



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“EVALUACIÓN DEL FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN POR
METALES PESADOS EN LA *Eichhornia crassipes* PRESENTES EN LA
LAGUNA VALLE HERMOSO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: JUNIOR OMAR CALDERÓN MANZANILLAS

TUTOR: MSC. ANDRÉS BELTRÁN ÁVALOS

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

©2017, Junior Omar Calderón Manzanillas

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 del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“EVALUACIÓN DEL FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN POR METALES PESADOS EN LA *Eichhornia crassipes* PRESENTES EN LA LAGUNA VALLE HERMOSO”**, de responsabilidad del egresado Sr. Junior Omar Calderón Manzanillas ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Msc. Andrés Beltrán DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Msc. Rafaela Viteri MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Junior Omar Calderón Manzanillas, 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 autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 19 de mayo de 2017

Junior Omar Calderón Manzanillas

C.I. 180434046-9

Yo, Junior Omar Calderón Manzanillas, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Junior Omar Calderón Manzanillas

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por contribuir con los conocimientos necesarios para ser excelentes profesionales.

A mí FAMILIA por el apoyo incondicional con todo su cariño y comprensión.

A la Escuela de Ciencias Químicas de la Facultad de Ciencias, de igual manera al Msc Andrés Beltrán y a la Msc. Rafaela Viteri, quienes con sus consejos veraces y oportunos supieron guiarme durante la realización de mi trabajo de grado.

Junior

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1 MARCO TEÓRICO	6
1.1 CONTAMINACIÓN DEL AGUA	6
1.1.1 <i>Contaminación de Aguas con Tóxicos Persistentes</i>	6
1.2 METALES PESADOS	7
1.2.1 <i>Contaminación por metales pesados</i>	8
1.2.2 <i>Toxicidad de los metales pesados</i>	9
1.2.3 <i>Normativa Ecuatoriana</i>	13
1.3 MACRÓFITOS ACUÁTICOS	15
1.3.1 <i>Estructura de las macrófitas acuáticas</i>	16
1.3.2 <i>Tipos de hábitats</i>	17
1.4 <i>EICHHORNIA CRASSIPES (JACINTO DE AGUA)</i>	18
1.4.1 <i>Descripción</i>	18
1.4.2 <i>Hábitat</i>	20
1.4.3 <i>Reproducción</i>	20
1.5 FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN	21
CAPÍTULO II	
2 METODOLOGÍA	22
2.1 UNIDAD DE ESTUDIO	22
2.1.1 <i>Población de estudio</i>	22
2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	22
2.2.1 <i>Identificación de Variables</i>	23
2.2.2 <i>Relación de variables</i>	23
2.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS	23
2.3.1 <i>Obtención de las muestras</i>	23
2.3.1.1 <i>Ubicación</i>	23

2.3.1.2	Muestra	23
2.3.1.3	Técnicas de Muestreo.....	24
2.4	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	26
2.4.1	<i>Análisis de Metales pesados (Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Mn)</i>	26
2.4.2	<i>Plantas hiperacumuladoras</i>	27
2.4.3	<i>Cálculo del Factor de bioconcentración</i>	27
2.4.4	<i>Procesamiento de datos.</i>	27
CAPÍTULO III		
3	DISCUSIÓN Y RESULTADOS	28
3.1	CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA	28
3.2	ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN EL AGUA.	30
3.3	ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN LAS PLANTAS	33
3.4	FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN	44
	CONCLUSIONES	46
	RECOMENDACIONES	47
	GLOSARIO	48
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Elementos esenciales y/o tóxicos para vegetales y/o animales	7
Tabla 2-1: Límites máximos permisibles de metales pesados en cuerpos de agua para la preservación de flora y fauna	14
Tabla 3-1: Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola en riego.....	14
Tabla 4-1: Tipología de hábitats acuáticos	17
Tabla 5-1: Taxonomía de <i>Eichhornia crassipes</i>	18
Tabla 1-3: Resultados de pH.....	28
Tabla 2-3: Criterio de evaluación del agua con respecto al pH.	28
Tabla 3-3: Resultado del Oxígeno disuelto.....	29
Tabla 4-3: Criterio de evaluación del agua con respecto al OD.....	29
Tabla 5-3: Resultados de Temperatura	29
Tabla 6-3: Resultados de Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	30
Tabla 7-3: Concentración metales pesados en el agua (mg/l).....	30
Tabla 8-3: Correlación de los metales pesados en el agua.....	33
Tabla 9-3: Concentración de Cd en muestras de agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”	34
Tabla 10-3: Concentración de Fe en muestras de agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”	35
Tabla 11-3: Concentración de Cu en muestras de agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”	36
Tabla 12-3: Concentración de Mn en muestras de agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”	37

Tabla 13-3: Concentración de Zn en muestras de agua y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”	38
Tabla 14-3: Concentración de Ni en muestras de agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”	39
Tabla 15-3: Concentración de Pb en muestras de agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”	40
Tabla 16-3: Matriz de correlación de metales pesados en el tejido vegetal de la Eichhornia crassipes	42
Tabla 17-3: Tabla de correlaciones más representativas de metales pesados en el tejido vegetal de la Eichhornia crassipes	43
Tabla 18-3: FBC de metales pesados en el tejido vegetal de la Eichhornia crassipes	44
Tabla 19-3: Matriz de correlaciones del FBC entre metales	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Hojas de la <i>Eichhornia crassipes</i>	19
Figura 2-1: Flor de la <i>Eichhornia crassipes</i>	19
Figura 3-1: <i>Eichhornia crassipes</i>	20

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Concentración de metales pesados en las muestras de agua y los límites permisibles de metales pesados en cuerpos de agua para la preservación de flora y fauna.	31
Gráfico 2-3: Concentración de metales pesados en las muestras de agua y los criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola	32
Gráfico 3-3: Concentración de Cd en el agua y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso” ...	34
Gráfico 4-3: Concentración de Fe en el agua y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”	35
Gráfico 5-3: Concentración de Cu en el agua y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso” ...	36
Gráfico 6-3: Concentración de Mn en el agua y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso” ..	37
Gráfico 7-3: Concentración de Zn en el agua y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso” ...	38
Gráfico 8-3: Concentración de Ni en el agua y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”	39
Gráfico 9-3: Concentración de Pb en el agua y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso” ...	40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Laguna “Valle Hermoso”

ANEXO B: Ejemplar de la *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua)

ANEXO C: Toma de muestras del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)

ANEXO D: Determinación de los parámetros físicos del agua (pH, Conductividad, temperatura, Oxígeno disuelto)

ANEXO F: Resultados de laboratorio

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

BF	Índice de bioconcentración
Cd	Cadmio
Co	Cobalto
Cu	Cobre
FBC	Factor de Bioconcentración
mg/l	Concentración de metales en el agua
mg/Kg	Concentración de metales en el tejido vegetal
Mn	Manganeso
Ni	Níquel
Pb	Plomo
TULSMA	Texto Unificado Legislación Secundaria Ministerio Ambiente
Zn	Cinc

RESUMEN

El presente estudio de investigación tuvo como objetivo determinar el factor de bioconcentración (BFC) de metales pesados en la *Eichhornia crassipes*, tomada de la laguna “Valle Hermoso” ubicada en la comunidad de Langos, en el cantón Guano, para ello se realizó una recolección de una muestra por mes durante cuatro meses, tanto de la planta como del medio en donde se desarrolla. Para el desarrollo de la investigación se realizó el análisis de metales pesados en el agua, encontrándose que las concentraciones de Cd, Fe, Cu, Mn, Zn, Ni y Pb se encuentran sobre los límites permisibles para cuerpos de agua para la preservación de flora y fauna, sin embargo la concentración de estos metales a excepción del Pb se encuentran dentro de los límites de calidad admisibles para aguas de uso agrícola. Así mismo, se realizó el análisis de los principales metales pesados (Cd, Fe, Cu, Mn, Zn, Ni y Pb) en el agua y la planta, con lo cual se calculó el factor de bioconcentración, con la finalidad de conocer su potencial de extracción y/o estabilización de metales pesados, obteniéndose resultados que muestran que existe una baja absorción de cadmio y también acumuló en mayor cantidad Fe, Cu y Mn (1 242,495; 1 59,410 y 1 347,055 mg/kg). Finalmente, esta investigación indica que la *Eichhornia crassipes* puede ser utilizada para fitoextracción de metales pesados en sitios contaminados. También, se estima que la acumulación de los metales en la biomasa se ve influido por la concentración inicial de dichos elementos. Se recomienda ampliar el estudio mediante la comparación con otras especies de plantas y con la interacción entre raíz y la parte aérea de la planta.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGÍA>, <FITORREMEDIACIÓN>, <CALIDAD DEL AGUA >, <JACINTO DE AGUA (*Eichhornia crassipes*)>, <FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN >, <METALES PESADOS>, <MACRÓFITAS ACUÁTICAS>, <ABSORCIÓN>.

ABSTRACT

The objective of this research study was to determine the bioconcentration factor (BFC) of heavy metals in the *Eichhornia crassipes*, taken from the lagoon "Valle Hermoso" located in the community of Langos, in Guano County. For that was taken one sample per month for four months, both the plant and the environment where it developed. For the development of the investigation, the analysis of heavy metals in the water was carried out, finding that the concentrations of Cd, Fe, Cu, Mn, Zn, Ni, and Pb are above the permissible limits for bodies of water for the preservation of flora and fauna, however, the concentration of these metals, with the exceptions of Pb, is within the admissible quality limits for agricultural waters. Likewise, the analysis of the main heavy metals (Cd, Fe, Cu, Mn, Zn, Ni and Pb) in the water and the plant was carried out, with that the bioconcentration factor was calculated, with the purpose of knowing its potential of extraction and / or stabilization of heavy metals, obtaining results that show that there is a low absorption of cadmium and also accumulate in greater quantity Fe, Cu, Mn, (1 242, 295, 1 59, 410 and 1 347,055 mg/kg). Finally, this research indicates that *Eichhornia crassipes* can be used for phytoextraction of heavy metals in contaminated sites. Also, it estimated that the accumulation of metals in the biomass is influenced by the initial concentration of these elements. It is recommended to extend the study by comparing it with other plant species and with the interaction between the root and the aerial part of the plant.

Key words: <BIOTECHNOLOGY>, <PHYTOREMEDIATION>, <WATER QUALITY>, <WATER HYACINTH>, <(EICHIORNIA CRASSIPES)>, <BIOCONCENTRATION FACTOR>, <HEAVY METALS>, AQUATIC MACROPHITES, <ABSORPTION>

INTRODUCCIÓN

La mayoría de corrientes superficiales de agua están siendo utilizadas como reservorio de aguas residuales en diferentes campos de la actividad humana, sin recibir un adecuado tratamiento, limitando su uso para diferentes propósitos, lo cual implica un impacto económico importante ya que son necesarios métodos y sistemas de tratamiento muy elaborados y costosos para recuperar el nivel de calidad deseado.

Las aguas residuales que se descargan como producto de la actividad industrial contienen grandes cantidades de metales pesados. Los impactos incluyen efectos sobre las aguas donde se descargan los efluentes afectando a la vida acuática por la disminución de oxígeno disuelto, también disminuyen el valor de uso como agua para consumo humano o para la agricultura por la acumulación de metales pesados. El material tóxico puede contaminar cuerpos de agua durante cientos o incluso miles de años.

Las partículas con metales pesados al separarse de los residuos, se diseminan con el viento depositándose en el suelo y en los lechos de los cursos de agua y se integran lentamente en los tejidos de organismos vivos como los peces (Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales 2004) causando daños a la salud de las comunidades aledañas que por lo general son comunidades rurales que utilizan el agua para consumo y para la agricultura.

Antecedentes

BIOCONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LA ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA*) DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS ALREDEDOR DEL ÁREA INDUSTRIAL DE SOHAR EN OMÁN

Este estudio evaluó la presencia de metales pesados seleccionados en suelos agrícolas y alfalfa. Se recogieron muestras de 8 granjas, cuatro de cada uno de dos sitios (2 y 4 km de la industria). Los resultados muestran que la concentración de metal del suelo se encuentra en el orden de Fe > Al > Ni > Zn > Cr > Co > Cu > Pb. No hay diferencia en la concentración de metales entre las distancias. La mayoría de los suelos agrícolas son de naturaleza salina. En general, los metales se bioacumulan más en la raíz que en el brote. El Pb que registró la menor concentración en el suelo se ha trasladado más a los brotes comestibles. (Hameed y Al-Rashdi, 2013, p.271)

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN Y DE TRANSLOCACIÓN DE METALES PESADOS EN EL *Juncus Arcticus Willd.* Y *Cortaderia rudiuscula Stapf*, DE ÁREAS CONTAMINADAS CON EL PASIVO AMBIENTAL MINERO ALIANZA-ANCASH 2013

Para este estudio se realizó el análisis de metales pesados en el suelo, encontrándose que las concentraciones de Hg, Tl, Ag, Ni, Mo, Cr y Co se encuentran dentro del límite de las Normas de Calidad Ambiental Canadiense para suelo agrícola, mientras que las concentraciones de Cd, Sb, Cu, Zn, Pb y As se encuentran por encima del límite de las normas Canadienses.

Se realizó el análisis de los principales metales pesados en el suelo, parte aérea y raíz de la planta, con lo cual se calculó el factor de bioconcentración y translocación de las dos especies, con la finalidad de conocer su potencial de extracción y estabilización de metales pesados, obteniéndose resultados que muestran que el *Juncus arcticus Willd* acumulo mayor concentración de metales (Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Sb, Zn, Ag, Ni) en las raíces. Basados en el promedio de FBC de cada especie de planta, las raíces del *Juncus Arcticus Willd* fueron más eficientes que las raíces de la *Cortaderia rudiuscula Stapf*, en extraer Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Sb, Zn. Así mismo sobre la base del promedio del Tf, la *Cortaderia rudiuscula Stapf* fue más eficiente que el *Juncus Arcticus Willd* en la translocación de Mn, seguido del Cd, mientras que el *Juncus Arcticus Willd* fue más

eficiente que la *Cortaderia rudiusscula Stapfm* en la translocación de Pb, Sb, As, F y Al (Medina y Montano, 2014, p.5)

DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA DE *Azolla caroliniana* COMO MATRIZ DE HIPERACUMULACIÓN DE METALES PESADOS CUANTIFICADOS.

El objetivo del estudio fue verificar la capacidad de *Azolla Caroliniana* como matriz de hiperacumulación de metales pesados cuantificados como Pb y Cd en aguas contaminadas. Durante el experimento, *A. caroliniana* fue cultivada en una solución de agua enriquecida con Pd y Cd, cada uno a concentración de 1, 2,3 y 4 ppm, se le proporciono condiciones ambientales modificadas como intensidad de luz, temperatura y humedad. La presencia de Pb y Cd causo una inhibición del crecimiento de la planta por cerca del 20 % y 70 respectivamente. Al finalizar el experimento la disminución de Pb fue de 85% y de Cd de 75%, el factor de bioconcentración de Pb fue hasta 6,50 y de Cd hasta 4,45 en los tejidos de *Azolla caroliniana*. (Ballesteros, 2011,p. 15)

Justificación

La falta de datos fiables y actualizados en la zona complica más los trabajos que se desea realizar, por ello los datos que se recaben serán de gran utilidad para poder identificar las zonas donde se genere la posible contaminación y poder dar soluciones viables a dichos problemas, además que se generará información de la zona de estudio que pueden servir como línea base para diferentes investigaciones que serán de gran aporte para instituciones públicas o privadas, ya que por falta de datos esta Laguna no se encuentra tomada en cuenta como un recurso Hídrico de la provincia

El lugar fue seleccionado para la presente investigación considerando las actividades antrópicas tanto agrícolas como ganaderas que han ido en aumento de tal manera que se han convertido en zonas semi-urbanas, por lo cual, es muy difícil el identificar el grado de contaminación que generan estos cambios y que a su vez perjudican la salud de los habitantes de las zonas cercana a la laguna.

Los resultados obtenidos de la evaluación del factor de Bioconcentración determinara el estado actual en el que se encuentra la laguna “Valle Hermoso” y además podrán ser de utilidad para aplicar los correctivos necesarios en caso de ser requeridos ayudando a cumplir con la legislación ambiental vigente y garantizando los derechos constitucionales de los ciudadanos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Este proyecto al ser de gran interés público servirá como herramienta para la toma de decisiones por organismos gubernamentales como el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Chimborazo, la Secretaria Nacional del Agua, entre otros. Por lo tanto, la información complementaria paralela permitirá validar los resultados y constatar de mejor manera la realidad en la zona de estudio.

Por esta razón es primordial determinar y cuantificar los metales pesados a través del uso de biomarcadores, los mismos que se consideran como una alternativa eficaz para el control de la contaminación en los medios acuáticos. (Toro Restrepo, 2011, p. 201)

Objetivos

General

Evaluar el Factor de Bioconcentración por metales pesados en la *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua), presentes en la laguna “Valle Hermoso” del Cantón Guano.

Específicos

Determinar la concentración de metales pesados en las muestras de agua de la laguna “Valle Hermoso”

Determinar la concentración de metales pesados en las muestras de tejido vegetal tomadas de la laguna “Valle Hermoso”

Correlacionar la concentración de metales pesados acumulados en la *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) con concentraciones del medio donde se reproducen.

Valorar a la *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) como biomarcador para la determinación de metales pesados en el agua.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Contaminación del agua

La contaminación de origen industrial es la mayor fuente de contaminación de las aguas. Los metales pueden encontrarse de forma natural en las aguas no contaminadas dependiendo del tipo de suelo y la geología, a lo largo de una corriente superficial, en concentraciones que no representan peligro para la biodiversidad, siendo muchos de éstos necesarios para la vida acuática y para la salud humana. (Contreras Pérez et al., 2004, p. 38-57)

En la actualidad, uno de los problemas ambientales más críticos es la contaminación de los cuerpos de agua que es generada por el proceso de industrialización, debido a su alta toxicidad, persistencia en el ambiente y la capacidad que tienen de bioacumularse en los tejidos orgánicos. Los ambientes contaminados por metales alteran la capacidad de supervivencia de los organismos, modificando su estructura y función sistémica. (Metcalf y Eddy, 1991, p. 657)

1.1.1 Contaminación de Aguas con Tóxicos Persistentes

En la actualidad con el desarrollo industrial en crecimiento la dependencia de los recursos hídricos también se ha incrementado dando como resultado la descarga de aguas residuales con altas cargas de contaminantes tóxicos y persistentes que estas es uno de los principales problemas que alteran la calidad del agua. (Rodríguez, 2012, p. 58)

Dentro de los contaminantes tóxicos persistentes están contaminantes químicos como plaguicidas, residuos industriales o metales pesados, los hexaclorociclohexanos y el hexaclorobenceno, los policlorobifenilos (PCB) o las dioxinas. Estas sustancias pueden llegar a los cuerpos de agua de formas diferentes, mediante la descarga directa como efluentes de una industria o procedentes de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) que no cumplen adecuadamente con los tratamientos. (Porta M. et al., 2002, p. 257)

1.2 Metales Pesados

Son aquellos elementos metálicos de la tabla periódica cuyo peso atómico sea mayor a 55.85 g/mol, constituyen un grupo cercano a los 40 elementos. Se encuentran en el ambiente en bajas concentraciones, algunos de ellos son esenciales para el desarrollo de organismos vivos (incluyendo al ser humano) por su capacidad para alterar o desnaturalizar las proteínas; cuando se encuentran en altos niveles de concentración llega a ser tóxicos. (Realpe, 2009, p. 25)

Tabla 1-1: Elementos esenciales y/o tóxicos para vegetales y/o animales

Metal	Esencial		Tóxico		Forma dominante en el ambiente
	Vegetal	Animal	Vegetal	Animal	
As			✓	✓	AsO ₄ ⁻³
Cd			✓	✓	Cd ²⁺
Cr		✓			CrO ₄ ²⁻
Cu	✓	✓	✓	✓	Cu ²⁺
Hg			✓	✓	(CH ₃) ₂ Hg
Mo	✓	✓	✓	✓	MoO ₄ ²⁻
Ni	✓	✓	✓		Ni ²⁺
Pb			✓	✓	Pb ²⁺
Se			✓	✓	SeO ₄ ²⁻
Zn	✓	✓	✓	✓	Zn ²⁺
Co	✓	✓			Co ²⁺
Sn				✓	Sn ⁴⁺

Fuente: (BOIXADERA y TEIRA 2001; citado en Realpe, 2009)

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Son considerados como los contaminantes inorgánicas y se les ha dado una mayor relevancia y preocupación debido a facilidad de con la que llegan a formar parte de los ecosistemas acuáticos

naturales y a su toxicidad para las formas superiores de vida. Aun cuando se encuentran en pequeñas cantidades y son indetectables, la persistencia de los iones metálicos presentes en cuerpos de agua, implica que a través de procesos naturales como la biomagnificación, su concentración puede llegar a niveles de concentración letales para las formas de vida superiores. (Realpe, 2009, p. 25)

1.2.1 Contaminación por metales pesados

La contaminación del medio ambiente por metales pesados se puede dar por factores naturales (erosión de minerales metálicos), o por las actividades antropológicas (combustión de derivados de petróleo, minería, fundiciones, y aplicaciones industriales de los metales). Esto se origina a causa de los vertidos con altos niveles de concentración de elementos traza que se generan como subproducto de las actividades industriales como la minería e industria agrícola principalmente. (Romero y Galán, 2008, p. 48-60).

Su biodisponibilidad está influenciada por factores físicos tales como temperatura, asociación de fase, adsorción y secuestro. También se ve afectada por factores químicos que influyen en la especiación en el equilibrio termodinámico, la cinética de complejación, la solubilidad lipídica y los coeficientes de reparto octanol / agua. Factores biológicos como las características de las especies, las interacciones tróficas, y la adaptación bioquímica / fisiológica, también desempeñan un papel importante (Tchounwou P. et al., 2014, p. 133)

Con el aumento de la actividad industrial y comercial de los metales, las descargas al medio ambiente se ha incrementado considerablemente y constituyen un serio problema debido a su toxicidad y a sus efectos dañinos que produce tanto en los seres humanos como en los animales. Las vías de ingreso de los metales hacia el cuerpo humano son la respiratoria, la digestiva y, en menor grado, la dérmica. Los metales pesados tienen la característica de unirse a moléculas orgánicas y ser parte de la cadena alimenticia de los seres vivos. Al no ser biodegradables tienden a bioacumularse debido a que el organismo afectado no puede eliminar el contaminante, haciendo que la concentración en el medio donde vive cada vez sea mayor. (Morales y Ruiz, 2008, p. 3)

La toxicidad y la carcinogenicidad inducidas por metales pesados implican muchos aspectos mecánicos, algunos de los cuales no están claramente elucidados ni comprendidos. Sin embargo, cada metal es conocido por tener características únicas y propiedades físico-químicas que confieren

a sus mecanismos toxicológicos específicos de acción. Cuando un metal entra en los sistemas biológicos, afectan organelos celulares y componentes tales como membrana celular, mitocondrial, lisosoma, retículo endoplásmico, núcleos y algunas enzimas involucradas en el metabolismo, desintoxicación y reparación de daños. (Tchounwou P. et al., 2014, p. 134)

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), estos metales también se clasifican como carcinógenos humanos "conocidos" o "probables" basados en estudios epidemiológicos y experimentales que muestran una asociación. Cuando la concentración de un metal en un órgano alcanza niveles críticos en sus células ocurren cambios funcionales lesivos, que llegan a ser irreversibles. Identificar al órgano que primero alcance una concentración crítica en unas circunstancias determinadas de exposición ayuda a detectar el comienzo de una intoxicación, convirtiéndose en una forma de alarma para prevenir efectos más graves. (Contreras et al., 2004, p. 32-34).

1.2.2 Toxicidad de los metales pesados

Cadmio (Cd)

Es un metal que se encuentra de forma natural en el ambiente combinado con otros elementos, no se degrada, pero sí cambia de forma, las partículas de cadmio pueden moverse por largas distancias gracias a la acción del viento antes de depositarse en la tierra o el agua.

Las plantas, los peces y otros animales incorporan cadmio del ambiente, es uno de los metales más solubles y peligrosos aun en pequeñas concentraciones. Las altas concentraciones de Cd impiden que las plantas puedan absorber Fe e interfiere con transporte de varios elementos. La interacción directa o indirecta de Cd con el Fe, Zn, P y Mn produce en las plantas atrofia y clorosis que son los síntomas más generales de toxicidad por Cd.

El cadmio entra en la alimentación humana con los vegetales y productos animales. Se fija a las plantas más rápidamente que el plomo. Los frutos y semillas contienen menos cadmio que las hojas. El pescado, los crustáceos, el riñón e hígado de animales acumulan cadmio en grado relativamente elevado. (Ramírez, 2002, p. 52). Puede acumularse en el cuerpo humano, especialmente en el riñón, pues su eliminación es muy lenta y puede provocar afecciones renales, alteraciones óseas y fallos

del aparato reproductor. Aproximadamente se absorbe un 5% del cadmio presente en los alimentos. Este porcentaje puede alcanzar el 15% si hay deficiencia de hierro. En riñón puede concentrarse hasta el 85% de la carga corporal de cadmio. Se considera que el riñón es el órgano diana crítico tanto en la población general como en poblaciones expuestas. (Ramírez, 2002, p.53).

Cobre (Cu)

El cobre es un metal que posee una gran afinidad para formar complejos con la materia orgánica, excelente conductor del calor y la electricidad, y su capacidad funcional se altera muy poco con la exposición al aire seco. El cobre es un elemento esencial del metabolismo humano.

Las sales de cobre son tóxicas, en la práctica esto sólo es cierto cuando las disoluciones se utilizan de forma incontrolada. La ingestión de sulfato de cobre, en grandes cantidades (gramos), producen náuseas, vómitos, diarrea, sudoración, hemólisis intravascular y posible fallo renal; no es muy común que se produzcan convulsiones, coma y la muerte por intoxicación.

Cuando se beben aguas carbonatadas o zumos de cítricos que han estado en contacto con recipientes, cañerías, grifos o válvulas de cobre se puede producir irritación del tracto gastrointestinal, que pocas veces llega a ser grave. En algunos casos en que se utilizaron sales de cobre para el tratamiento de quemaduras, se observaron concentraciones elevadas de cobre sérico y manifestaciones tóxicas.

Efectos tóxicos crónicos atribuibles al cobre sólo parecen existir en personas que han heredado una pareja específica de genes recesivos autosómicos y que, como consecuencia, desarrollan una degeneración hepatolenticular (enfermedad de Wilson). La mayor parte de la alimentación diaria que consume el hombre contiene de 2 a 5 mg de cobre, que prácticamente no se retiene en el organismo. El contenido corporal de cobre en una persona adulta es de 100 a 150 mg y es casi constante. (Nordberg, 2008, p. 14)

Aún no se ha descrito ningún caso de toxicidad crónica primaria por cobre (perfectamente definida a partir de las observaciones de pacientes con toxicosis por cobre crónica heredada —la enfermedad de Wilson— como disfunción y lesiones estructurales hepáticas, del sistema nervioso central, de los riñones, los huesos y los ojos) excepto en personas que padecen la enfermedad de Wilson.

Hierro (Fe)

El hierro es el segundo metal más abundante en la tierra. Se utiliza para la fabricación de piezas de hierro y acero fundidos y en aleaciones con otros metales. También se emplea para aumentar la densidad de los líquidos en las perforaciones petrolíferas. (Matutei et al., 2014, p. 39)

La inhalación de polvo de hierro produce una irritación local para los pulmones y el tracto gastrointestinal. La exposición prolongada a una mezcla de polvo de hierro y otros metales puede afectar a la función pulmonar. La inhalación de óxido de hierro puede originar neumoconiosis, pero no existen se ha comprobado que las partículas de óxido de hierro tengan relación con el desarrollo del cáncer de pulmón. Los experimentos en animales indican que el polvo de óxido de hierro podría actuar como una sustancia “co-cancerígena”, favoreciendo el desarrollo del cáncer cuando se combina simultáneamente con la exposición a sustancias cancerígenas. (Nordberg, 2008, p. 16)

Los estudios realizados en trabajadores en las minas de hematita (mineral de hierro rojo (Fe_2O_3), que contiene un 70 % de hierro) han demostrado que hay una mayor probabilidad contraer cáncer de pulmón entre personas fumadoras.

Manganeso (Mn)

Es un elemento bastante común en la corteza terrestre. Se utiliza en la producción de acero, cerámica vidrio, tintes. Algunas sales manganeso se utilizan como fertilizantes y como secantes para el aceite de linaza.

Se han producido intoxicaciones por manganeso en la minería, durante el proceso de minerales de manganeso. Los efectos peligrosos de la exposición estarán estrechamente relacionados con la composición de las partículas de aerosol de manganeso. Además, se ha probado que los aerosoles formados por condensación resultan más nocivos que los formados por desintegración, lo que puede relacionarse con la diferencia de distribución de las partículas. (Nordberg, 2008, p. 25)

La toxicidad de los distintos compuestos de manganeso parece depender del tipo de ion manganeso y de su estado de oxidación. Cuanto menos oxidado esté el compuesto, mayor será su toxicidad.

La intoxicación crónica puede tener manifestaciones nerviosas o pulmonares, enfermedad conocida como manganismo. Los síntomas son: indiferencia y apatía, somnolencia, pérdida de apetito, cefalea, vértigo y astenia. También pueden existir accesos de excitabilidad, dificultades para caminar y de coordinación, calambres y dolor de espalda. Todos estos síntomas pueden presentarse en diferentes grados y aparecer simultáneamente o aislados. La intoxicación por manganeso termina por hacerse crónica, sin embargo si se diagnostica en las etapas iniciales y se retira al paciente de la exposición, puede ser reversible. Una vez bien establecido el cuadro patológico, se vuelve progresivo e irreversible, aun cuando cese la exposición. Los trastornos nerviosos no tienden a remitir y pueden ir seguidos de deformaciones articulares. Aunque es posible reducir la gravedad de ciertos síntomas, la marcha queda afectada permanentemente.

Níquel (Ni)

Es un elemento esencial para el metabolismo de las plantas, (Mahler, 2003), el níquel aparece ligado a formas orgánicas que forman quelatos fácilmente solubles. Es un elemento móvil dentro del tejido vegetal que preferentemente se acumula en hojas y semillas (Halstead et al., 1969)

Los compuestos de níquel se encuentran entre las causas más frecuentes de dermatitis alérgicas por contacto. La sensibilización al níquel produce conjuntivitis, neumonitis eosinófila y reacciones locales o sistémicas a las prótesis que contienen níquel.

También se han descrito enfermedades crónicas de las vías respiratorias bajas, como bronquitis o fibrosis pulmonar, pero con una frecuencia muy baja. Rendall (1994) describe un caso de exposición aguda mortal por inhalación de partículas de níquel en un trabajador del proceso de este metal mediante arco eléctrico, resalta la importancia de utilizar el equipo protector en este tipo de procesos con electrodos de níquel.

Plomo (Pb)

Es un metal que se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuro se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo. La solubilidad del Pb en condiciones alcalinas se precipita como hidróxido, fosfato formando complejos orgánicos estables. Los efectos sobre la salud de los crustáceos pueden tener lugar incluso cuando sólo hay pequeñas concentraciones de Plomo.

Los compuestos orgánicos del plomo se absorben rápidamente y por lo tanto suponen un mayor riesgo. Los compuestos orgánicos del plomo pueden ser cancerígenos. (Ramirez, 2005, p. 55-70)

En el organismo humano, el plomo inorgánico no se metaboliza, sino que se absorbe, se distribuye y se excreta directamente. La velocidad a que se absorbe el plomo depende de su forma química y física y de las características fisiológicas de la persona expuesta (edad y estado nutricional). La cantidad de plomo absorbida en el tracto gastrointestinal de los adultos suele estar comprendida entre el 10 y el 15 % de la cantidad ingerida; en los niños y las mujeres embarazadas, la cantidad absorbida puede aumentar hasta en un 50 %. (Nordberg, 2008, p. 10)

Zinc (Zn)

Es un metal que se encuentra ampliamente distribuido, puede combinarse con metales como cobre, níquel, aluminio y magnesio. Cuando se alea con cobre, se obtiene el importante grupo de aleaciones denominadas bronce. Es un nutriente esencial que participa en el metabolismo de los ácidos nucleicos y en la síntesis de las proteínas, no se acumula en el organismo y los expertos en nutrición recomiendan una ingesta diaria mínima de zinc

La solubilidad del zinc en líquidos ligeramente ácidos, en presencia de hierro, ha provocado la ingestión accidental de grandes cantidades de zinc por la preparación de alimentos ácidos, como zumos de frutas, en recipientes de hierro galvanizado desgastados. Entre 20 minutos y 10 horas después de la ingestión se presenta fiebre, náuseas, vómitos, dolor de estómago y diarrea. (Nordberg, 2008, p. 15)

1.2.3 Normativa Ecuatoriana

En Ecuador con el fin de controlar las emisiones tóxicas se han establecido reglamentos contra la contaminación ambiental, la que establece los límites máximos permisibles de metales pesados en cuerpos de agua para la preservación de flora y fauna y criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola. Lo aludido anteriormente lo encontramos según la normativa ecuatoriana en el Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua expedido en el Acuerdo Ministerial 097-A por el Ministerio del Ambiente, que establece los siguientes objetivos:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Tabla 2-1: Límites máximos permisibles de metales pesados en cuerpos de agua para la preservación de flora y fauna

Parámetros	unidad	Limite máximo permisible	
		Agua Dulce	Agua marina y estuario
Cadmio	mg/l	0,001	0,005
Hierro	mg/l	0,3	0,3
Cobre	mg/l	0,005	0,005
Manganeso	mg/l	0,1	0,1
Zinc	mg/l	0,03	0,015
Níquel	mg/l	0,025	0,1
Plomo	mg/l	0,001	0,001

Fuente: TULSMA, LIBRO VI ANEXO I

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Tabla 3-1: Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola en riego

Parámetros	unidad	Criterio de Calidad
Cadmio	mg/l	0,05
Hierro	mg/l	5,0
Cobre	mg/l	0,2
Manganeso	mg/l	0,2
Cinc	mg/l	2,0
Níquel	mg/l	2,0
Plomo	mg/l	0,05

Fuente: TULSMA, LIBRO VI ANEXO I

Realizado por: Calderón Junior, 2017

1.3 Macrófitos acuáticos

Las macrófitas son plantas acuáticas que constituyen uno de los principales componentes de los ambientes de agua dulce, ya que ayudan a mantener la biodiversidad y las funciones del ecosistema, también se les denomina hidrófitos, no son organismos especialmente atractivos porque, en general, carecen de flores llamativas, son poco vistosos, y se encuentran en un medio cuyas condiciones dificultan su observación y estudio. Las macrófitas acuáticas juegan un papel importante en la estructuración de comunidades en entornos acuáticos. Estas plantas proporcionan estructura física, aumentan la complejidad del hábitat y la heterogeneidad y afectan a varios organismos como invertebrados, peces y aves acuáticas. La complejidad proporcionada por las macrófitas se ha estudiado exhaustivamente en ambientes acuáticos. No se han observado reportes de alguna macrófita provoque graves trastornos a las actividades antropológicas, sin embargo el crecimiento descontrolado de algunas especies provoca pérdidas económicas. (Thomaz et al, 2009, p 617).

Los macrófitos colonizan muchos tipos diferentes de ecosistemas acuáticos, tales como lagos, embalses, humedales, arroyos, ríos. A lo largo del tiempo han desarrollado estrategias adaptativas permaneciendo enraizados o flotando libremente. (Rivaset al., 2014, p. 43-49). Los macrófitos generalmente colonizan los ecosistemas poco profundos donde se convierten en componentes importantes, que influyen en los procesos ecológicos y en los atributos de otros conjuntos acuáticos conectados, son considerados como elementos-clave en las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos. (Ribeiro da Cunha & Thomaz , 2011, p. 2018)

Desde el punto de vista de su utilización como indicador biológico, se consideran buenos referentes de la calidad del agua, y proporcionan un valor indicador a medio y largo plazo. Son sensibles a variaciones físico-químicas e hidromorfológicas en las masas de agua, como por ejemplo la concentración salina, la eutrofización, el régimen de inundación, etc. Las modificaciones de estas variables pueden originar cambios cualitativos y cuantitativos en las comunidades vegetales y en la estructura trófica de los ecosistemas entre otros. (García Murillo, et al., 2009, p. 37)

En los ecosistemas acuáticos autóctonos estos organismos juegan un papel clave, afectan al ciclo de los nutrientes, por ejemplo a través de la transferencia de elementos químicos desde el sedimento hasta el agua, tanto por medio de elementos activos como pasivos. Los nutrientes limitados liberados por las macrófitas, como el fósforo y el nitrógeno, son utilizados rápidamente por microalgas y bacterias (que también utilizan carbono orgánico liberado por las macrófitas); de tal forma que, sin

las macrófitas, los ecosistemas cambiaría totalmente, no sería posible mantener las comunidades de peces, artrópodos y otros animales que en ellos se encuentran en el medio acuático. (Ribeiro da Cunha & Thomaz , 2011, p. 220)

1.3.1 Estructura de las macrófitas acuáticas

Hojas

Tienden a reducir la relación entre el volumen y la superficie, las hojas lineares o finamente divididas son muy comunes en estas plantas. También se pueden encontrar plantas que presentan heterofilia, es decir, dos tipos de hojas: las flotantes y las sumergidas.

Tallos

Presenten diferentes formas de acuerdo a la profundidad del agua y la naturaleza del medio que coloniza la especie. Generalmente son herbáceos y no muy consistentes, en su estructura presenta surcos que contienen aire y sus tejidos de sostén y xilema son muy reducidos. Suelen ser radicales en los nudos. La mayor parte de las especies de plantas acuáticas presentan tallos rizomatosos. (Villa et al., 2006, p. 21)

Raíces

Sus sistema radicular esta escasamente desarrollado a excepción de algunas especies flotantes. En algunos géneros sus raíces se han atrofiado, debido a que han perdido su funcionalidad como órgano de absorción, la cual se realiza a través de las hojas. Asimismo la mayor parte de las especies que presentan raíces son de tipo adventicia. Pueden presentar gruesos rizomas reservantes que actúan como órganos de reposo invernal. (Villa et al., 2006, p. 23)

Flores

Presentan flores vistosas y completas, sin embargo numerosas especies utilizan el viento o el agua y algunos insectos como medio de transporte del polen de la misma forma que las especies terrestres. Las flores de esas plantas siempre emergen sobre la superficie, aunque hay flores en las que son polinizadas bajo el agua y sus frutos maduran en el mismo ambiente. (Villa et al., 2006, p. 21)

Frutos

El principal rasgo es su aparición ocasional, que ocurre en muchas especies. Estas plantas se propagan fácilmente mediante multiplicación vegetativa y prescinden de la reproducción sexual durante largos períodos de tiempo, este hecho se acentúa cuando las condiciones ambientales son fluctuantes, como ocurre en muchos humedales mediterráneos.

1.3.2 Tipos de hábitats

Existen diferentes tipos de ambientes en los que viven los macrófitos acuáticos. Esto permite que se dé una amplia combinación de los factores que controlan su presencia y, en consecuencia, la existencia de numerosos y diferentes hábitats para este grupo de plantas. (García et al., 2009, p. 38)

Tabla 4-1: Tipología de hábitats acuáticos

Sistemas lóticos (aguas corrientes)		Sistemas lénticos (aguas quietas)	
Curso Alto.	Caracterizado por aguas limpias, oxigenadas y con fuerte corriente.	Lagunas de Alta Montaña.	Aguas limpias, con pocas sales y nutrientes, oligótrofas, con la superficie helada durante una parte el año.
Cursos Bajo y Medio.	Caracterizados por aguas turbias, poco oxigenadas, eútrofas y con débil corriente.	Lagunas Permanentes.	Aguas generalmente mesosalinas y eútrofas o mesótrofas
Aguas Estacionales		Lagunas Estacionales sobre Sustratos Poco Solubles.	Aguas hiposalinas, oligótrofas o mesótrofas. Poco profundas, con fondo plano.
		Lagunas Estacionales Salinas.	Aguas salinas o hipersalinas, mesótrofas. Poco profundas, con fondo plano
		Humedales Turbosos.	Aguas hiposalinas, dístrofas
		Marismas No Mareales.	Aguas salinas, mesótrofas o eútrofas.

Fuente: (García et al., 2009, p. 38)

Realizado por: Calderón Junior, 2017

1.4 *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)

También es llamada Lechuguin de agua; es una planta acuática originaria de América del Sur; en algunos países es considerada como una plaga debido a su rápido crecimiento y propagación explosiva, propiedades que tienen como consecuencia la modificación de los hábitats que colonizan.

Tabla 5-1: Taxonomía de *Eichhornia crassipes*

Reino	Plantae
Subreino	Embryophyta
División	Spermatophyta
Subdivisión	Magnoliophyta
Clase	Liliatae
Orden	Farinosae
Familia	Pontederiaceae
Genero	Eichhornia
Especie	<i>Eichhornia crassipes</i>

Fuente: (García Murillo, Fernández Zamudio y Cirujano Bracamonte 2009)

Realizado por: Calderón Junior, 2017

1.4.1 Descripción

Está compuesta inicialmente por hojas alargadas como forma de correa, posteriormente desarrollan hojas de 5-65 cm con limbo plano, en forma de espátula y pecíolos hinchados de 3-50 cm que aseguran que las plantas floten en el agua abierta. La base del pecíolo y cualquier hoja posterior está encerrada en una stipule de hasta 6 cm de largo. Presentan características anatómicas de las plantas C3, pero el proceso fotosintético muestra algunas características de las plantas C4 más productivas, especialmente al no mostrar saturación de luz hasta altos niveles de luz. A medida que los brotes individuales se desarrollan, las hojas más viejas mueren dejando un trozo de brotes muertos sin hojas proyectándose hacia abajo. Esto puede hacer que el rodaje entero se hunda y muera. (CABI, 2015)



Figura 1-1: Hojas de la *Eichhornia crassipes*
Fuente: (CABI, 2015)

Sus flores son grandes, dispuestas en espigas con 6 pétalos soldados en un tubo con 6 lóbulos libres de color azul; 6 estambres, los tres superiores mayores que los tres inferiores, y tres carpelos soldados en un ovario son muy vistosas partiendo de espigas situadas en el centro de la planta. Las flores de *E. crassipes* son tristylous (que tiene tres estilos), pero desemejante de algunas otras especies no hay incompatibilidad entre las diversas formas. (CABI, 2015) Por lo tanto la polinización puede resultar en un buen conjunto de semillas, aunque en algunas poblaciones puede haber un mayor grado de auto-incompatibilidad. La combinación de sus flores junto con el aspecto de sus hojas con los pecíolos hinchados en forma de flotadores, sobre un tallo reducido a un solo nudo, hacen de *Eichhornia crassipes* una especie muy atractiva como planta ornamental. (Cirujano et al., 2005, p. 8)



Figura 2-1: Flor de la *Eichhornia crassipes*
Fuente: (CABI, 2015)

Las raíces se desarrollan en la base de cada hoja y forman una masa densa. La relación entre la raíz y el brote depende de las condiciones nutritivas, y en condiciones de nutrientes bajos pueden representar más del 60% del peso total de la planta. Sus características fisiológicas y reproductivas la convierten en un peligroso organismo que transforma los ecosistemas que invade y, como consecuencia de esta transformación, produce importantes pérdidas económicas en las actividades humanas. (Adel-Fiades, 2014, p. 85)

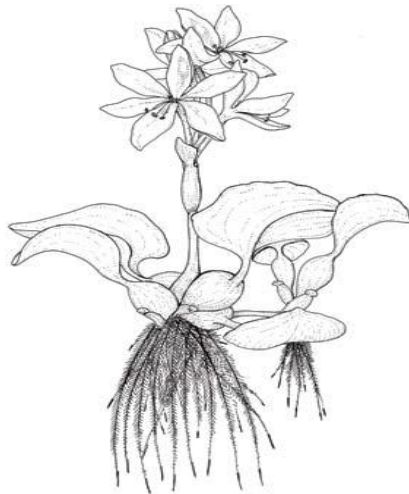


Figura 3-1: *Eichhornia crassipes*
Fuente: (Cirujano et al., 2005, p. 9)

1.4.2 Hábitat

Habita en cuerpos de agua dulce como los son: ríos, lagos, charcas y embalses de los trópicos y subtropicales localizados a latitudes no mayores de 40°N y 45°S. Temperaturas menores de 0°C afectan su crecimiento al igual que alta salinidad. Sin embargo, cuerpos de agua eutrofizados que contienen niveles altos de nitrógeno, fósforo, potasio al igual que aguas contaminada con metales pesados como cobre y plomo no limitan su crecimiento. El Jacinto de agua puede anclarse y enraizar en suelos saturados de agua por un corto periodo de tiempo. (CABI, 2015)

1.4.3 Reproducción

La reproducción se pueda dar de forma asexual o sexualmente. Aunque para una recolonización de un área, las plantas producen estolones horizontales que desarrollarán hojas arosetadas de una yema

terminal, este tipo de reproducción es mucho más significativa. Este proceso es repetitivo en las plantas hijas. El crecimiento de *E. crassipes* es extremadamente rápido y en condiciones ideales, la planta puede duplicar su tamaño de población en 6 a 18 días. Cuando la tensión de oxígeno es baja, el tiempo de duplicación puede ser hasta de 50 días. (AdeI-Fiades, 2014, p. 86)

1.5 Factor de bioconcentración

También conocido como Índice de bioconcentración (BF). Este proceso se da cuando una planta absorbe un determinado contaminante y no puede degradarlo rápidamente, lo que resulta en una acumulación en la planta. Se utiliza para medir la capacidad de captación de un metal por una planta (raíz y parte aérea) con relación a su concentración en el suelo. (Medina y Montano, 2014, p. 5)

$$FBC = \frac{\text{concentracion en la planta}}{\text{concentracion en el medio}} \quad \text{Ec. [1]}$$

Cuando el FBC es de orden uno, o menos, se evidencia que la sustancia en cuestión no experimenta bioconcentración; los FBC inferior a 10 se consideran de bajo FBC, los de 10-100 son de carácter intermedio, y los de FBC superior a 100 se clasifican de alto potencial de bioconcentración.

CAPÍTULO II

2 METODOLOGÍA

2.1 Unidad de estudio

2.1.1 Población de estudio

Para el presente proyecto se tomó como población a la laguna “Valle Hermoso” de la Comunidad de Langos del cantón Guano de la provincia de Chimborazo.

La laguna tiene un tamaño de 200m de ancho por 300m de largo, cuenta con un área de 6000m² aproximadamente, la temperatura del lugar oscila entre los 15 °C, la profundidad de la laguna “Valle Hermoso” es desconocida.

2.2 Tipo de investigación

Este trabajo de investigación es de tipo exploratorio debido a que no existen estudios anteriores de este tipo en el sector

.

El trabajo de investigación tiene un diseño no experimental, es decir que no se manipularon deliberadamente las variables, únicamente se observó el objeto de estudio tal y como se dan en su ambiente natural sin manipular variables, para después analizarlo.

Por la utilización del conocimiento: APLICATIVA.

2.2.1 Identificación de Variables

- Factor de Bioconcentración de metales pesados en el lechuguín de agua “*Eichhornia crassipes*”
- Concentración de metales pesados en el lechuguín de agua “*Eichhornia crassipes*”
- Concentración de metales pesados en el agua de la laguna “Valle Hermoso”

2.2.2 Relación de variables.

- La concentración de metales pesados en la *Eichhornia crassipes* con la concentración de metales pesados en el medio acuático
- La relación entre el FBC y la concentración de metales pesados en la *Eichhornia crassipes*
- La relación entre el FBC y la concentración de metales pesados en el medio acuático
- La relación entre metales pesados en la *Eichhornia crassipes*
- La relación entre metales pesados en medio acuático

2.3 Métodos y Técnicas

2.3.1 Obtención de las muestras

2.3.1.1 Ubicación

El lugar de muestreo se encuentra ubicado en la parroquia el Rosario, cantón Guano de la provincia de Chimborazo, siendo sus coordenadas UTM _WGS84, (763193.15 - 9820984.21) a 2740 m.s.n.m

2.3.1.2 Muestra

Para esta investigación se contó con dos tipos de muestras:

Tejido vegetal: Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*). Las muestras fueron tomadas en las orillas de la laguna. Se trabajó con cuatro repeticiones una vez cada mes durante cuatro meses.

Agua: Es el medio en el cual crece la planta *Eichhornia crassipes* consideradas como muestras. También se tomaron muestras con cuatro repeticiones una vez por mes.

Previamente al muestreo de las plantas y el agua, se realizó un reconocimiento del lugar con el objetivo de evaluar las condiciones del sitio tales como las rutas de acceso y los peligros que puedan presentarse en el momento del muestreo.

El objetivo del muestreo fue obtener una parte representativa de las plantas y el agua de la laguna para la posterior caracterización físico-química y la concentración de metales pesados.

2.3.1.3 Técnicas de Muestreo.

Método de muestreo para plantas

La metodología utilizada para el muestreo se tomó del Protocolo de Muestreo de otro Tipo de Flora Acuática (Macrófitos) en Lagos (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2013, p. 8-12), el cual se realizó en función del tipo de lago y de macrófitos presentes en la laguna. También se consideró, otros aspectos de la laguna tales como profundidad, perímetro y pendiente.

Dado que las plantas se desarrollan en las orillas parcial o totalmente emergidos, se consideró como variable de determinación de su cobertura el perímetro del lago que ocupan, solamente se consideraron las zonas en donde se desarrollaba la *Eichhornia crassipes*, excluyéndose las zonas con sustratos rocosos o pedregosos, o de pendiente superior al 30%, aspectos que dificultan o impiden el enraizamiento de estas plantas.

El material necesario para la recolección de las plantas en la laguna fueron los siguientes:

- Dragas para la obtención de muestras de macrófitos en aguas profundas.
- Bandejas para depósito y manipulación de las muestras de macrófitos.

- Sobres de papel para el depósito de especímenes de macrófitas.
- Equipo de vadeo adecuado para las condiciones locales, con el equipo de seguridad apropiado.
- Cinta métrica para delimitar cada uno de los transectos de muestreo cuando sea necesario.
- Cuerdas y boyas para fijar los límites de los transectos cuando sea necesario.

Equipos y material complementario

- Hojas de campo
- Fundas impermeables para la hoja de campo y lápiz para anotar.
- Cinta adhesiva y papel para etiquetar las muestras.
- Guantes de látex y de goma.
- Neveras portátiles para la conservación de la muestras.

Se realizó el muestro retirando cuidadosamente a las plantas, con el fin de evitar que las raíces y la parte aérea sufran algún daño durante su extracción.

Frecuencia

Se obtuvo un total de 4 muestras de plantas, una muestra por cada mes durante el periodo Noviembre 2016 – Febrero 2017.

Envasado e identificación de plantas

Cada muestra recolectada fue colocada en una bolsa zip-lock previamente rotulada en donde se incluyó el código de la muestra, tipo de muestra y la fecha de recolección.

Las muestras se transportaron hacia el Laboratorio CESTTA para ser almacenadas y realizar los análisis correspondientes.

Métodos de muestreo de agua.

Para el muestreo de agua se utilizó como metodología de la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2 176:1998) la cual establece guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, poluidas y aguas residuales para su caracterización. (INEN, 1998, p.2-4)

Las muestras de aguas fueron tomadas de las mismas áreas de muestreo establecidas para las plantas. Por ello la información sobre agua y plantas es co-representativa permitiendo desarrollar las relaciones agua- planta de dicha área.

Se procedió a tomar aproximadamente 2 L de agua para los respectivos análisis de metales pesados y los parámetros físicos.

Caracterización físico-química del agua

La caracterización se realizó in situ mediante el uso un kit de multímetro portátil SENSION+MM165 para pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto y Temperatura.

2.4 Procesamiento y análisis de datos

2.4.1 Análisis de Metales pesados (Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Mn)

La determinación de metales en el agua se determinó de acuerdo al método; Estándar Methods. Ed 21/2005 3500/ 3030 E 3111B

El método de análisis en el tejido vegetal por espectrofotometría de absorción que se utilizó en el laboratorio CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencias Tecnológicas Ambientales) fue; EPA SW-846 EPA 3051A/7 000B.

La metodología consiste en: 2 g (peso seco) de biomasa que se sometieron a digestión con ácido nítrico y peróxido de hidrógeno mediante reflujo a 150°C por dos horas. El digerido que ha reducido su volumen fue diluido hasta 100 mL con agua destilada, posteriormente la solución fue filtrada y en el filtrado se determinó la concentración de los metales mediante absorción atómica.

2.4.2 *Plantas hiperacumuladoras*

Baker y Brooks (1989, p. 89) estudiaron la tolerancia y fotoquímica de las plantas superiores que son capaces de acumular elementos metálicos en su materia seca a un grado excepcional, fueron los primeros en utilizar el término “planta hiperacumuladora” el estudio se limitó a los elementos Co, Cu, Cr, Pb, Mn, Ni y Zn. Las plantas hiperacumuladoras se refieren a plantas capaces de acumular más de 10 000 mg/Kg de Mn o Zn, para Co, Cu, Ni y Pb el criterio es >1000 mg/Kg y para Cd es >100 mg/Kg. (Baker y Brooks, 1989, p. 89)

2.4.3 *Cálculo del Factor de bioconcentración*

Con las concentraciones de metales pesados obtenidas fueron utilizadas para estimar el factor de bioconcentración (FBC) expresado por la proporción de la concentración del metal en la planta (mg/Kg) sobre la concentración total en el medio en donde se desarrolla (mg/l). (Ec. 1)

Este trabajo revisa la capacidad de acumular elementos metálicos en su materia seca a un grado excepcional. La revisión se limita a los elementos Co, Cu, Cr, Pb, Mn, Ni y Zn.

2.4.4 *Procesamiento de datos.*

Se utilizó el programa SPSS Statistics, que es capaz de trabajar con datos que se generan en distintos formatos principalmente datos cuantitativos.

Con el este programa se determinó las correlaciones existentes entre las diferentes variables para lo cual se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, determinando si las diferentes variables guardan relación entre las mismas o como una se ve afectada por otra.

CAPÍTULO III

3 DISCUSIÓN Y RESULTADOS

3.1 Caracterización físico-química del agua

Tabla 1-3: Resultados de pH

Resultados de pH				
Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Promedio
8,29	8,34	8,12	8,05	8,2

Realizado por: Calderón Junior, 2017

El pH es un valor importante para la capacidad de intercambio catiónico, El pH del medio acuoso está determinado por los iones H^+ presentes en el agua; la Tabla 3-1 muestra la variación de pH con valores muy parejos, lo que de acuerdo a la clasificación para pH (Tabla 3-2) señala que el agua es medianamente alcalina con una calidad Aceptable.

Tabla 1-3: Criterio de evaluación del agua con respecto al pH.

Calidad del agua	Nivel de pH
Fuertemente ácido Mala: A los organismos les será casi imposible sobrevivir	< 5.0
Moderadamente ácido Aceptable	5.1 - 6.5
Neutro Buena	6.6 - 7.3
Medianamente alcalino Aceptable	7.4 - 8.5
Fuertemente alcalino Mala: A los organismos les puede ser casi imposible sobrevivir	> 8.5

Fuente: (Espinoza et al, 2014, P.34)

Tabla 3-1: Resultado del Oxígeno disuelto

Resultados de OD				
Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Promedio
11,58	11,79	11,36	12,01	11,685

Realizado por: Calderón Junior, 2017

En el análisis realizado al agua de la laguna “Valle Hermoso” el nivel de oxígeno disuelto dio un valor promedio de 11,685. De acuerdo a la tabla 3-4 indica que el agua tiene una calidad Aceptable.

Tabla 4-3: Criterio de evaluación del agua con respecto al OD.

Calidad del agua	Nivel de OD (ppm)
Mala: Algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a bajar	0,0- 4,0
Aceptable	4,1-7,9
Buena	8,0-12,0
El agua puede airearse artificialmente	>12,0

Fuente: (Espinoza et al, 2014, P.34)

Tabla 5-3: Resultados de Temperatura

Resultados de Temperatura (°C)				
Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Promedio
22,3	21,5	21,7	22,1	21,9

Realizado por: Calderón Junior, 2017

La temperatura promedio que el agua tiene es de 21,9 °C

La tabla 3-5 muestra la variación de temperatura que existe a lo largo del periodo de estudio, se observa que la temperatura no varía de manera notable debido a que el lugar de estudio se encuentra a una altura determinada.

Tabla 6-3: Resultados de Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Resultados de Conductividad Eléctrica($\mu\text{S}/\text{cm}$)				
Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Promedio
1250	1236	1255	1265	1251,5

Realizado por: Calderón Junior, 2017

No existe una variación significativa de la conductividad eléctrica; los datos son parejos y de acuerdo a (Roldán Pérez, 2003; citado en Pilco Dennis, 2017), estos valores de conductividad no son altos lo cual nos indica que tiene no existe una cantita representativa de iones disueltos en sus aguas

3.2 Análisis de metales pesados en el agua.

La tabla 7-3 muestra la concentración de metales pesados obtenidos de las muestras de agua tomadas en la alguna “Valle Hermoso”, durante los meses de noviembre, diciembre del año 2016 enero y febrero del año 2017.

Tabla 7-3: Concentración metales pesados en el agua (mg/l)

Metal Pesado	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Cadmio	0,04	0,033	0,035	0,038
Hierro	0,5	0,52	0,55	0,47
Cobre	0,035	0,036	0,027	0,024
Manganeso	0,25	0,16	0,2	0,21
Zinc	0,067	0,059	0,062	0,057
Níquel	0,4	0,39	0,32	0,29
Plomo	0,3	0,27	0,25	0,3

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Las muestras de agua recolectadas se compararon con los valores de la tabla 1-2 (Gráfico 1-3):

Las concentraciones de Cd va de 0,04 a 0.033 mg/l, llegando a superar hasta 40 veces más, los límites permisibles de metales pesados en cuerpos de agua para la preservación de flora y fauna que señalan un valor de 0,001 mg/l.

La concentración de Fe en las muestras de agua los valores obtenidos supera el límite llegando hasta 0.55 mg/l.

El Cu y Zn se encuentran dentro del límite y no genera daños significativos al ambiente y al ser humano. Para el caso del Mn, las concentraciones van de 0,16 mg/l a 0,28 mg/l, llegando a superar 2 veces más el límite de 0,1 mg/l establecido.

El contenido de Ni en el agua que va de 0,29 a 0,4 mg/l también supera los límites permisibles establecidos. Mientras que para el Pb las concentraciones van de 0.25 mg/l a 0,3 mg/l, llegando a sobrepasar 3 veces más la los límites permisibles de 0.1 mg/l para cuerpos de agua para la preservación de flora y fauna.

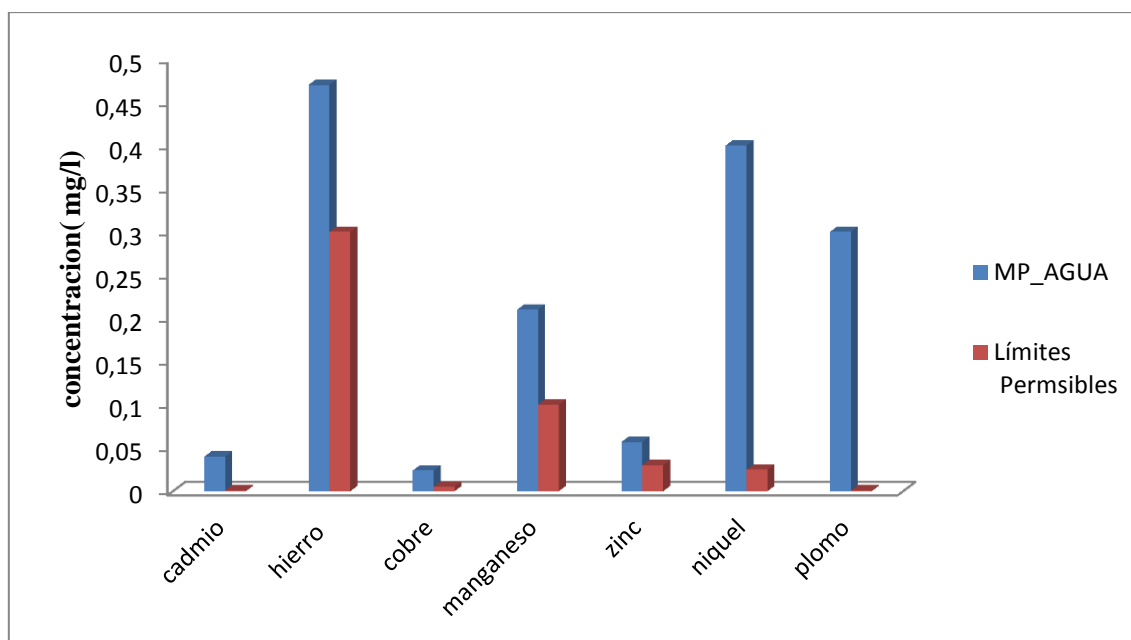


Gráfico 1-3: Concentración de metales pesados en las muestras de agua y los límites permisibles de metales pesados en cuerpos de agua para la preservación de flora y fauna (mg/l).

Realizado por: Calderón Junior, 2017

De igual manera, al comparar los valores obtenidos con la Tabla de Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, al ver el Grafico 2-3 que las concentraciones de plomo rebasa los límites establecidos; para el caso del cadmio, las concentraciones también sobrepasa ligeramente los límites

permisibles; el resto de los metales (Cu, Fe, Mn, Ni y Zinc) se encuentran dentro de los límites establecidos por la legislación ecuatoriana.

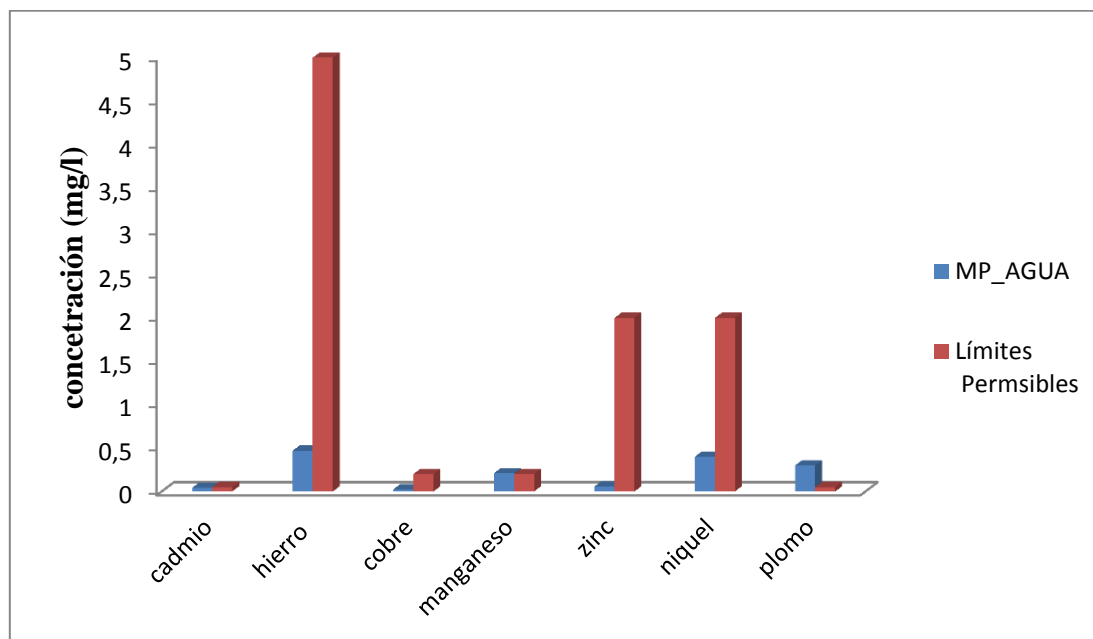


Gráfico 2-3: Concentración de metales pesados en las muestras de agua y los criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola (mg/l).

Realizado por: Calderón Junior, 2017

La presencia de ciertos metales en el agua podría deberse a que a la laguna llega descargas de agua provenientes de las actividades de agricultura y ganadería que se realizan en los sectores aledaños.

Correlación de metales pesados

El análisis de correlación se realiza para evaluar la relación de dos o más variables, es decir, mide la dependencia de una variable con respecto de otra, está definido por el coeficiente R que tiene un valor entre +1 y -1. Cuando $R=1$ indica que existe una correlación perfecta y directa; cuando $R=-1$ la correlación es perfecta e inversa, el valor $R=0$ quiere decir que no existe correlación entre las variables, lo que significa que son independientes entre sí. (Devore, 2008, p. 485)

Esto significa que al existir una correlación negativa indica que mientras un metal se encuentra en altas concentraciones, la presencia de otro metal tiende a ser limitada o a disminuir.

A través de una correlación simple se obtuvieron valores tanto positivos como negativos. Las concentraciones en las muestras de agua indican una correlación negativa alta para los metales: $r=-0,959$ (Zn-Ni), $r=-0,930$ (Fe-Pb), $r=-0,796$ (Cd-Fe) y una correlación positiva alta para (Cd-Mn) $r=0,725$ y (Cd-Pb) $r= 0,788$.

Tabla 8-3: Correlación de los metales pesados en el agua

Metal Pesado	Fe	Cu	Mn	Zn	Pb	Ni
Cd	-0,796	-0,544	0,725	0,012	0,788	-0,020
Fe		0,218	-0,348	0,273	-0,930	-0,407
Cu			-0,091	0,499	0,023	-0,284
Mn				0,694	0,589	-0,690
Zn					0,094	-0,959*
Pb						0,076

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Para la correlación positiva, significa que el sitio que tiene altas concentraciones de Cd también tiende a tener altas concentraciones de Pb y Mn

Esto significa que un sitio al tener altas concentraciones de Cd también tiende a tener altas concentraciones de Pb y Mn, lo cual podría indicar que estos metales provienen de fuentes similares de contaminación.

3.3 Análisis de metales pesados en las plantas

Todas las plantas absorben metales del medio en donde se desarrollan, pero las concentraciones de metales en el tejido vegetal varían en distinto grado dependiendo de la especie vegetal y de las características y contenido de metales en el medio. (Ruiz Huerta & Armienta Hernandez, 2012, p.25)

En este estudio, se tomaron un total de 4 muestras de plantas fueron colectadas una vez por cada mes durante 4 meses en el mismo punto de muestreo

A continuación se muestran las tablas y gráficos de los metales pesados seleccionados para esta investigación:

Cadmio:

La concentración de Cd en el tejido vegetal es de 0.03 mg/Kg aproximadamente, en los 4 meses la *Eichhornia crassipes* no acumuló concentraciones altas de Cd.

Tabla 9-3: Concentración de Cd en muestras de agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Desviación estándar	Promedio
Tejido vegetal	0,03	0,028	0,03	0,03	0,001	0,0295
Agua	0,04	0,033	0,035	0,038	0,00311	0,0365

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Aunque el Cd se considera que es efectivamente absorbido por los sistemas de raíces y hojas, también es altamente acumulado en los organismos que se encuentren en el agua. Sin embargo, varios factores del agua y de la planta afectan la absorción de Cd. En todas las muestras de tejido vegetal la concentración de Cd fue menor que la concentración de Cd en las muestras de agua, lo que indica una baja movilidad de Cd del agua hacia la planta. (Gráfico 3-3) (Kabata & Pendias, 2001, p. 165).

Las concentraciones encontradas de Cd en cada punto de monitoreo a través del tiempo no muestran gran diferencia.

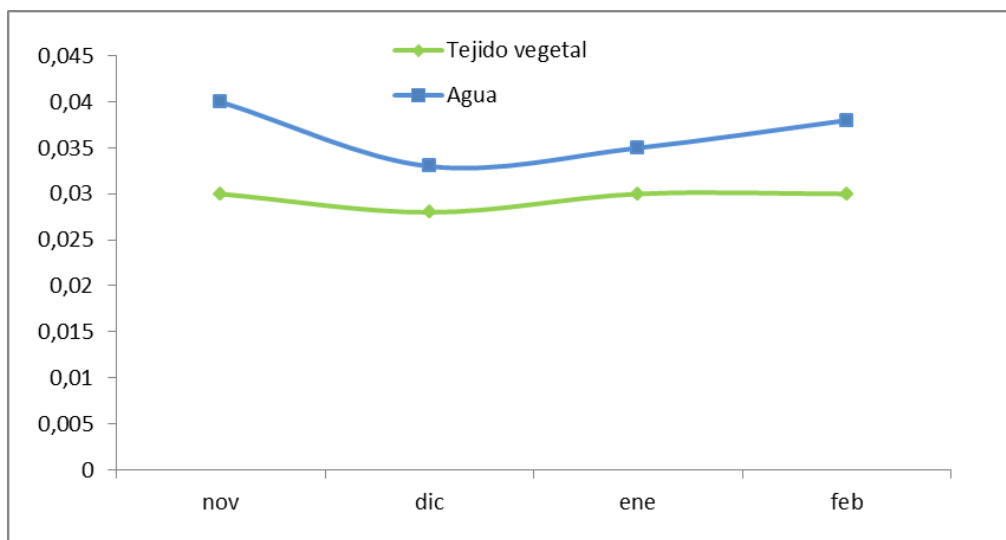


Gráfico 3-1: Concentración de Cd en el agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Hierro:

Las concentraciones de Fe en las plantas son bastante altas en relación a las concentraciones del agua que son bastante bajas (tabla 10-3 y gráfico 4-3)

Tabla 10-3: Concentración de Fe en muestras de agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Desviación estándar	Promedio
Tejido vegetal	634,49	635,45	625,78	630,1	4,448	631,455
Agua	0,47	0,52	0,55	0,5	0,0337	0,51

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Esto quiere decir, que el alto contenido de hierro encontrado en la planta acuática se debe a la cantidad de este elemento que está presente en dicha agua; por lo que se concluye la planta acuática absorbe y acumula este metal en gran cantidad.

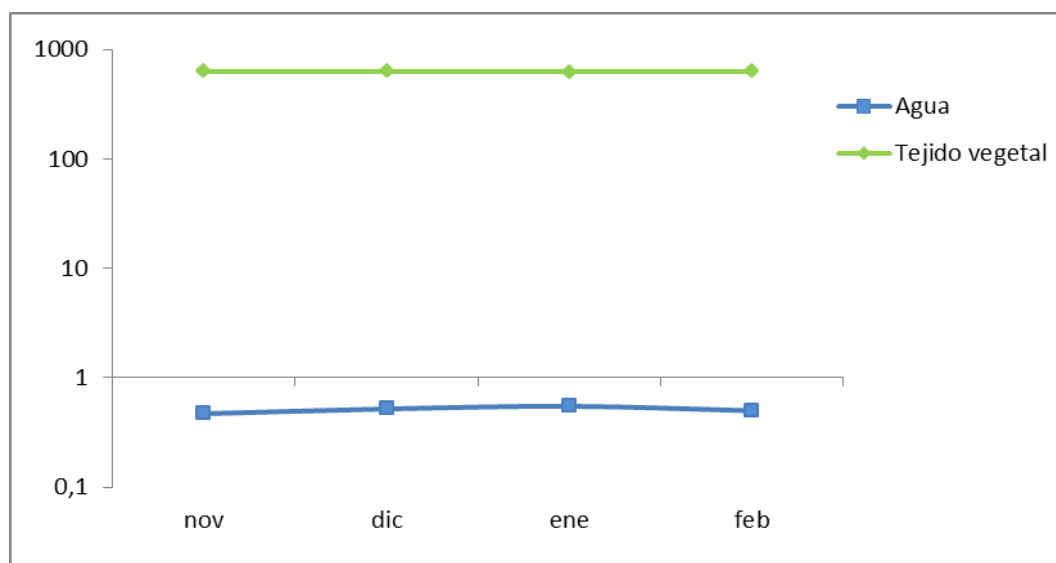


Gráfico 4-3: Concentración de Fe en el agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Cobre:

Las concentraciones de Cu en las plantas son bastante altas en relación a las concentraciones del agua que son bastante bajas (tabla 11-3, y gráfico 5-3).

Tabla 11-3: Concentración de Cu en muestras de agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Desviación estándar	Promedio
Tejido vegetal	4,59	4,87	4,62	4,9	0,16258331	4,745
Agua	0,024	0,036	0,027	0,035	0,00591608	0,0305

Realizado por: Calderón Junior, 2017

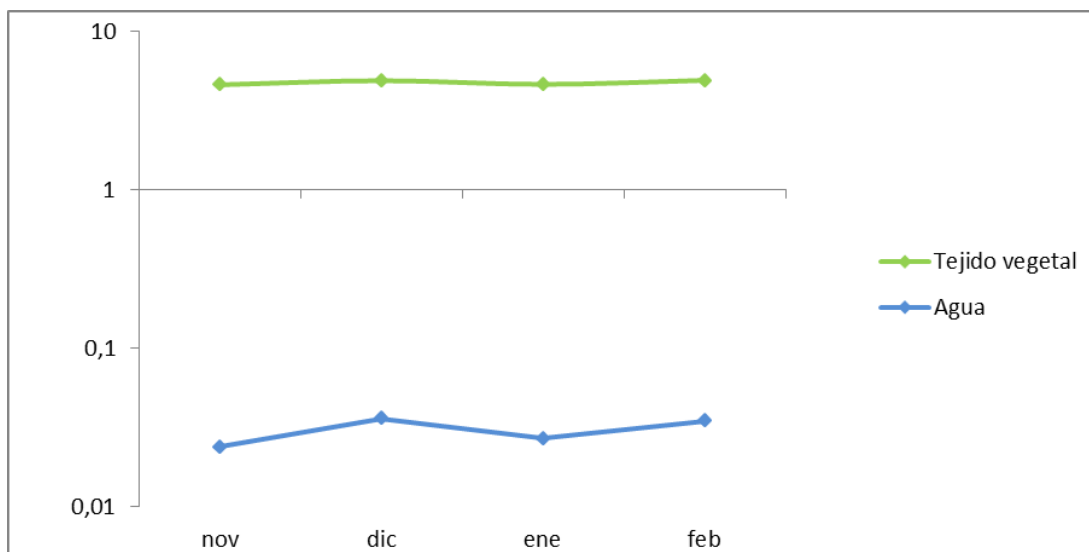


Gráfico 5-3: Concentración de Cu en el agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Según la tabla 11-3 y el gráfico 5-3, las concentraciones de Cu en las plantas van de 4,89 a 4,9 mg/Kg, perteneciendo el máximo valor al mes de febrero. Esta relación puede deberse a que el Cu se le considera como uno de los metales más móviles con una gran capacidad para interaccionar químicamente complejos con la materia orgánica. (Kabata-Pendias y Pendias, 2000).

Las plantas no acumularon Cu a concentraciones mayores de 100 mg/Kg en, según el criterio para ser considerado un hiperacumulador (Baker et al., 2000).

Manganeso:

Tabla 12-3: Concentración de Mn en muestras de agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Desviación estándar	Promedio
Tejido vegetal	266,76	275,89	262,9	269,78	5,483182622	268,8325
Agua	0,21	0,16	0,2	0,25	0,036968455	0,205

Realizado por: Calderón Junior, 2017

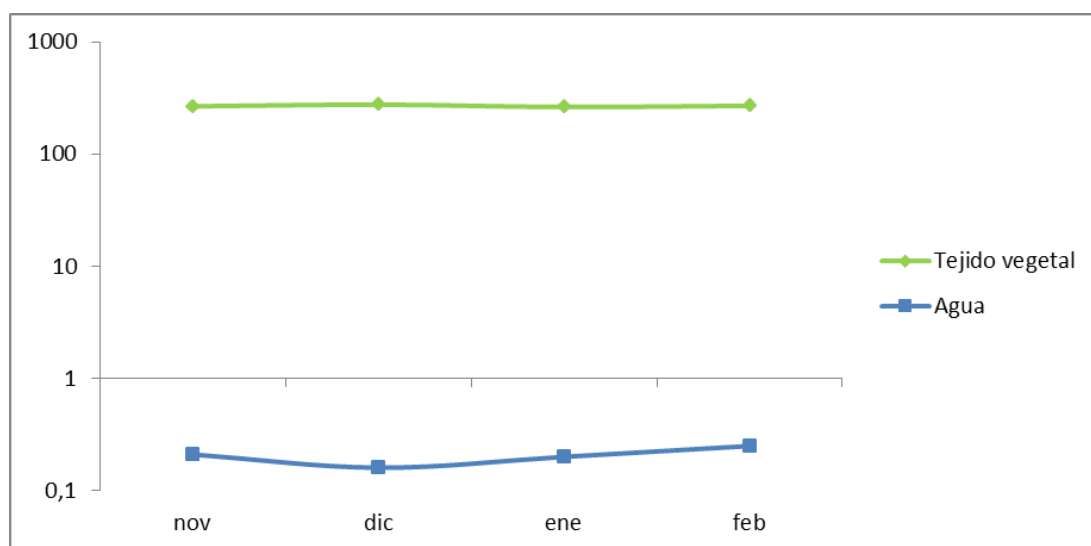


Gráfico 6-3: Concentración de Mn en el agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

Realizado por: Calderón Junior, 2017

El alto contenido de Mn encontrado en la *Eichhornia crassipes* se debe a la cantidad de este elemento que está presente en dicha agua y según Kabata-Pendias y Pendias (2000) señala que la captación de Mn está controlada metabólicamente, sin embargo, la absorción de Mn también es probable que ocurra, especialmente en el rango alto y tóxico de este metal en solución por lo que se concluye la planta acuática absorbe y acumula este metal en gran cantidad.

Las concentraciones de Mn van de 266,72 a 275,89 mg/Kg, (tabla 12-3 y gráfico 6-3) y de acuerdo a Baker y Brooks, 1989 la *Eichhornia crassipes* no acumuló Mn a concentraciones en la que se le puede considerar como una planta hiperacumuladora (>10 000 mg/Kg Mn en su estructura).

Zinc:

Las concentraciones de metales en las plantas que crecen en medios no contaminados van de 6-126 mg/Kg Zn, mientras que las concentraciones más altas de metales en las plantas que han sido expuestas a contaminación es 710 mg/Kg de Zn (Kabata et al., 2001).

Tabla 13-3: Concentración de Zn en muestras de agua y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Desviación estándar	Promedio
Tejido vegetal	3,09	3,15	3,17	3,27	0,074833148	3,17
Agua	0,057	0,059	0,062	0,067	0,004349329	0,06125

Realizado por: Calderón Junior, 2017

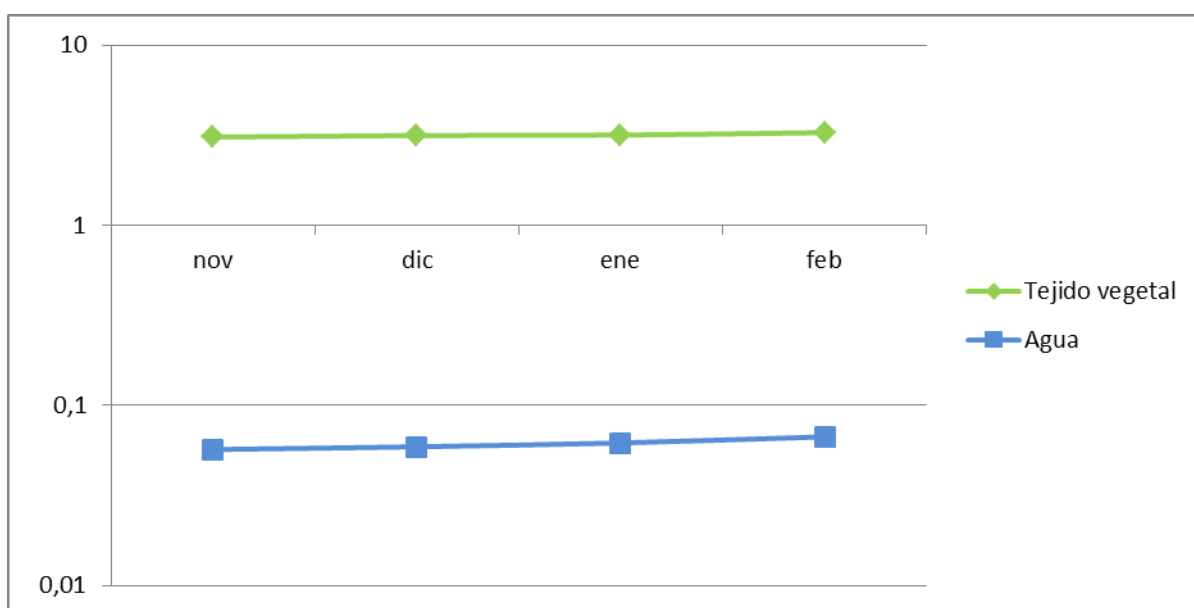


Gráfico 7-3: Concentración de Zn en el agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Las concentraciones de Zn en las plantas son bastante altas en relación a las concentraciones del agua (tabla 13-3 y el gráfico 7-3). No acumuló Zn a concentraciones mayores de 10 000 mg/Kg en la parte aérea, según el criterio para ser considerado un hiperacumulador (Baker y Brooks, 1989).

Níquel:

Las concentraciones de Ni total en las plantas van de 5,07 a 5,09 mg/Kg.. (Tabla 14-3).

Tabla 14-3: Concentración de Ni en muestras de agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Desviación estándar	Promedio
Tejido vegetal	5,09	5,09	5,07	5,2	0,05909033	5,1125
Agua	0,4	0,39	0,32	0,29	0,05354126	0,35

Realizado por: Calderón Junior, 2017

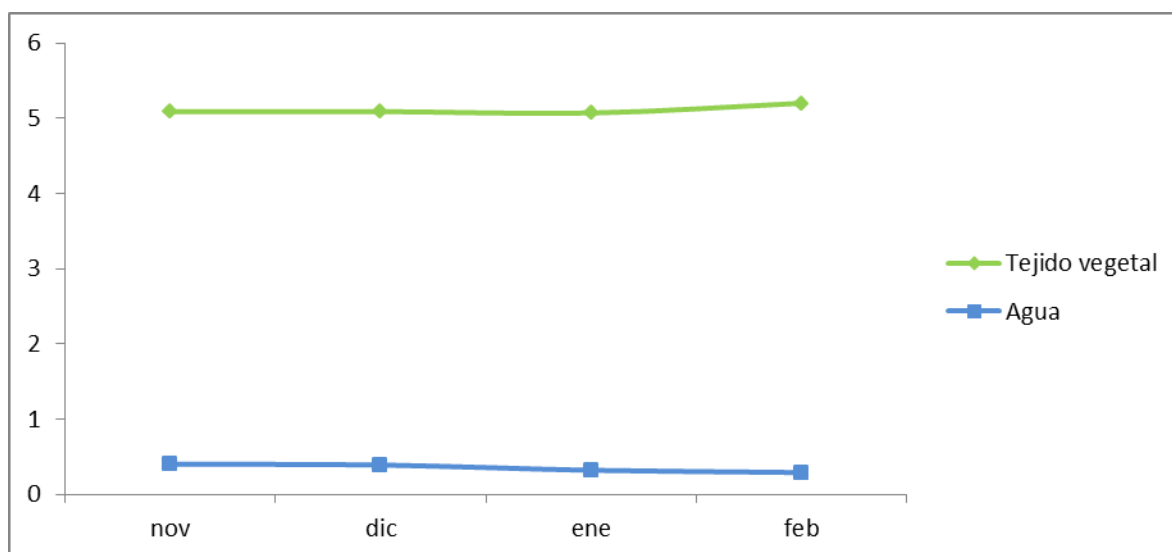


Gráfico 8-3: Concentración de Ni en el agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Las concentraciones de Ni son mayores que las concentraciones de Ni en las muestras de agua tomadas, lo que indica una alta movilidad de Ni del medio acuático hacia el tejido vegetal. (Gráfico 8-3).

Esto se debe a que cuando Ni está en la fase soluble, es absorbido fácilmente por las raíces. La absorción de Ni por las plantas está positivamente correlacionada con las concentraciones de Ni en las soluciones (Cataldo et al., 1978).

Plomo:

Tabla 15-3: Concentración de Pb en muestras de agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Desviación estándar	Promedio
Tejido vegetal	18	15	19	17	2,38047614	16,5
Agua	0,3	0,27	0,25	0,3	0,0244949	0,28

Realizado por: Calderón Junior, 2017

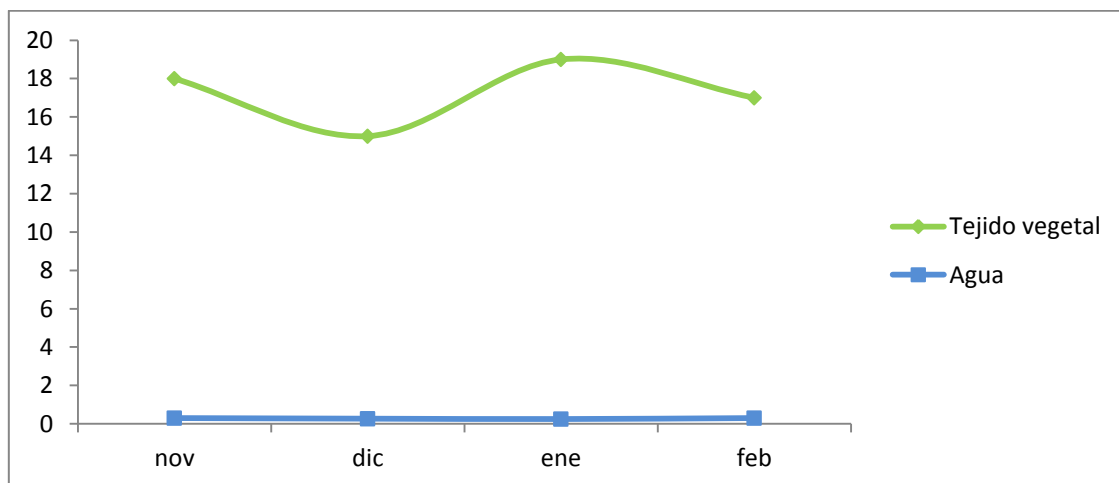


Gráfico 9-3: Concentración de Pb en el agua (mg/l) y plantas (mg/Kg) de la laguna “Valle Hermoso”

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Según la tabla 15-3 y el gráfico 9-3, las concentraciones de Pb en la plantas van de 14 a 18 mg/Kg, perteneciendo el máximo valor al mes de Enero. No se considerada como hiperacumulador debido a que la planta no acumuló Pb a concentraciones mayores de 1000 mg/Kg en el tejido vegetal. (Baker y Brooks, 1989).

La concentración de Pb en el agua de la laguna es bastante baja en comparación a la concentración en el tejido vegetal esto podría deberse a que el Pb se encuentra en formas solubles en soluciones nutritivas y las raíces de las plantas serían capaces de absorber grandes cantidades de este metal y almacenarlo en un grado considerable en las paredes celulares (Zimdahl y Hughes et al.). Sin embargo, el Pb aerotransportado, también podría ser una fuente importante de contaminación por Pb, también

es absorbido fácilmente por las plantas a través del follaje. Varios estudios han demostrado que el Pb depositado sobre la superficie de la hoja es absorbido por estas células. (Kabata et al., 2001)

Correlación de los metales pesados en la *Eichhornia crassipes*

Las concentraciones en las muestras de tejido vegetal indican una correlación positiva alta para los metales de la Tabla 3-16 tuvieron una alta correlación negativa, esto significa que al existir una correlación negativa indica que mientras un metal aumenta su concentración en la planta, la presencia del otro metal tiende a disminuir.

Tabla 16-3: Matriz de correlación de metales pesados en el tejido vegetal de la *Eichhornia crassipes*

	Cd_VEG	Fe_AGUA	Fe_VEG	Cu_AGUA	Cu_VEG	Mn_AGUA	Mn_VEG	Zn_AGUA	Zn_VEG	Ni_AGUA	Ni_VEG	Pb_AGUA	Pb_VEG
Cd_AGUA	,750	-,796	,075	-,544	-,369	,725	-,423	,012	-,086	-,020	,354	,788	,135
Cd_VEG		-,198	-,599	-,620	-,513	,812	-,858	,345	,178	-,498	,254	,272	,420
Fe_AGUA			-,657	,218	,055	-,348	-,168	,273	,265	-,407	-,318	-,930	,208
Fe_VEG				,203	,244	-,400	,743	-,585	-,459	,789	-,045	,502	-,386
Cu_AGUA					,981	-,091	,794	,499	,648	-,284	,539	,023	-,899
Cu_VEG						,067	,782	,554	,696	-,318	,678	,209	-,965
Mn_AGUA							-,420	,694	,602	-,690	,771	,589	-,189
Mn_VEG								-,085	,097	,340	,229	,211	-,789
Zn_AGUA									,983	-,959	,801	,094	-,499
Zn_VEG										-,899	,829	,109	-,636
Ni_AGUA											-,632	,076	,235
Ni_VEG												,645	-,770
Pb_AGUA													-,457

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Tabla 17-3: Tabla de correlaciones más representativas de metales pesados en el tejido vegetal de la *Eichhornia crassipes*

Correlación entre metales	R
(Cd_VEG-Mn_AGUA)	0,812
(Fe_VEG-Ni_AGUA)	0,789
(Ni_VEG-Mn_AGUA)	0,771
(Mn_VEG-Cu_AGUA)	0,794
(Ni_VEG-Zn_AGUA)	0,801
(Zn_VEG-Ni_AGUA)	-0,801
(Pb_VEG-Cu_AGUA)	-0,899
(Mn_VEG-Fe_VEG)	0,743
(Mn_VEG-Cu_VEG)	0,782
(Ni_VEG-Zn_VEG)	0,829
(Mn_VEG-Cd_VEG)	-0,858
(Pb_VEG-Cu_VEG)	-0,965
(Pb_VEG-Ni_VEG)	-0,770
(Pb_VEG-Mn_VEG)	0,789

Realizado por: Calderón Junior, 2017

Las concentraciones de Cd, Cu y Zn, en el tejido vegetal ($r=0,750$; $r=0,981$; $0,983$; $r=0,983$ respectivamente) tuvieron una alta correlación positiva con las concentraciones en el agua, esto quiere decir que las concentración de dichos metales en la *Eichhornia crassipes* es directamente proporcional a la concentración de los metales en el medio en el que se desarrolla, es decir si la concentración de los metales presentes en el agua la concentración en el tejido vegetal también se incrementara.

3.4 Factor de bioconcentración

Tabla 18-3: FBC de metales pesados en el tejido vegetal de la *Eichhornia crassipes*

Cd	Fe	Cu	Mn	Zn	Ni
0,750	1349,979	191,250	1270,286	54,211	12,725
0,848	1222,019	135,278	1724,313	53,390	13,051
0,857	1137,782	171,111	1314,500	51,129	15,844
0,789	1260,200	140,000	1079,120	48,806	17,931

Realizado por: Calderón Junior, 2017

De acuerdo a los cálculos realizados la Tabla 18-3 muestra el factor de bioconcentración de la *Eichhornia crassipes*, los valores de FBC mas altos se obtuvo de los metales Fe, Cu y Mn durante los 4 meses de estudio (1242,42; 159,410 y 1347,055 respectivamente), para los metales Zn (51,884); Ni (14,888) y Pb (59,556) el FBC es de carácter intermedio. Solo el Cd tuvo un FBC de 0.811 que es considerado según (Medina Marcos y Montano Chávez, 2014, p. 77) como un valor bajo.

El factor de bioconcentración alto, indica que las plantas pueden ser utilizadas para fitoextracción de metales pesados en sitios contaminados. También, se estima que la acumulación de los metales en la biomasa de la *Eichhornia crassipes* se ve influido por la concentración inicial de dichos elementos.

De acuerdo con Brun et al.(2001, p. 293), las plantas pueden inmovilizar los metales pesados a través de la absorción y la acumulación en las raíces, adsorción sobre las raíces, o la precipitación en la rizosfera. Cuando los metales pesados se acumulan en el tejido vegetal mediante la absorción, se incrementa la posibilidad de estar biodisponibles para los animales y seres humanos que llegaran a consumir estos productos

Correlación del FBC entre metales pesados de las planta

Las relaciones del FBC respecto a los metales pesados se determinaron a través de una correlación simple

Tabla 19-3: Matriz de correlaciones del FBC entre metales.

	Fe_fbc	Cu.fbc	Mn.fbc	Zn_fbc	Pb_fbc	Ni_fbc
Cd_fbc	-0,936	-0,468	0,559	-0,146	0,460	0,111
Fe_fbc		0,335	-0,241	0,380	-0,561	-0,370
Cu.fbc			-0,312	0,458	0,566	-0,369
Mn.fbc				0,626	0,137	-0,684
Zn_fbc					0,249	-0,995
Pb_fbc						-0,188

Realizado por: Calderón Junior, 2017

La correlación del FBC (tabla 19-3) presentó un valor negativo alta entre el Cd y Fe (-0,936) y entre Zn y Ni (-0,995); es decir si la *Eichhornia crassipes* fue eficaz al absorber Cd y Fe, es probable que no sea eficaz para absorber Fe y Zn o viceversa. Este proceso reduce la movilidad de los metales y la lixiviación a las aguas subterráneas, y también reduce la biodisponibilidad de metales para la entrada en la cadena alimenticia.

CONCLUSIONES

- Se determinó la concentración de metales pesados obtenidos de las muestras de agua tomadas en la laguna “Valle Hermoso”, durante los meses de noviembre, diciembre del año 2016 enero y febrero del año 2017 mostraron que la laguna contiene concentraciones significativas de Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn y Pb.
- La concentración de metales pesados en las muestras de tejido vegetal indican que durante el periodo de muestreo la *Eichhornia crassipes* demostró que absorbe eficazmente los metales estudiados a excepción del Cd, lo que implica que el contenido en metales pesados en el tejido vegetal, aumenta con la concentración de estos metales pesados presentes en el agua de la laguna.
- El Zn y Cu en el agua se encuentran dentro de los límites permisibles para los criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola; mientras que el Cd, Fe, Mn, Zn, Pb y Ni se encuentran por encima de los límites permisibles de metales pesados en cuerpos de agua para la preservación de flora y fauna y se encuentran dentro de los criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola a excepción del Ni y Pb.
- Durante el periodo de muestreo, la *Eichhornia crassipes* no acumulo metales pesados en concentraciones en las que se le puede considerar como planta hiperacumuladora (Cd > 100 mg/Kg; para el Cu, Co, Ni o Pb > 1 000 mg/Kg y para el Mn o Zn > 10 000 mg/Kg) (Baker y Brooks, 1989). Sin embargo la capacidad de estas plantas para tolerar y acumular metales pesados podría ser usada para propósitos de fitorremediación.
- Un FBC alto, indica que las plantas pueden ser utilizados para fitoextracción de metales pesados en sitios contaminados, por lo que la *Eichhornia crassipes* ésta sería considerada una planta fitoextractora para Fe, Cu y Mn.
- Los resultados del FBC muestran una baja absorción de cadmio, lo que indica que cadmio se encuentra fuertemente retenido, bajo formas no cambiables.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar el estudio mediante la comparación con otro tipo de plantas que convivan en la zona donde se desarrolla la *Eichhornia crassipes* para mantener unas condiciones similares a las de este estudio.
- Estudiar la interacción entre raíz-parte aérea de la *Eichhornia crassipes*, mediante la determinación del factor de translocación (TF) para conocer la movilidad de los metales que se podrían dar dentro de la planta.
- Además de estudios con metales sería recomendable realizar un estudio que involucren compuestos que contengan diferentes contaminantes, así se podría determinar el efecto que provoca a la planta dichos contaminantes.

GLOSARIO

Biodegradable: Capacidad de algún producto o sustancia que puede descomponerse en diferentes elementos naturales en un corto periodo de tiempo mediante el accionar de un organismo vivo.

Bioconcentración: Proceso en la cual una determinada sustancia tiene una concentración más alta en un organismo vivo en relación a la que tiene en el entorno en el que se desarrolla.

Biomarcadores: es una sustancia que indica un estado biológico, como un indicador de la calidad de un hábitat o para detectar señales de contaminación. Puede medirse y ser evaluado

Magnificación: Proceso de acumulación de contaminantes a bajas concentraciones a través de niveles tróficos de la cadena alimenticia, llegando a concentraciones bastante altas en los organismos superiores que casi siempre son tóxicas.

Eutrofización: proceso enriquecimiento de nutrientes en un ecosistema acuático lo que produce una disminución de oxígeno en sus aguas profundas y un aumento descontrolado de la biomasa

BIBLIOGRAFÍA

1. **BAKER, A., & BROOKS, R.** "Terrestrial Higher Plants which Hyperaccumulate Metallic Elements-A Review of their Distribution, Ecology and Phytochemistry". *Biorecovery*, [en línea], 1989, (Great Britain), 1(1), pp. 81-126. [Consulta: 18 de abril de 2017] Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Alan_Baker2/publication/247713966_Terrestrial_Higher_Plants_Which_Hyperaccumulate_Metallic_Elements_A_Review_of_Their_Distribution_E/links/004635368aaa870046000000.pdf
2. **BERNARD, A.** "Cadmium & its adverse effects on human health". *Indian J Med Res* , vol.128, n°4, (2008), (Belgica), pp.557-564.
3. **BI, E.et al.** "Sorption of heterocyclic organic compounds to reference soil: column studies for process identification". *Environ. Sci. Technol*, [en línea], 2006 (Alemania), 40(19), pp. 5962-5970. [Consulta: 18 de abril de 2017]. Disponible en: 10.1021/es060470e
4. **CIRUJANO, Santos; et al.,** *Protocolo de muestreo y analisis para Macrofitos*. [en línea], Madrid-España: MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE, 2005, [Consulta: 01 de noviembre de 2016] Disponible en: http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/indicadoresbiologicos/Manual_macrofitos.pdf
5. **DURUIBE, J; et al.,** "Contaminación de Metales Pesados y Efectos Biotóxicos Humanos". *International Journal of Physical Sciences*, [en línea], 2007, (Nigeria), 2, pp. 112-113. [Consulta: 15 de febrero de 2017] Disponible en:
http://www.cefce.com.ar/agrupacionamu/publicaciones/documentosvarios/mineria/Contaminacion_de_Metales_Pesados_y_Efectos_Biotoxicos_Humanos.pdf

6. **EISSA, B; et al.** "Evaluación toxicologica no invasiva del cadmio: modificaciones de biomarcadores conductuales en *Cyprinus carpio*". *Biología Acuática*, [en línea] 2003(Argentina) 1(20), pp. 57.[Consulta: 20 de Abril de 2017). Disponible en:
http://www.academia.edu/24953844/EVALUACION_TOXICOLOGICA_NO_INVASIVA_DEL_CADMIO_MODIFICACIONES_DE_BIOMARCADORES_CONDUCTUALES_EN_Cyprinus_carpio
7. **FERNÁNDEZ LINARES, L. C. et al.** *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*. [En línea], México D.F.- Mexico 2006, pp 47-52. [Consulta: 20 de Abril de 2016). Disponible en:
<http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/509.pdf>
8. **FLORES, J.** *Farmacología Humana*. [en línea]. 3ª. edicion Barcelona- España: MASSON, 2008, pp. 1007-1009. [Consulta: 20 de Abril de 2017). Disponible en:
https://medicinaupv.files.wordpress.com/2011/04/farmacologia_humana_-_florez_spa.pdf
9. **GARCÍA MURILLO; et al.,** (2009). *Habitantes del agua. Macrófitos*. [en línea] Andalucía-España: J. Mejías Ed, 2009, pp. 20-26 [Consulta: 20 de mayo de 2017). Disponible en: http://www.jolube.es/pdf/libro_macrofitos_andalucia_2010.pdf
10. **NTE INEN 2179:2013.** *Agua. calidad del agua. muestreo. técnicas de muestreo*. 1, Quito, Ecuador, pp. 2-4.
11. **MATUTEI, S.; et al.,** "Absorción de hierro total en plantas acuaticas como fitorremediadora en aguas residuales industriales". *ASA*, [en línea], 2014, (Venezuela) 1, pp. 39-48. [Consulta: 10 de mayo de 2017). Disponible en:
http://bibvirtual.ucla.edu.ve/db/psm_ucla/edocs/ASA/Vol1Nro2/articulo3.pdf

12. **MEDINA Marcos, K., & MONTANO CHÁVEZ, Y.** Determinación del factor de bioconcentración y de translocación de metales pesados en el *juncus arcticus willd.* y *cortaderia rudiusscula stapf*, de áreas contaminadas con el pasivo ambiental minero alianza-ancash 2013 [En línea] (Trabajo de titulación) (pregrado) Universidad nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", Huaraz-Perú. pp. 5. [Consulta: 2015-07-23]. Disponible en http://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Medina_y_Montano_2014.pdf

13. **ESPAÑA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACION Y MEDIOAMBIENTE.** *Protocolo de muestreo de otro tipo de flora acuática (macrófitos) en lagos.* pp. 8-12.

14. **MOVIMIENTO MUNDIAL POR LOS BOSQUES TROPICALES.** *Minería Impactos sociales y ambientales.* [en línea]. Uruguay: I. Rosgal S.A, 2004 [Consulta: 16 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://wrm.org.uy/es/files/2012/08/Boletin181.pdf>

15. **RAMÍREZ, A.** "Toxicología del cadmio". *Anales de la Facultad de Medicina,* [en línea] 2002 (Perú) 63(1), pp. 52-53. ISSN 1025 - 5583 [Consulta: 16 de marzo de 2017]. Disponible en:
revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/download/1477/1260

16. **RAMÍREZ, A.** "El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo". *Anales de la Facultad de Medicina,* [en línea] 2005 (Perú) 66(1), pp. 57-70. [Consulta: 16 de marzo de 2017]. Disponible en:
<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/1352/1147>

17. **RUIZ HUERTA, E. A., & ARMIENTA HERNANDEZ, M. A.** "Acumulación de arsénico y metales pesados en maíz en suelos cercanos a jales o residuos mineros". *Rev. Int. Contam. Ambie,* [en línea] 2012, (México) 28(2), pp. 103-117. [Consulta: 10 de agosto de 2017]. ISSN 1909-2474. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/262617562_Acumulacion_de_arsenico_y_metale_s_pesados_en_maiz_en_suelos_cercanos_a_jales_o_residuos_mineros

18. **TORO-RESTREPO, B.**, "Uso de los biomarcadores en la evaluación de la contaminación" *Luna Azul* [en línea] 2011, (Colombia) 32(1), pp. 121-127 [Consulta: 8 de junio de 2017]. ISSN 1909-2474. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321727234011>

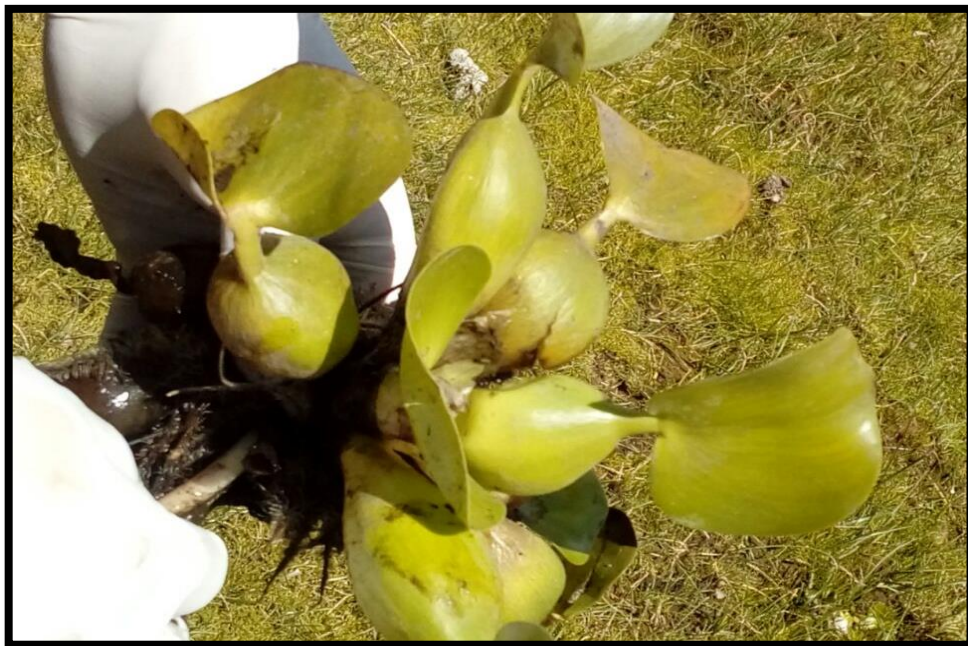
19. **VILLANUEVA, C.** *Biosorción de cobre (ii) por biomasa pretratada de cascara de citrus sinensis y opuntia ficus*. [en línea] (Trabajo de titulación).(Pregrado) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima- Perú. 2007, pp 56-57. [Consulta: 05 de junio de 2016]. Disponible en:
http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/2112/1/Villanueva_hc.pdf

ANEXOS

ANEXO A: Laguna “Valle Hermoso”



ANEXO B: Ejemplar de la *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua)



ANEXO C: Toma de muestras del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)



ANEXO D: Fauna presente en la Laguna “Valle Hermoso”





ANEXO E: Determinación de los parámetros físicos del agua (pH, Conductividad, temperatura, Oxígeno disuelto)



ANEXO F: Resultados de laboratorio

a) Análisis de agua

	<p style="text-align: center;">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p style="text-align: center;">DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</p> <p style="text-align: center;">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No:	A-61-17
ST:	37-17 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	N.A.
Atn.	Junior Calderón
Dirección:	12 de Noviembre Riobamba - Chimborazo
FECHA:	16 de Febrero del 2017
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2017/02/07 - 10:32
FECHA DE MUESTREO:	2017/02/07 - 10:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2017/02/07 - 2017/02/16
TIPO DE MUESTRA:	Agua natural
CÓDIGO CESTTA:	LAB-A 61-17
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	Laguna Valle Hermoso
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico - Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Junior Calderón
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Cadmio	PEE/CESTTA/33 Standard Methods Ed. 21/2005 3500 Cd B/3030E, 3111B	mg/L	<0,04	±22%	-
Hierro	PEE/CESTTA/35 Standard Methods Ed. 21/2005 3500-Fe B/3030E,3111B	mg/L	0,47	±29%	-
Cobre	PEE/CESTTA/ 57 Standard Methods Ed. 21/2005 3500-Cu B/3030E,3111B	mg/L	0,024	±10%	-
*Manganeso	PEE/CESTTA/39 Standard Methods Ed. 22 3030 E/3111 B	mg/L	0,21	-	-
*Zinc	PEE/CESTTA/68 Standard Methods Ed. 21/2005 3500-Zn B/3030E,3111B	mg/L	0,057	-	-
Níquel	PEE/CESTTA/31 Standard Methods Ed. 21/2005 3500 NiB /3030E, 3111B	mg/L	<0,4	±29%	-


	<p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
---	---	---

Plomo	PEE/CESTTA/ 29 Standard Methods Ed. 21/2005 3030B,3111B	mg/L	<0,3	±27%	-
-------	---	------	------	------	---

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.

RESPONSABLE DEL INFORME:


 Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO



b) Análisis de tejido vegetal

 <p>CESTTA SGC</p>	<p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
--	---

INFORME DE ENSAYO No:	TV- 10-17
ST:	003- 17 ANÁLISIS DE TEJIDO VEGETAL
Nombre Peticionario:	N.A.
Atn.	Junior Calderón
Dirección:	12 de Noviembre Riobamba - Chimborazo
FECHA:	16 de Febrero del 2017
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2017/02/07 - 10:32
FECHA DE MUESTREO:	2017/02/07 - 10:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2017/02/07 - 2017/02/16
TIPO DE MUESTRA:	Tejido Vegetal
CÓDIGO CESTTA:	LAB-TV 10-17
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	Laguna Valle Hermoso
ANÁLISIS SOLICITADO:	Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Junior Calderón
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Cadmio	EPA SW-846 EPA 3051A/7000B	mg/kg	0,030	-
Hierro	EPA SW-846 EPA 3051A/7000B	mg/kg	634,49	-
Cobre	EPA SW-846 EPA 3051A/7000B	mg/kg	4,59	-
Manganeso	EPA SW-846 EPA 3051A/7000B	mg/kg	266,76	-
Zinc	EPA SW-846 EPA 3051A/7000B	mg/kg	3,09	-
Níquel	EPA SW-846 EPA 3051A/7000B	mg/kg	5,09	-
Plomo	EPA SW-846 EPA 3051A/7000B	mg/kg	<20	-

OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.

RESPONSABLE DEL INFORME:



Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-16