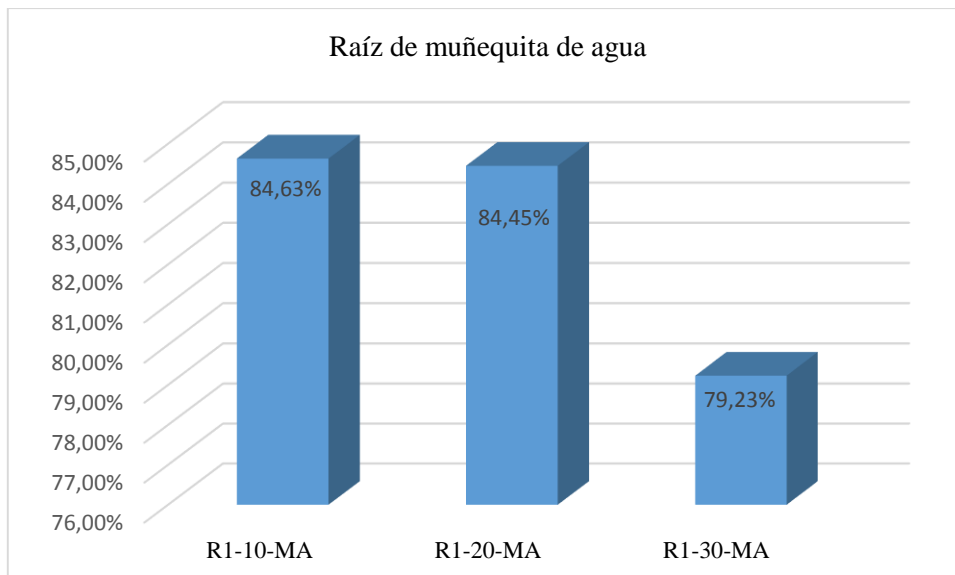


Gráfico 10-4: Comparación de absorción de Pb por la raíz de muñequita de agua a 10, 20 y 30 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Los promedios obtenidos de cada tratamiento, se observa que en el humedal a 10 ppm con muñequita de agua presenta un 84,63 % de mayor absorción de plomo, acumulando en la raíz de la planta, es decir de los 496 mg/kg (ppm) existe una reducción de 417,8 ppm de plomo, a diferencia del tratamiento 2 y 3 que tuvo un 84,45 % y 79,23 % respectivamente, es decir las plantas trabajan mejor a una menor concentración de plomo en el agua.

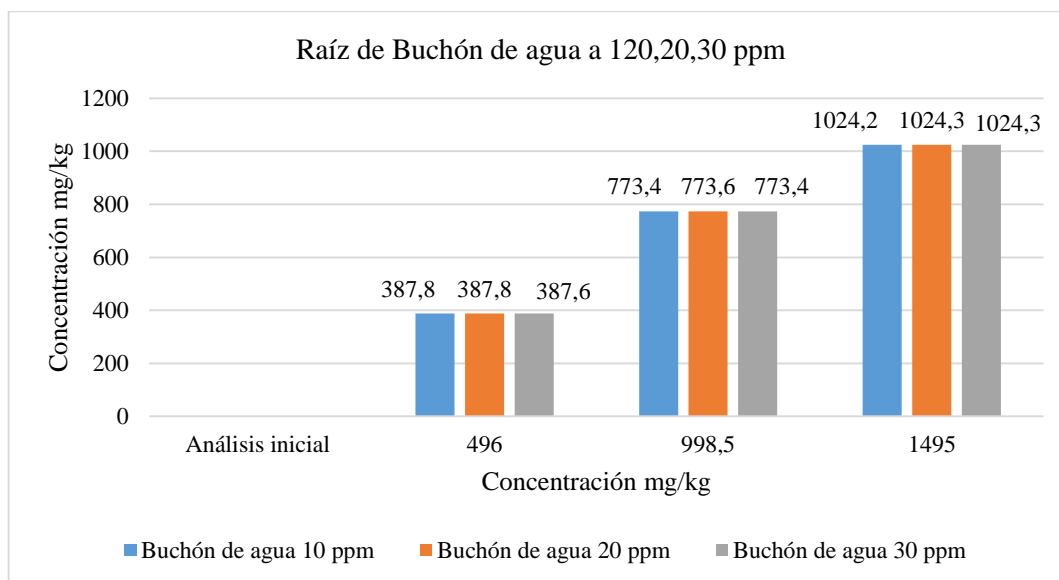
Algunos autores como Stottmeister et al. Ha reportado que las plantas son de gran importancia en el tratamiento de aguas mediante humedales artificiales, donde se considera que la zona de reacción activa de los humedales es la zona de las raíces, donde se lleva a cabo los procesos fisicoquímicos y biológicos.

Tabla 40-4: Resultados de la raíz de buchón de agua de 10,20, 30 ppm.

	Buchón a de agua 10 ppm	Buchón de agua 20 ppm	Buchón de agua 30 ppm
Análisis inicial	496 mg/kg	998,5 mg/kg	1495 mg/kg
Repetición 1	387,8 mg/kg	773,4 mg/kg	1024,2 mg/kg
Repetición 2	387,8 mg/kg	773,6 mg/kg	1024,3 mg/kg
Repetición 3	387,6 mg/kg	773,4 mg/kg	1024,3 mg/kg

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017



Parámetros	Inicial	Final	Porcentaje absorción
R1-10-BA	496 mg/kg	387,73 mg/kg	78,17 %
R2-20-BA	998,5 mg/kg	773,5 mg/kg	77,46 %
R3-30-BA	1495 mg/kg	1024,3 mg/kg	68,51 %

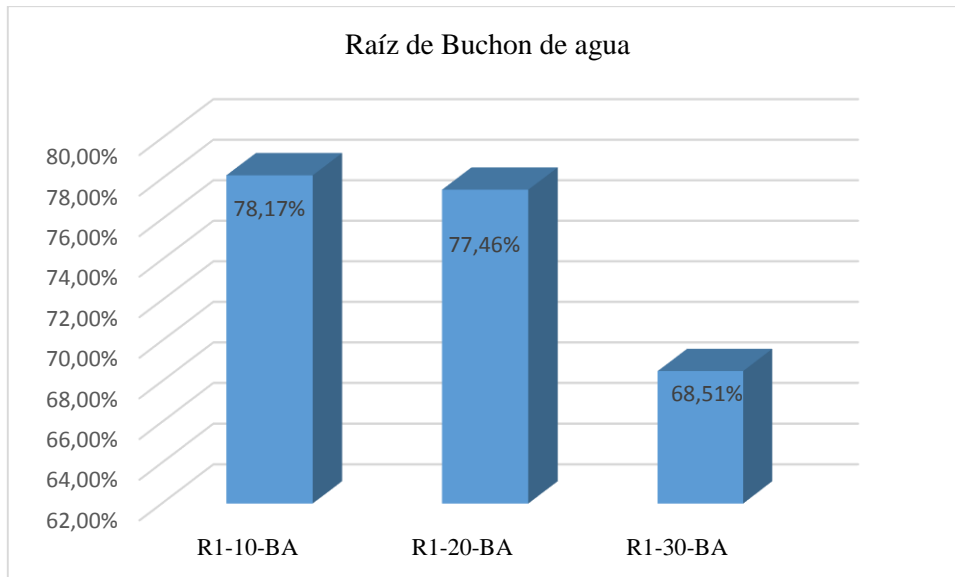


Gráfico 11-4: Comparación de absorción de Pb por la raíz de buchón de agua a 10, 20 y 30 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Los promedios obtenidos de cada tratamiento, se observa que en el humedal a 10 ppm con buchón de agua presenta un 78,17 % de mayor absorción de plomo, acumulando en la raíz de la planta, es decir de los 496 mg/kg (ppm) existe una reducción de 387,73 ppm de plomo, a diferencia del tratamiento 2 y 3 que tuvo un 77,46 % y 68,51 % respectivamente, es decir las plantas trabajan mejor a una menor concentración de plomo en el agua.

4.11. Comparación de plomo en el suelo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua.

A continuación, se detallan los resultados finales de las muestras de suelos de los humedales con las especies vegetales buchón de agua y muñequita de agua.

Los resultados iniciales de suelos arrojaron un resultado de < 10 ppm de Pb.

4.11.1. Comparación de plomo en el suelo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua a 10 ppm.

A continuación realizaremos las comparaciones de los resultados de Pb en el suelo, donde fueron sembradas las dos especies vegetales.

Tabla 41-4: Comparación de Pb del suelo de Buchón y Muñequita a 10 ppm.

Parámetros	Unidad	Buchón de agua (<i>Limnocharis Flava</i>)	Porcentaje en el suelo	Muñequita de agua (<i>Hydrocotyle Bonariensis</i>)	Porcentaje en el suelo
Absorción de plomo	mg/kg	7,3	1,47 %.	4,3	0,86 %.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

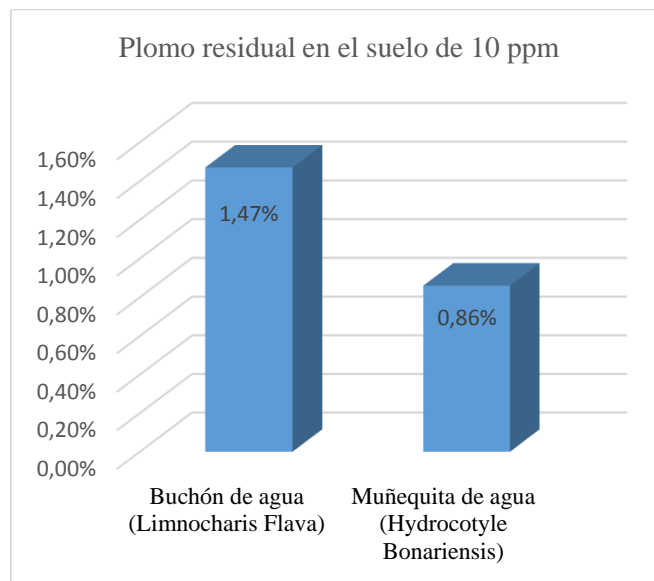


Gráfico 12-4: Plomo residual en el suelo de 10 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

El suelo del humedal de buchón de agua (*Limnocharis Flava*) presenta un mayor residuo de plomo de 7,3 ppm es decir 1,45 % y en muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*) tiene 4,3 ppm con un 0,86 %, los dos tratamientos cumplen el límite permisible del reglamento ambiental para las operaciones hidrocarburíferas (RAOHE) Tabla 6, donde especifica el límite permisible de plomo es < 500 mg/kg.

4.11.2. Comparación de plomo en el suelo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua a 20 ppm.

A continuación realizaremos las comparaciones de los resultados de Pb en el suelo, donde fueron sembradas las dos especies vegetales.

Tabla 42-4: Comparación de Pb del suelo de Buchón y Muñequita a 20 ppm.

Parámetros	Unidad	Buchón de agua (<i>Limnocharis Flava</i>)	Porcentaje en el suelo	Muñequita de agua (<i>Hydrocotyle Bonariensis</i>)	Porcentaje en el suelo
Absorción de plomo	mg/kg	18,7	1,87 %.	12,93	1,29 %.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

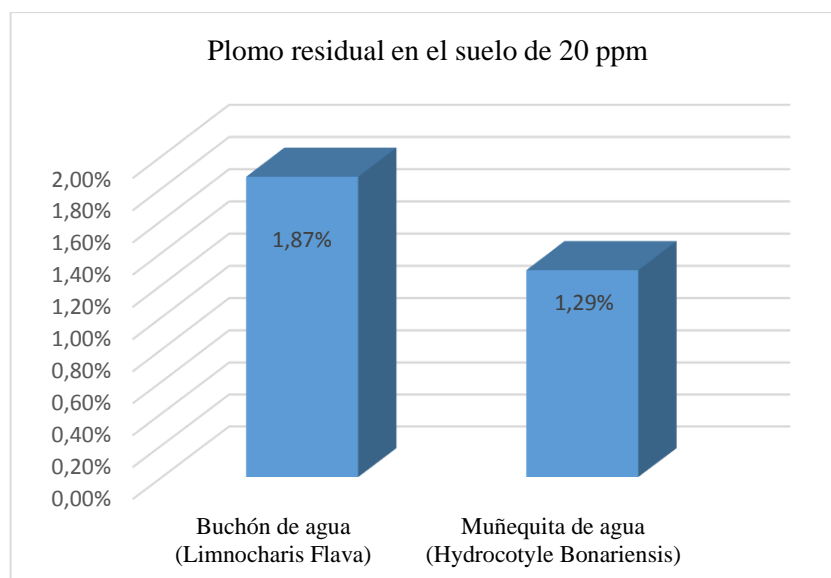


Gráfico 13-4: Plomo residual en el suelo de 20 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

El suelo del humedal de buchón de agua (*Limnocharis Flava*) presenta un mayor residuo de plomo de 18,6 ppm es decir 1,87 % y en muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*) tiene 1,29 ppm con un 1,29 %, los dos tratamientos cumplen el límite permisible del reglamento ambiental para las operaciones hidrocarburíferas (RAOHE) Tabla 6, donde especifica el límite permisible de plomo es < 500 mg/kg.

4.11.3. Comparación de plomo en el suelo entre la especie vegetal buchón de agua y muñequita de agua a 30 ppm.

Tabla 43-4: Comparación de Pb del suelo de Buchón y Muñequita a 30 ppm.

Parámetros	Unidad	Buchón de agua (<i>Limnocharis Flava</i>)	Porcentaje en el suelo	Muñequita de agua (<i>Hydrocotyle Bonariensis</i>)	Porcentaje en el suelo
Absorción de plomo	mg/kg	45,1	3,01 %.	40,2	2,68 %.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Fuente: LABSU, 2017

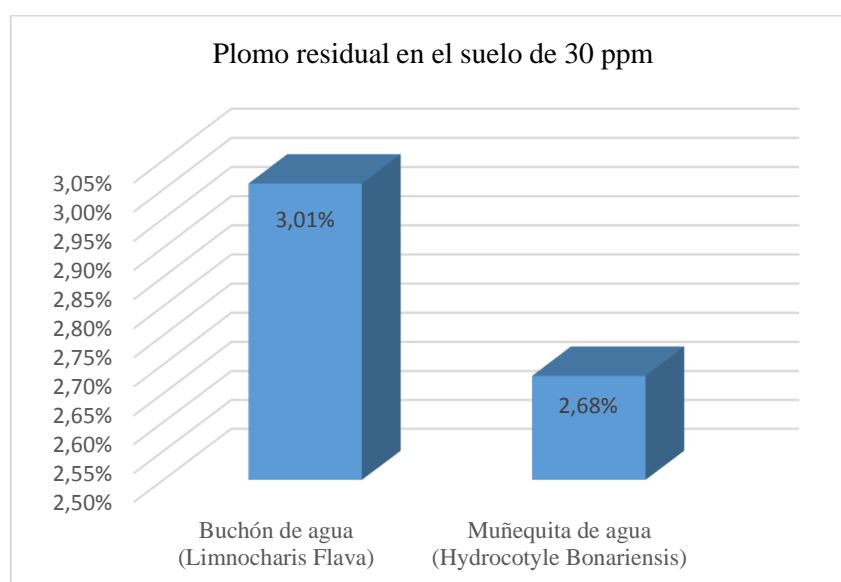


Gráfico 14-4: Plomo residual en el suelo de 30 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

El suelo del humedal de buchón de agua (*Limnocharis Flava*) presenta un mayor residuo de plomo de 45,1 ppm es decir 3,01 % y en muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*) tiene 40,2 ppm con un 2,68 %, los dos tratamientos cumplen el límite permisible del reglamento ambiental para las operaciones hidrocarburíferas (RAOHE) Tabla 6, donde especifica el límite permisible de plomo es < 500 mg/kg.

4.12. Acumulación de Pb en los tratamientos.

El presente trabajo tiene la finalidad de determinar la capacidad de absorción de plomo en los dos tipos de especies vegetales a continuación detallaremos en que partes existió residuos de plomo.

Tabla 44-4: Variables de estudio que intervienen en el humedal.

Variables de entrada	Variables de respuesta
Concentración inicial de plomo	Concentración de Pb en:
	Raíz
	Tallo
	Suelo
	Agua final

4.12.1. Acumulación de Pb en el tratamiento de Muñequita de agua a 10 ppm.

Variables de estudio que intervienen en el tratamiento Muñequita de agua a 10 ppm, todas las concentraciones están en las mismas unidades de mg/kg.

Tabla 45-4: Variables del humedal de muñequita de agua a 10 ppm.

Variables de entrada	Variables de respuesta		%
Concentración inicial: 496 mg/kg	Concentración de Pb en:		
	Raíz	417,8 mg/kg	84,23
	Tallo	46,5 mg/kg	9,38
	Suelo	4,3 mg/kg	0,86
	Agua final	20 mg/kg	4,03

Fuente: LABSU, 2017

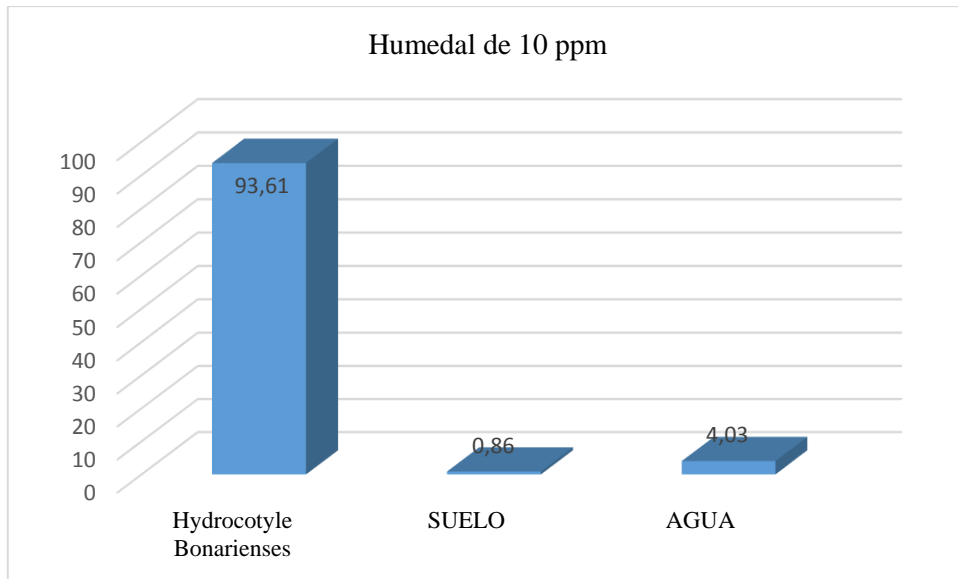


Gráfico 15-4: Variables del humedal de *Hydrocotyle Bonarienses* a 10 ppm

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

En el humedal de 10 ppm existió mayor acumulación de plomo en la planta muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*) con 93,61 %, reduciendo el plomo del agua en un 95,97 %, quedando una mínima cantidad de plomo en el suelo de 0,86 %.

4.12.2. Acumulación de Pb en el tratamiento de Muñequita de agua a 20 ppm.

Variables de estudio que intervienen en el tratamiento Muñequita de agua a 20 ppm, todas las concentraciones están en iguales unidades de mg/kg.

Tabla 46-4: Variables del humedal de muñequita de agua a 20 ppm

Variables de entrada	Variables de respuesta		%
Concentración inicial: 998,5 mg/kg	Concentración de Pb en:		
	Raíz	845,23 mg/kg	84,65
	Tallo	62,9 mg/kg	6,29
	Suelo	12,93 mg/kg	1,29
	Agua final	59,5 mg/kg	5,95

Fuente: LABSU, 2017

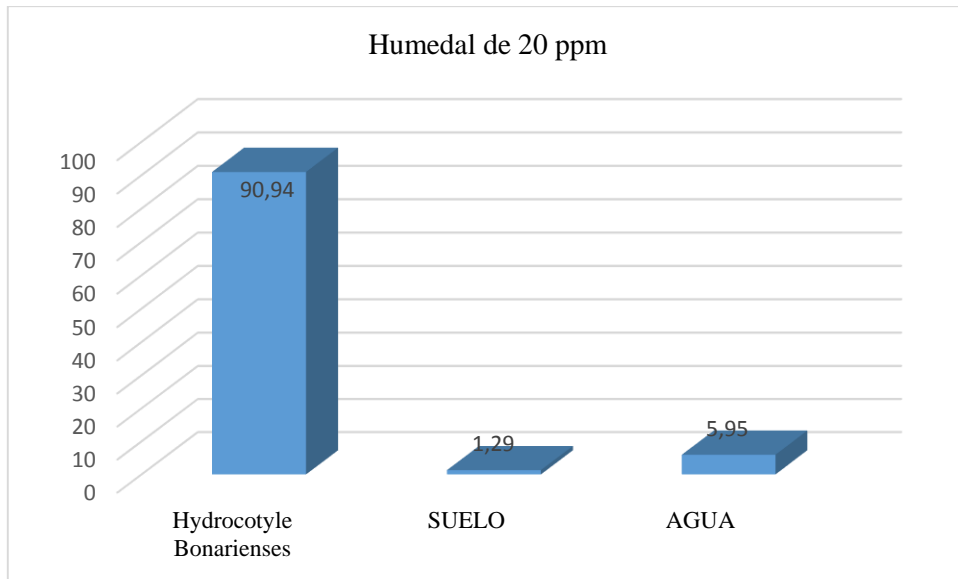


Gráfico 16-4: Variables del humedal de *Hydrocotyle Bonarienses* a 20 ppm

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

En el humedal de 20 ppm existió mayor acumulación de plomo en la planta muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*) con 90,94 %, reduciendo el plomo del agua en un 94,04 %, quedando una mínima cantidad de plomo en el suelo de 1,29 %.

4.12.3. Acumulación de Pb en el tratamiento de Muñequita de agua a 30 ppm.

Variables de estudio que intervienen en el tratamiento Muñequita de agua a 30 ppm, todas las concentraciones están en iguales unidades de mg/kg.

Tabla 47-4: Variables del humedal de muñequita de agua a 30 ppm.

Variables de entrada	Variables de respuesta		%
Concentración inicial: 1495 mg/kg	Concentración de Pb en:		
	Raíz	1184,5 mg/kg	79,23
	Tallo	70,4 mg/kg	4,71
	Suelo	40,2 mg/kg	2,69
	Agua final	169 mg/kg	11,30

Fuente: LABSU, 2017

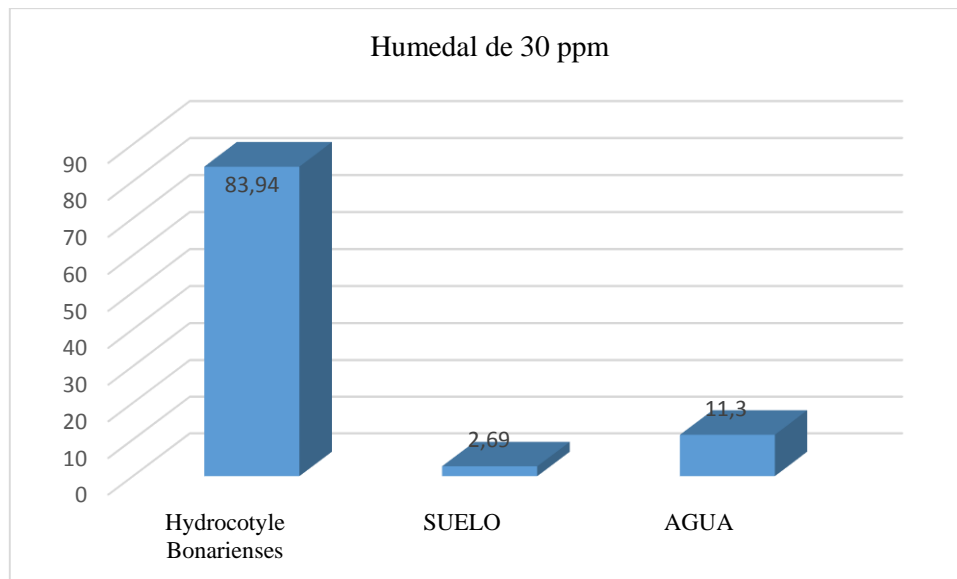


Gráfico 17-4: Variables del humedal de Hydrocotyle Bonarienses a 30 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

En el humedal de 30 ppm existió mayor acumulación de plomo en la planta muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonarienses*) con 83,94 %, reduciendo el plomo del agua en un 88,69 %, quedando una mínima cantidad de plomo en el suelo de 2,69 %.

4.12.4. Acumulación de Pb en el tratamiento de Buchón de agua a 10 ppm.

Variables de estudio que intervienen en el tratamiento Buchón de agua a 10 ppm, todas las concentraciones están en las mismas unidades de mg/kg.

Tabla 48-4: Variables del humedal de buchón de agua a 10 ppm

Variables de entrada	Variables de respuesta		%
Concentración inicial: 496 mg/kg	Concentración de Pb en:		
	Raíz	387,73 mg/kg	78,17
	Tallo	28,8 mg/kg	5,81
	Suelo	7,3 mg/kg	1,47
	Agua final	65 mg/kg	13,10

Fuente: LABSU, 2017

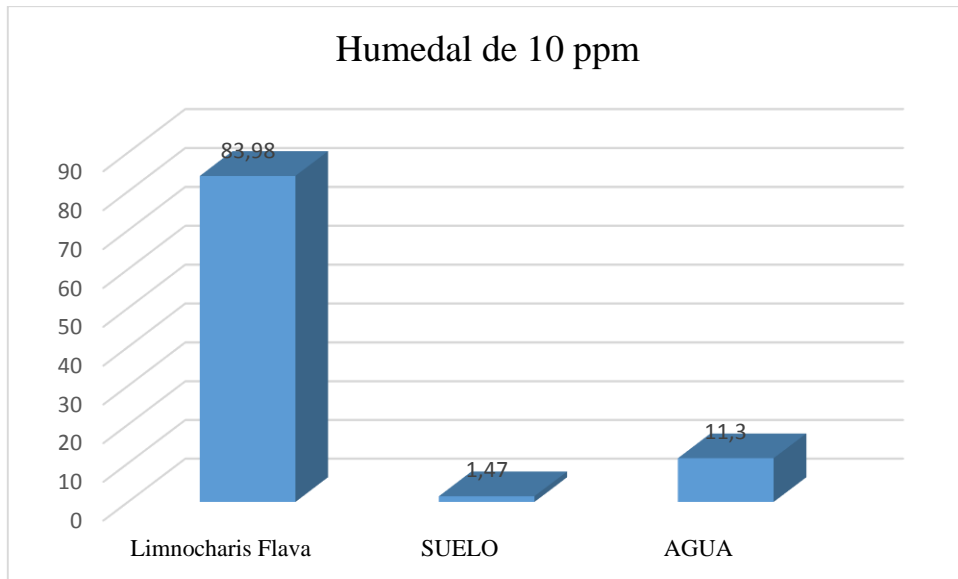


Gráfico 18-4: Variables del humedal de Limnocharis Flava a 10 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

En el humedal de 10 ppm existió mayor acumulación de plomo en la planta buchón de agua (*Limnocharis Flava*) con 83,98 %, reduciendo el plomo del agua en un 86,89 %, quedando una mínima cantidad de plomo en el suelo de 1,47 %.

4.12.5. Acumulación de Pb en el tratamiento de Buchón de agua a 20 ppm.

Variables de estudio que intervienen en el tratamiento Buchón de agua a 20 ppm, todas las concentraciones están en las mismas unidades de mg/kg.

Tabla 49-4: Variables del humedal de buchón de agua a 20 ppm.

Variables de entrada	Variables de respuesta		%
Concentración inicial: 998,5 mg/kg	Concentración de Pb en:		
	Raíz	773,4 mg/kg	77,46
	Tallo	40,3 mg/kg	4,04
	Suelo	18,7 mg/kg	1,87
	Agua final	148 mg/kg	14,82

Fuente: LABSU, 2017

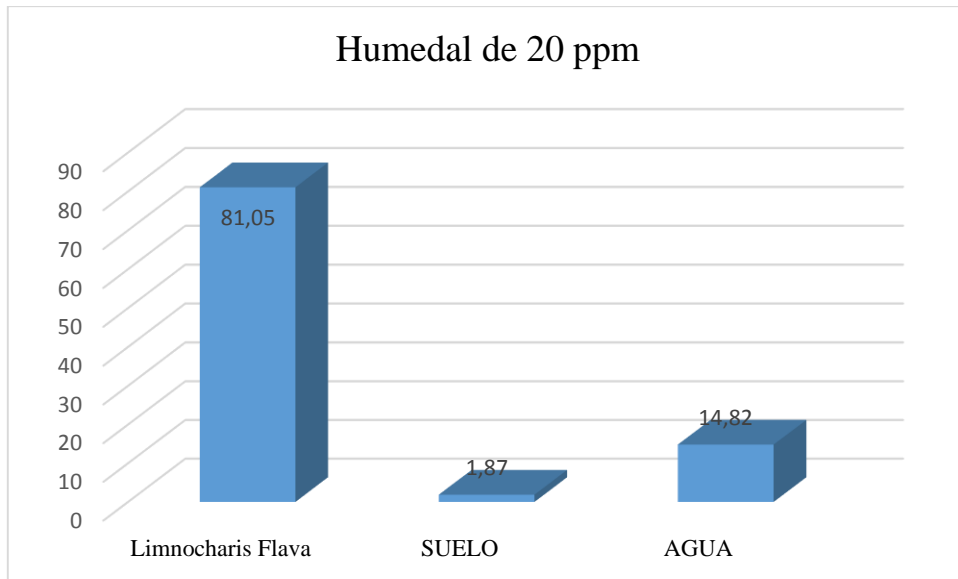


Gráfico 19-4: Variables del humedal de *Limnocharis Flava* a 20 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017

En el humedal de 20 ppm existió mayor acumulación de plomo en la planta buchón de agua (*Limnocharis Flava*) con 81,05 %, reduciendo el plomo del agua en un 85,17 %, quedando una mínima cantidad de plomo en el suelo de 1,87 %.

4.12.6. Acumulación de Pb en el tratamiento de Buchón de agua a 30 ppm.

Variables de estudio que intervienen en el tratamiento Buchon de agua a 30 ppm, todas las concentraciones están en las mismas unidades de mg/kg.

Tabla 50-4: Variables del humedal de buchón de agua a 30 ppm.

Variables de entrada	Variables de respuesta		%
Concentración inicial: 1495 mg/kg	Concentración de Pb en:		
	Raíz	1024,3 mg/kg	68,51
	Tallo	60,3 mg/kg	4,03
	Suelo	45,1 mg/kg	3,01
	Agua final	169 mg/kg	11,30

Fuente: LABSU, 2017

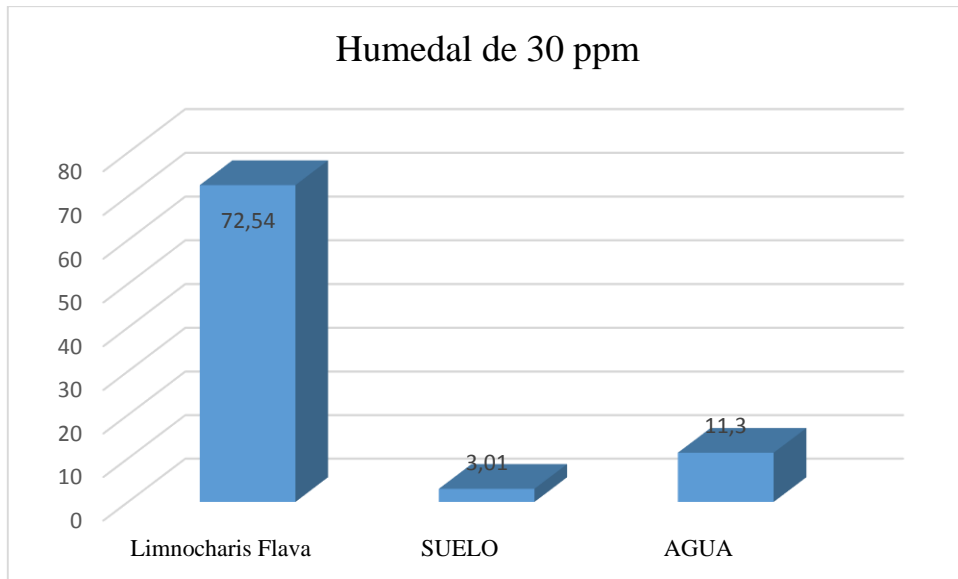


Gráfico 20-4: Variables del humedal de *Limnocharis Flava* a 10 ppm.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017

En el humedal de 30 ppm existió mayor acumulación de plomo en la planta buchón de agua (*Limnocharis Flava*) con 72,54 %, reduciendo el plomo del agua en un 88,69 %, quedando una mínima cantidad de plomo en el suelo de 3,01 %.

4.13. Análisis estadísticos.

Para validar la hipótesis se utilizó el programa SPSS, utilizando la prueba de Chi-cuadrado ingresando todos los datos obtenidos durante la investigación, se utilizó este método debido a que la distribución de la concentración inicial no fue normal.

Datos de la planta buchón de agua

Concentración inicial	Concentración final
9,92	1,3 ppm
19,97	2,96 ppm
29,90	6,78 ppm

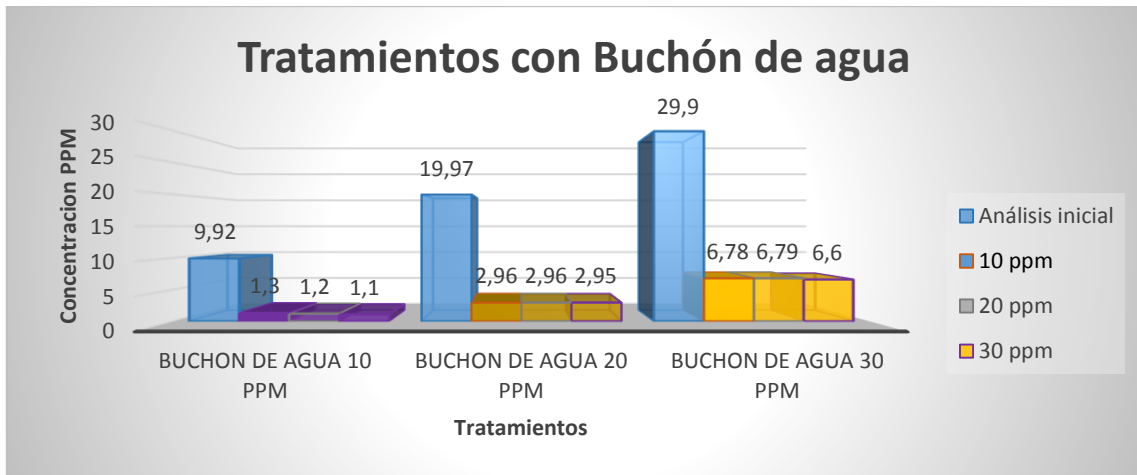


Gráfico 21-4: Análisis estadístico Buchón de agua.

Explicación:

En el gráfico 4-21 tenemos en el eje de las Y las columna del análisis inicial de las muestras de agua, seguida de la disminución de cada tratamiento, en el eje de las X se encuentran los tratamientos del humedal de 9,9; 19,97; y 29,9 ppm de plomo con buchón de agua.

Datos de la planta muñequita de agua

Concentración inicial	Concentración final
9,92	0,4 ppm
19,97	1,19 ppm
29,90	3,38 ppm

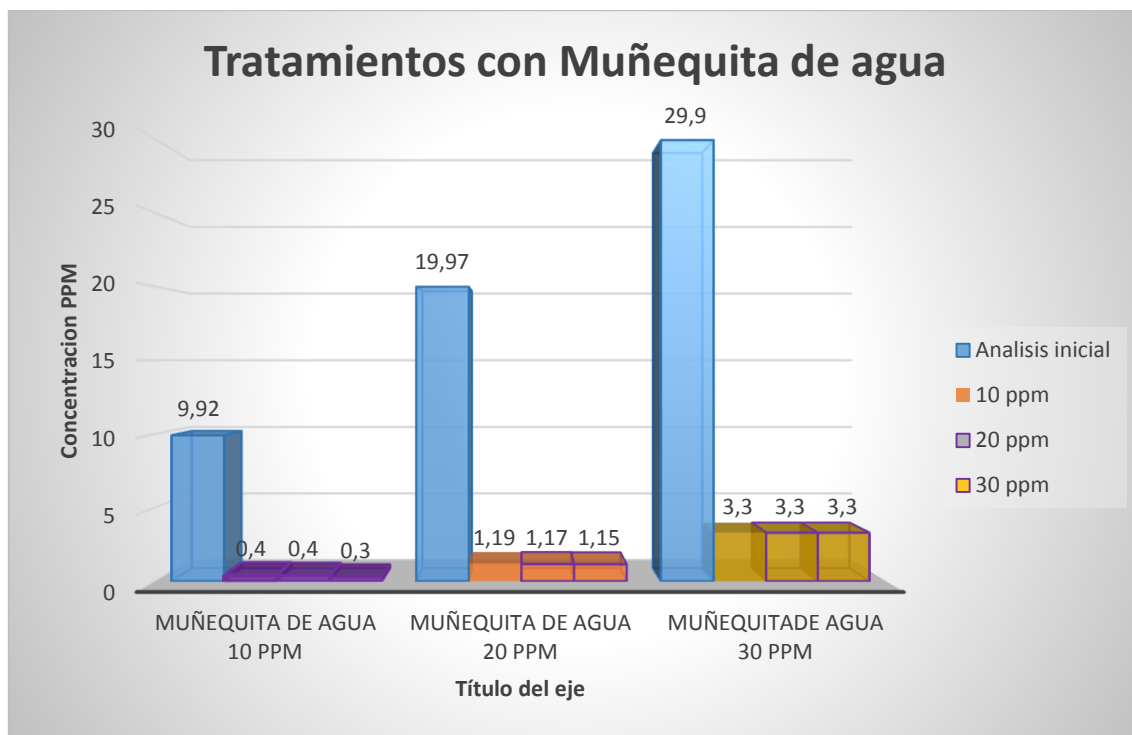


Gráfico 22-4: Análisis estadístico Muñequita de agua.

Explicación

En el gráfico 4-22 tenemos en el eje de las Y las columna del análisis inicial de las muestras de agua, seguida de la disminución de cada tratamiento, en el eje de las X se encuentran los tratamientos del humedal de 9,92; 19,97; y 29,9 ppm de plomo con muñequita de agua, evidenciando la mayor disminución de Pb en el humedal con muñequita de agua a 10 ppm.

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	36,000 ^a	10	,000
Razón de verosimilitud	39,550	10	,000
Asociación lineal por lineal	3,886	1	,049
N de casos válidos	18		

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

18 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1,00.

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 se relacionan con las concentraciones iniciales y finales.

$P \geq 0,05$

H_i no se relaciona con las concentraciones iniciales y finales.

$P < 0,05$

Decisión

Como $p = 0$ entonces se desecha H_0 , no existe relación entre concentración inicial y concentración final.

CONCLUSIONES

- Se determinó que la especie vegetal *Hydrocotyle Bonariensis* presenta una mayor absorción de plomo del agua de 9,92 ppm acumulándolo mayoritariamente en la raíz en un 84,63% y en el tallo un 9,38 %.
- Las concentraciones iniciales de Pb en las muestras de agua contaminada fueron de 9,92 ppm, 19,97 ppm y 29,90 ppm como nitrato de Pb, lo cual se determinó con el método de espectrofotometría de absorción atómica.
- Se determinó las concentraciones de Pb en el humedal de 9,92; 19,97; y 29,90 ppm luego de transcurrido 60 días con la especie vegetal Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) siendo un valor 1,3 ppm, 2,96 ppm, 6,78 ppm respectivamente y en el humedal tratado con la especie vegetal muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonariensis*) cuya concentración final fue de 0,4 ppm, 1,19 ppm y 3,38 ppm.
- Las concentraciones finales de plomo con el tratamiento de la especie vegetal buchón de agua (*Limnocharis Flava*) de 9,92 ppm obtuvo una absorción de 86%, seguido del tratamiento de 19,97 ppm obtuvo una absorción de 85% y de 29,90 ppm obtuvo una absorción de 77%, y con Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonariensis*) a 9,92 ppm logro una absorción de 96%, seguido del tratamiento de 19,97 ppm obtuvo una absorción de 94% y de 29,90 ppm obtuvo una absorción de 89%, por lo tanto esta última presenta una mayor absorción, por lo que se concluye que es la especie apropiada para el tratamiento de aguas contaminadas con Pb.

RECOMENDACIONES

- En la etapa de adaptación exponer las bandejas a la radiación solar para que las plantas no se marchiten.
- Ensayar con otro tipo de especies vegetales como helecho de agua (*Azolla Pinnata*) y Heliconia (*Heliconia psittacorum*).
- Limpiar el sistema cada semana para evitar que crezcan especies invasoras como el junco (*Cyperus rotundus*) dentro del sistema.
- Experimentar con una mayor concentración de plomo en las plantas.

BIBLIOGRAFÍA

BEDOYA, Juan; et al. Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia. *Revista internacional de contaminación ambiental* [en línea]. Antioquia – Colombia, 2014. 30 (3), pp 275-283.

[Consulta: 10 de abril de 2017]. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018849992014000300004&lng=es&tlng=es

CARPIO, Nelly. Cuantificación de Pb y Cd en aguas, sedimentos y plantas en el río Chimbo. (Tesis) (Maestría). Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales. Guayaquil - Ecuador. 2016. Pp.5-6

FENGLIAN Fu; et al. "Removal of Heavy Metals Ions from Wastewaters: A Review". *Journal of Environmental Management*. 92 ed. China - Pekín. 2011. pp. 407-410.

FRERS, Cristian. *El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales.* *Observatorio Medioambiental* [blog].

[Consulta: 30 de marzo 2017]. Disponible en:

<http://revistas.proeditio.com/REVISTAMAZONICA/article/view/158/136>

GARCIA, Elena. “Las dos caras del plomo”. *MoleQla* [en línea]. 2012. España – Madrid. 8. [en línea] pp. 73-74.

[Consulta: 15 de febrero 2017]. Disponible en:

https://www.upo.es/moleq1a/export/sites/moleq1a/documentos/numero_8_final.pdf

JIMÉNEZ, David. Cuantificación de metales pesados (Cadmio, Cromo, Níquel y Plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (*Crassostrea columbiensis*) ostión de mangle en el Puente Portete del Estero Salado Guayaquil [en línea] (Tesis). Universidad de Guayaquil, Facultad de ciencias naturales, Escuela de biología. Guayaquil- Ecuador. 2012. P 5.

[Consulta: 12 de febrero 2017]. Disponible en:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1683/1/Cuantificaci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados%20%28Cadmio%2c%20cromo%2c%20n%C3%ADquel%20y%20plomo%29%20en%20agua%20superficial%2c%20sedimentos%20y%20organismos...%20Jim%C3%A9nez%2c%20David.pdf>

LUNA PABELLO, Víctor Manuel, & ABURTO CASTAÑEDA, Sergio. “Sistema de humedales artificiales para el control de la eutrofización del lago del Bosque de San Juan de Aragon”. Revista especializada en ciencias químico - biológicas. [en línea]. 2014. México - Ciudad de México. 17. pp 30-35

[Consulta: 20 marzo de 2017]. Disponible en:

<http://www.revistas.unam.mx/index.php/tip/article/view/49787>

HERNÁNDEZ, María. “Evaluación de un reactor anaerobio y humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales”. Revista jóvenes en la ciencia. [en línea]. Guanajuato-México. 1. 2016. pp. 19-15.

[Consulta: 24 marzo de 2017]. Disponible en:

<http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/284/>

HURRELL Julio; et al, Flora Rioplatense: sistemática, ecología y etnobotánica de las plantas vasculares rioplatenses: II Dicotiledóneas [blog], Argentina, Buenos Aires, 2013.

[Consulta: 15 de marzo 2017]. Disponible en:

<https://florabonaerense.blogspot.com/p/bibliografia.html>

RUBIO, Carlos; et al. “El plomo como contaminante alimentario”. Revista de toxicología. [en línea]. 2004. España – Madrid. 21. pp 72.

[Consulta: 6 marzo de 2017]. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91921303>> ISSN 0212-7113

SAEED Thomas. & SUN Gonzalo. Una revisión sobre los mecanismos de eliminación de nitrógeno y compuestos orgánicos en humedales construidos de flujo subsuperficial: La dependencia de los parámetros ambientales, condiciones de operación y los medios de apoyo. J. Environ. Manag. Madrid- España. 2012. pp 429-448.

STEFANAKIS, Alexandros.; & TSIHRINTZIS, Vassilios. Effects of loading, resting period, temperature, porous media, vegetation and aeration on performance of pilot-scale vertical flow constructed wetlands. *Chemical engineering journal*. 181 ed. Boston-EEUU: 2012 pp. 416-430.

TINTIN, Fabián, & MOSCOSO, Pablo. Capacidad de absorción de la planta de papa *solanum Tuberosum ssp andigena*, en el suelo contaminado con plomo (Tesis). [en línea]. Universidad politécnica salesiana sede Cuenca. Ecuador-Cuenca. 2013. p 6. [Consulta: 25 marzo de 2017]. Disponible en:

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8925/1/UPS-CT005169.pdf>

VOLESKY Bohumil; et. al. "Biosorption of Heavy Metals". American chemical society, N° 39. (1995). United States of America. pp. 235-237

VYMAZA, Jineth. El uso de humedales construidos híbridos para el tratamiento de aguas residuales con especial atención a la remoción de nitrógeno: una revisión de un desarrollo reciente. Agua. Washington-USA. 2013. pp 15-47.

FERNÁNDEZ, Mateo, BEDOYA, Ana. MADRIÑÁN, Santiago. Plantas acuáticas de las planicies inundables de la Orinoquia Colombia [en línea]. Bogotá- Colombia, 2015. Pp. 18-35.

[Consulta: 16 de marzo 2017). Disponible en:

http://repository.humboldt.org.co/bitstream/20.500.11761/9431/1/Biota_16_1_2015_baja_2_p98-107.pdf

SANSALONE, M.F, et al, Metales pesados en el valle aluvial del Río Matanza-Riachuelo [en línea]. Argentina- Santa Fé.

[Consulta: 16 de marzo 2017). Disponible en:

http://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=00242&inst=yes&congresos=yes&detalles=yes&congr_id=1582637

ANEXOS

Anexo A: Recolección de las especies vegetales.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo B: Hoja de registro de temperatura ambiente.

HOJA DE REGISTRO DE TEMPERATURA AMBIENTE DE LOS HUMEDALES

DIA	FECHA	TEMPERATURA °C	DIA	FECHA	TEMPERATURA °C
1	7/07/2017	28,7	31	06/08/2017	32,7
2	08/07/2017	30,0	32	07/08/2017	32,3
3	09/07/2017	31,0	33	08/08/2017	30,7
4	10/07/2017	29,0	34	09/08/2017	31,3
5	11/07/2017	31,0	35	10/08/2017	30,7
6	12/07/2017	29,3	36	11/08/2017	31,0
7	13/07/2017	30,7	37	12/08/2017	31,0
8	14/07/2017	31,3	38	13/08/2017	31,3
9	15/07/2017	31,3	39	14/08/2017	28,3
10	16/07/2017	31,3	40	15/08/2017	29,7
11	17/07/2017	30,3	41	16/08/2017	30,2
12	18/07/2017	31,7	42	17/08/2017	31,0
13	19/07/2017	32,1	43	18/08/2017	32,0
14	20/07/2017	30,0	44	19/08/2017	30,0
15	21/07/2017	32,0	45	20/08/2017	32,3
16	22/07/2017	31,0	46	21/08/2017	30,0
17	23/07/2017	32,0	47	22/08/2017	31,0
18	24/07/2017	32,7	48	23/08/2017	31,3
19	25/07/2017	30,0	49	24/08/2017	30,7
20	26/07/2017	31,3	50	25/08/2017	31,0
21	27/07/2017	28,3	51	26/08/2017	31,0
22	28/07/2017	32,0	52	27/08/2017	31,3
23	29/07/2017	32,0	53	28/08/2017	28,3
24	30/07/2017	30,7	54	29/08/2017	29,7
25	31/07/2017	30,7	55	30/08/2017	32,1
26	01/08/2017	30,0	56	31/08/2017	32,2
27	02/08/2017	31,0	57	01/09/2017	31,0
28	03/08/2017	28,1	58	02/09/2017	30,2
29	04/08/2017	29,0	59	03/09/2017	30,0
30	05/08/2017	28,3	60	04/09/2017	29,0

Registrado por: Eliana Chercuelon

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo C: Siembra de la especie vegetal muñequita de agua.



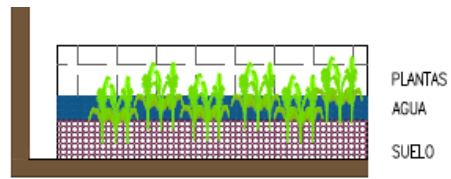
Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo D: Toma de muestra de agua.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo E: Componentes del humedal.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo F: Adecuación de los humedales.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo G: siembra de las especies vegetales *Limnocharis Flava*.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo H: Cubierta plástica.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo I: Sistema de *Limnocharis* y *Hydrocotyle*.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo J: Seguimiento a las unidades experimentales.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo K: Análisis de agua iniciales de 10 ppm.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefónos: (593) 06 - 2881 105</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriana Acreditación N° ONE LE 20 07 003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<p>INFORME DE ENSAYO N°: 112 910</p>	
SPS: 17 - 0 920	Análisis de agua	

Coca, 07 de julio del 2017.

Srta. ELIANA CHERCUELÓN.

Dirección: Coca.

1- Datos generales:

Recogidas por: Srta. Eliana Chercuelón.
Fecha hora de toma de muestra: 2 017 07 04 09:15.
Fecha hora ingreso al Laboratorio: 2 017 07 04 09:35.
Fecha del análisis: 2 017 07 04 a 2 017 07 06.
Condiciones Ambientales de Análisis: T. Max. 26,5°C T. Min. 22,0°C
Código de LabSu: Identificación de la muestra.
a 5 651: Muestra de agua contaminada con Pb.

2- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	a 5 651	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial de hidrógeno	~	8,01	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Conductividad eléctrica	Us/cm	78,5	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 8%
3	Plomo	mg/L	9,92	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111 B	± 30%

Fuente: **Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarbúricas Decreto No.1215, febrero 2001; Tabla # 4 a: Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descarga líquidas)**

3- Responsables del Informe:


 Autorización: Ing. Gilberto López Pérez,
 DIRECTOR TÉCNICO




 Ttc. Andros Solis Plaza,
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Los ensayos marcados con (*) no están incluídos en el alcance de la acreditación del SAE.

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo L: Análisis inicial de 20 ppm.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villanqueredo S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Teléfono: 593(0)6- 2881105</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OME LE 20 07 031 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<p>INFORME DE ENSAYO N°: 112 911</p>	
SPS: 17 - 0 921		Análisis de agua

Coca, 07 de julio del 2017.

Srta. ELIANA CHERCUELÓN.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:
 Recogidas por Srta. Eliana Chercuelón.
 Fecha hora de toma de muestra 2 017 07 04 09:15.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 017 07 04 09:35.
 Fecha del análisis 2 017 07 04 a 2 017 07 06.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Max. 26,5°C T. Min. 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra,
 a 5 652 Muestra de agua contaminada con Pb.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Item	Análisis solicitados	Unidad	a 5 652	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial de hidrógeno	~	7,55	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Conductividad eléctrica	Us/cm	78,5	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 8%
3	Plomo	mg/L	19,97	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111 B	± 30%

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarbónicas Decreto No.1215, febrero 2001.
 Tabla # 4 a: Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descarga líquidas)

3.- Responsables del Informe:





Autorización: Ing. Gilberto Lopez Perez, DIRECTOR TÉCNICO

Tcc. Andrés Solís Plaza, RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

MC200-05

Página 1 de 1

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo M: Análisis inicial de 30 ppm.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villanqueredo S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Teléfono: 593(0)6- 2881105</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OME LE 20 07 031 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<p>INFORME DE ENSAYO N°: 112 912</p>	
SPS: 17 - 0 922		Análisis de agua

Coca, 07 de julio del 2017.

Srta. ELIANA CHERCUELÓN.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:
 Recogidas por Srta. Eliana Chercuelón.
 Fecha hora de toma de muestra 2 017 07 04 09:15.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 017 07 04 09:35.
 Fecha del análisis 2 017 07 04 a 2 017 07 06.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Max. 26,5°C T. Min. 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra,
 a 5 653 Muestra de agua contaminada con Pb.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Item	Análisis solicitados	Unidad	a 5 653	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial de hidrógeno	~	7,64	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Conductividad eléctrica	Us/cm	78,0	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 8%
3	Plomo	mg/L	29,90	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111 B	± 30%

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarbónicas Decreto No.1215, febrero 2001.
 Tabla # 4 a: Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descarga líquidas)

3.- Responsables del Informe:





Autorización: Ing. Gilberto Lopez Perez, DIRECTOR TÉCNICO

Tcc. Andrés Solís Plaza, RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

MC200-05

Página 1 de 1

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo N: Análisis inicial de suelo.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villalpiedra S/N y Av. Labiska E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Teléfono: 593 06 2881103</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuador Acreditación N° OAE LE 25 81 003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<p>INFORME DE ENSAYO N°: H4678</p> <p>SPS: 17 - 0 210 Análisis de suelo</p>	

Srta. ELIANA CERCUELÓN. Coca, 07 de julio del 2017.
Dirección: Coca.

1.- Datos generales:
 Recogidas por: Srta. Eliana Chercuelón.
 Fecha hora de toma de muestra: 2 017 07 04 09:15.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio: 2 017 07 04 09:35.
 Fecha del análisis: 2 017 07 04 a 2 017 07 06.
 Condiciones Ambientales de Análisis: T. Max: 26,5°C T. Min: 21,5°C
 Código de LabSu: Identificación de la muestra.
 a 13 068 Muestra de suelo.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	a 13 068	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	pH Potom	mg/kg	<0,30	PEE/ANNCY/75	APIA 3120-B	± 15%

2.1.- Comentario: Resultado proporcionado por el laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002

3.- Responsables del Informe:

Autorización: Ing. Viviana Lara Villegas, DIRECTOR TÉCNICO

Ing. Homero Vela W., RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

MCE281-05 Página 1 de 1

Realizado por: CERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo O: Análisis final de agua con la especie vegetal Buchón de agua R1-20-BA, R2-20-BA, R3-20-BA

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villalpiedra S/N y Av. Labiska E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Teléfono: 593 06 2881103</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuador Acreditación N° OAE LE 25 81 003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<p>INFORME DE ENSAYO N°: H5 068</p> <p>SPS: 17 - 2 483 Análisis de agua</p>	

Srta. ELIANA CERCUELÓN. Coca, 22 de septiembre del 2017.
Dirección: Coca.

1.- Datos generales:
 Recogidas por: Srta. Eliana Chercuelón.
 Fecha hora de toma de muestra: 2 017 09 15 16:45.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio: 2 017 09 15 17:50.
 Fecha del análisis: 2 017 09 15 a 2 017 09 21.
 Condiciones Ambientales de Análisis: T. Max: 26,5°C T. Min: 21,5°C
 Código de LabSu: Identificación de la muestra.
 a 6 490 Muestra de agua R1-20-BA, R2-20-BA, R3-20-BA.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	R1-20-BA	R2-20-BA	R3-20-BA	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial de hidrogeno	~	8,26	8,26	8,21	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Conductividad eléctrica	Us/cm	820	820	819	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 5%
3	pH Potom	mg/l	2,96	2,95	2,96	PEE/ANNCY/75	APIA 3120-B	

2.1.- Comentario: Resultado proporcionado por el laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002

3.- Responsables del Informe:

Autorización: Ing. Viviana Lara Villegas, DIRECTOR TÉCNICO


Ing. Homero Vela W., RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

MCE281-05 Página 1 de 1

Realizado por: CERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo P: Análisis final del tejido vegetal del tallo y raíz de buchón de agua a 20 ppm.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: 115 074		
	SPS: 17 - 0 038	Análisis de planta	

Coca, 29 de septiembre del 2017.

Srta. ELIANA CHERCUELÓN.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Requidas por..... Srta. Eliana Chercuelón.
 Fecha hora de toma de muestra..... 2 017 09 15 16:45.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 017 09 15 17:50.
 Fecha del análisis..... 2 017 09 15 a 2 017 09 28.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Max. 26,5°C T. Min. 21,5°C
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.
 b 1941 Muestra de planta, Buchón de agua (Limnocharis Flava) R1-20-BA, R2-20-BA, R3-20-BA, TALLO y RAÍZ

Tallo.

2.- Resultados / Parámetros y métodos/ referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	R1-20-BA	R2-20-BA	R3-20-BA	PEE-LABSU	Método/ Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*CPiomo	mg/kg	40,2	40,5	40,2	PEE/ANNCY/95	APHA 3120 B	~

Raíz.

2.1.- Resultados / Parámetros y métodos/ referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	R1-20-BA	R2-20-BA	R3-20-BA	PEE-LABSU	Método/ Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*CPiomo	mg/kg	773,4	773,6	773,4	PEE/ANNCY/95	APHA 3120 B	~

2.2.- Comentario: © Resultado proporcionado por el laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
 Ing. Gilberto López Pérez
 DIRECTOR TÉCNICO




 Téc. Andrés Solís Plaza
 RESPONSABLE CALIDAD


Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

MC2201-05

Página 1 de 1

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo Q: Análisis final del tejido vegetal del tallo y raíz de buchón de agua a 30 ppm.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefonos: (593)06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: 115 075		
SPS: 17 - 0 038		Análisis de planta	

Coca, 29 de septiembre del 2017.

Srta. ELIANA CHERCUELÓN.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por..... Srta. Eliana Chercuelón.
 Fecha hora de toma de muestra..... 2 017 09 15 16:45.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 017 09 15 17:50.
 Fecha del análisis..... 2 017 09 15 a 2 017 09 28.
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Max. 26,5°C T. Min. 21,5°C
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.
 b 1942 Muestra de planta, Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) R1-30-BA, R2-30-BA, R3-30-BA, TALLO y RAÍZ

Tallo.

2.- Resultados / Parámetros y métodos/ referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	R1-30-BA	R2-30-BA	R3-30-BA	PEE-LABSU	Método/ Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*CPlomo	mg/kg	60,4	60,2	60,2	PEE/ANNCY/95	APHA 3120 B	~

Raíz.

2.1.- Resultados / Parámetros y métodos/ referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	R1-30-BA	R2-30-BA	R3-30-BA	PEE-LABSU	Método/ Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*CPlomo	mg/kg	1024,2	1024,3	1024,3	PEE/ANNCY/95	APHA 3120 B	~

2.2.- Comentario: © Resultado proporcionado por el laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
 Ing. Gilberto López Pérez
 DIRECTOR TÉCNICO




 Téc. Andry Solis Plaza
 RESPONSABLE CALIDAD



Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

MC2201-05

Página 1 de 1

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo R: Análisis final de agua con la especie vegetal muñequita de agua R1-10-MA, R2-10-MA, R3-10-MA.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881 105</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<p>INFORME DE ENSAYO N°: 115 064</p>	
SPS: 17 - 2 483		Análisis de agua

Coca, 22 de septiembre del 2017.

Srta. ELIANA CHERCUELÓN.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por.....Srta. Eliana Chercuelón.
 Fecha hora de toma de muestra2 017 09 15 16:45.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio2 017 09 15 17:50.
 Fecha del análisis2 017 09 15 a 2 017 09 21.
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Max. 26,5°C T. Min. 21,5°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 a 6 486 Muestra de agua R1-10-MA, R2-10-MA, R3-10-MA.

2.- Resultados / Parámetros y métodos/ referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	R1-10-MA	R2-10-MA	R3-10-MA	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial de hidrógeno	~	7,84	7,84	7,79	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Conductividad eléctrica	Us/cm	794	792	793	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 5%
3	*CPloeno	mg/L.	0,4	0,4	0,5	PEE/ANNCY/74	APHA 3120 B	~

2.1.- Comentario: © Resultado proporcionado por el laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002

3.- Responsables del Informe:


 Autorización: Ing. Viviana Lara Villegas.
 DIRECTOR TECNICO




 Ing. Homero Vela W.
 RESPONSABLE CALIDAD



Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

MC2201-05

Página 1 de 1

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo S: Análisis final de agua con la especie vegetal muñequita de agua R1-20-MA, R2-20-MA, R3-20-MA.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881 105</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<p>INFORME DE ENSAYO N°: 115 065</p>	
SPS: 17 - 2 483	Análisis de agua	

Coca, 22 de septiembre del 2017.

Srta. ELIANA CHERCUELÓN.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por.....Srta. Eliana Chercuelón.
 Fecha hora de toma de muestra2 017 09 15 16:45.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio2 017 09 15 17:50.
 Fecha del análisis2 017 09 15 a 2 017 09 21.
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Max. 26,5°C T. Min. 21,5°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 a 6 487 Muestra de agua R1-20-MA, R2-20-MA, R3-20-MA.

2.- Resultados / Parámetros y métodos/ referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	R1-20-MA	R2-20-MA	R3-20-MA	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial de hidrógeno	~	7,87	7,87	7,88	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Conductividad eléctrica	Us/cm	789	788	789	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 5%
3	*CPloeno	mg/L.	1,19	1,18	1,19	PEE/ANNCY/74	APHA 3120 B	~

2.1.- Comentario: © Resultado proporcionado por el laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002

3.- Responsables del Informe:


 Autorización: Ing. Viviana Lara Villegas.
 DIRECTOR TECNICO




 Ing. Homero Vela W.
 RESPONSABLE CALIDAD


Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

MC2201-05

Página 1 de 1

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo T: Análisis final de agua con la especie vegetal muñequita de agua R1-30-MA, R2-30-MA, R3-30-MA.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881 105</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<p>INFORME DE ENSAYO N°: 115 066</p>	
SPS: 17 – 2 483		Análisis de agua

Coca, 22 de septiembre del 2017.

Srta. ELIANA CHERCUELÓN.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por.....Srta. Eliana Chercuelón.
 Fecha hora de toma de muestra2 017 09 15 16:45.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio2 017 09 15 17:50.
 Fecha del análisis2 017 09 15 a 2 017 09 21.
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Max. 26,5°C T. Min. 21,5°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 a 6 488 Muestra de agua R1-30-MA, R2-30-MA, R3-30-MA.

2.- Resultados / Parámetros y métodos/ referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	R1-30-MA	R2-30-MA	R3-30-MA	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial de hidrógeno	~	7,89	7,87	7,88	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Conductividad eléctrica	Us/cm	789	788	790	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 5%
3	*CPloeno	mg/L.	3,38	3,38	3,39	PEE/ANNCY/74	APHA 3120 B	~

2.1.- Comentario: © Resultado proporcionado por el laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002

3.- Responsables del Informe:


 Autorización: Ing. Viviana Lara Villegas.
 DIRECTOR TECNICO




 Ing. Homero Vela W.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

MC2201-05

Página 1 de 1

Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo U: Florecimiento de la especie *Limnocharis Flava* en el humedal R1-BA-20.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo V: Florecimiento de la especie *Hydrocotyle Bonarienses* en los humedales R1-MA-10, 20 y 30



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo W: Recolección de las muestras de plantas *Hydrocotyle Bonarienses*.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo X: Recolección de la muestra *Limnocharis Flava*.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.

Anexo Y: Recolección de las muestras de suelo.



Realizado por: CHERCUELON, Eliana., 2017.