

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Remoción de plomo de aguas contaminadas mediante el
uso de las plantas acuáticas: *Eichhornia crassipes*
(jacinto de agua) y *Lemna minor* (lenteja de agua), Lima
2013

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

DORIS MILAGROS ESCUDERO GONZÁLEZ

ASESOR TEMÁTICO:

Ing. JOSÉ ISAAC GAMARRA GÓMEZ

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

**INGENIERÍA DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS
RECURSOS NATURALES**

LIMA – PERÚ

2013

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a:

Dios:

Por darme la fuerza que me impulsa cada día para salir adelante y poder alcanzar mis metas

Mi familia:

Mis padres Jorge Escudero Ramos y Doris González González, mis hermanas Gabriela y Fabiola, y mi sobrinita Romina, por estar siempre a mi lado a pesar de las dificultades y brindándome siempre su apoyo y amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco el presente trabajo a:

Mi asesor:

El Ingeniero José Isaac Gamarra Gómez por haberme guiado para el desarrollo de esta investigación y por compartirme sus conocimientos.

Mis profesores:

Por haberme brindado todos los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera profesional.

A mi familia:

Por su constante y abnegado apoyo, y por todo el esfuerzo que han hecho para llegar donde me encuentro ahora.

PRESENTACIÓN

En nuestro país se reconoce como fuentes de contaminación por metales pesados, especialmente de plomo a relaves de la actividad minera informal, a lixiviados producidos por baterías, a hornos de fundición, entre otros (Resolución Ministerial N° 535-2005-MINSA, 2005, Julio 14); por lo que se identifica la presencia de estos metales en los diferentes cuerpos receptores como perjudicial para los seres vivos que habitan, debido a que se encuentran en concentraciones que sobrepasan los 10 ug/dl de sangre, según lo establecido por la OMS podría provocar daños irreversibles.

Considerando la problemática expuesta, se decidió a realizar la presente investigación, la misma que profundiza en los sistemas de tratamientos no convencionales de aguas residuales al ser más accesibles y económicas; asimismo se centra, especialmente, en la comparación de dos plantas acuáticas que son nativas de la zona y presentan gran capacidad de adaptación a nuevas condiciones, la especie acuática: *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*.

Esta investigación tiene la finalidad de mejorar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales y obtener aguas menos contaminadas que puedan cumplir con la normativa establecida.

El desarrollo del presente trabajo de investigación fue llevado a cabo en el Bio – Huerto de la Universidad César Vallejo por un periodo de 4 meses, se inició con el acondicionamiento del lugar hasta el procesamiento de los datos, con el cual se culminó la investigación.

Finalmente, con los resultados obtenidos y que más adelante serán expuestos, lo que se busca es poder contribuir a que las personas, comunidades o entidades públicas y privadas que desean mejorar su sistema de tratamiento de aguas residuales puedan tener la alternativa de elegir entre las dos especies estudiadas y de esta manera mejorar sustancialmente sus procesos.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	II
Agradecimiento	III
Presentación	IV
Índice	V
Índice de tablas	VI
Índice gráficos	VI
Índice de figuras	VII
Índice de anexos	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1.INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1.1 Realidad problemática	2
1.1.2 Formulación del problema	3
1.1.3 Justificación	3
1.1.4 Antecedentes	4
1.1.5 Objetivos	6
1.1.5.1 General	6
1.1.5.2 Específicos	6
1.2 MARCO REFERENCIAL	7
1.2.1 Marco teórico	7
1.2.2 Marco Conceptual	13
2.MARCO METODOLÓGICO	14
2.1 Hipótesis	14
2.2 Variables	14
2.2.1 Definición conceptual	14
2.2.2 Definición operacional	15
2.3 Metodología	19
2.3.1 Tipo de estudio	19
2.3.2 Diseño	19
2.4 Población, muestra y muestreo	32
2.5 Método de investigación	32
2.6 Técnica e instrumentos de recolección de datos	32
2.7 Métodos de análisis de datos	33
3.RESULTADOS	35
4.DISCUSIÓN	64
5.CONCLUSIONES	65
6.SUGERENCIAS	66
7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
8.ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°.1	: Clasificación taxonómica <i>Eichhornia crassipes</i>	8
Tabla N°.2	: Clasificación taxonómica <i>Lemna minor</i>	10
Tabla N°.3	: Estándares nacionales de calidad ambiental para agua	13
Tabla N°.4	: Límites máximos permisibles para descargas de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas	13
Tabla N°.5	: Operacionalización de variables	17
Tabla N°.6	: Indicadores	18
Tabla N°.7	: Parámetros In - situ	20
Tabla N°.8	: Parámetros Ex - situ	20
Tabla N°.9	: Porcentaje de adaptabilidad <i>Eichhornia crassipes</i>	22
Tabla N°.10	: Proporción de especies acuáticas en la etapa de cultivo (agua potable y nutrientes)	24
Tabla N°.11	: Parámetros de agua desionizada	25
Tabla N°.12	: Composición de agua contaminada con plomo	27
Tabla N°.13	: Total de especie acuática <i>Eichhornia crassipes</i>	29
Tabla N°.14	: Total de especie acuática <i>Lemna minor</i>	29
Tabla N°.15	: Total de especies acuáticas en etapa experimental	30
Tabla N°.16	: Total de solución preparada empleada	30
Tabla N°.17	: Diseño de estanques	31
Tabla N°.18	: Criterios de rechazo de la hipótesis nula	35
Tabla N°.19	: Porcentaje de crecimiento de la especie acuática <i>Lemna minor</i>	37
Tabla N°.20	: Porcentaje de crecimiento de la especie acuática <i>Eichhornia crassipes</i>	39
Tabla N°.21	: Porcentaje de remoción de plomo en agua etapa experimental	48
Tabla N°.22	: Análisis foliar de especies acuáticas	49
Tabla N°.23	: Balance de materia de concentración de plomo	53
Tabla N°.24	: Criterios de la prueba de Shapiro - Wilk	55
Tabla N°.25	: Criterios de la prueba de Leneve's	57
Tabla N°.26	: Hipótesis estadístico de la prueba T – Student	60
Tabla N°.27	: Hipótesis estadística de la investigación	60

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°.1	: Valores de concentración de plomo en la cuenca del río Chillón 2009-2011	11
Gráfico N°.2	: Valores de concentración de plomo en la cuenca del río Rímac 2011	12
Gráfico N°.3	: Tasa de crecimiento de especies acuáticas	40
Gráfico N°.4	: Variables intervinientes de la etapa de cultivo (Parámetro pH)	41
Gráfico N°.5	: Variables intervinientes de la etapa de cultivo (Parámetro conductividad)	42
Gráfico N°.6	: Ecotoxicología de especies acuáticas <i>Lemna minor</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>	46

Gráfico N°.7	: Variación de concentración de plomo en el agua en la etapa experimental	49
Gráfico N°.8	: Concentración de plomo en las especies acuáticas <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Lemna minor</i>	50
Gráfico N°.9	: Variables intervinientes de la etapa experimental (parámetro pH)	51
Gráfico N°.10	: Variables intervinientes de la etapa experimental (parámetro de Conductividad)	52
Gráfico N°.11	: Balance de cantidad de plomo (mg) en agua y biomasa de especies acuáticas	54
Gráfico N°.12	: Test de normalidad generado por el SPSS	54
Gráfico N°.13	: Normal Q—Q porcentaje de remoción de plomo <i>Eichhornia</i>	55
Gráfico N°.14	: Normal Q—Q porcentaje de remoción de plomo <i>Lemna minor</i>	56
Gráfico N°.15	: Test de Leneve's generado por el SPSS	56
Gráfico N°.16	: Resumen de procesamiento de casos	58
Gráfico N°.17	: Valores de T- Student para muestras independientes Calculado	59
Gráfico N°.18	: Valores para prueba T – Student	59
Gráfico N°.19	: Comparación de medias aritméticas	61
Gráfico N°.20	: Variación de concentración de plomo haciendo uso de la especie <i>Eichhornia crassipes</i>	62
Gráfico N°.21	: Variación de concentración de plomo haciendo uso de la especie <i>Lemna minor</i>	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°.1	: Clasificación de especies acuáticas de estudio, 2013	7
Figura N°.2	: Especie acuática <i>Eichhornia crassipes</i>	8
Figura N°.3	: Especie acuática <i>Lemna minor</i>	9
Figura N°.4	: Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa (Recolección de especies acuáticas)	19
Figura N°.5	: Muestreo Canal afluyente – Refugio de vida Silvestre Pantanos de Villa)	20
Figura N°.6	: Adaptabilidad de especie acuática (Bio – huerto)	21
Figura N°.7	: Adaptabilidad de especie acuática (Bio – huerto)	21
Figura N°.8	: Traslado de ejemplares <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua)	23
Figura N°.9	: Traslado de ejemplares <i>Lemna minor</i> (Lenteja de agua)	23
Figura N°.10	: Solución nutritiva (macronutrientes y micronutrientes)	24
Figura N°.11	: Columna de producción de agua desionizada	25
Figura N°.12	: Cultivo de especies acuáticas (agua des ionizada y nutrientes)	25
Figura N°.13	: Preparación de agua contaminada con plomo	26
Figura N°.14	: Preparación de agua contaminada (plomo y nutrientes)	28
Figura N°.15	: Inventario de especies acuáticas	29
Figura N°.16	: Especies acuáticas en etapa experimental	31

Figura N°.17	: Variación morfológica de la especie acuática <i>Lemna minor</i>	36
Figura N°.18	: Variación morfológica de la especie acuática <i>Eichhornia crassipes</i>	38
Figura N°.19	: Estanques de descontaminación de solución con plomo y nutrientes (<i>Lemna minor</i>)	44
Figura N°.20	: Estanques de descontaminación de solución con plomo y nutrientes (<i>Eichhornia crassipes</i>)	45
Figura N°.21	: Muestreo de especies acuáticas	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°.1	: Informe de Ensayo N°3 – 14609/13 Resultado de monitoreo de agua de pantano del canal de regadío (Refugio de Vida Silvestre – Pantanos de Villa)	72
Anexo N°.2	: Informe de Ensayo N°3 – 15117/13 Resultado de la concentración inicial de plomo empleada en la etapa experimental	73
Anexo N°.3	: Variables intervinientes de la etapa de cultivo	74
Anexo N°.4	: Eco toxicología en la especie acuática <i>Lemna minor</i> (Lenteja de agua)	79
Anexo N°.5	: Eco toxicología en la especie acuática <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua)	81
Anexo N°.6	: Resultado de la concentración final de plomo en el agua en la etapa experimental Informe de Ensayo N°3 – 16439/13	83
Anexo N°.7	: Resultado de la concentración final de plomo en las especies acuáticas en la etapa experimental Informe de Ensayo N°3 – 09873/13	84
Anexo N°.8	: Variables intervinientes de la etapa experimental	85
Anexo N°.9	: Desarrollo de estudio de investigación	88
Anexo N°.10	: Matriz de Consistencia	89
Anexo N°.11	: Certificado de análisis de multiparámetro	90

RESUMEN

La presente tesis de investigación incluye la adaptabilidad, cultivo y descontaminación de una solución contaminada con plomo mediante el uso de dos especies de plantas acuáticas: *Eichhornia crassipes* conocida como Jacinto de agua y *Lemna minor*, conocida como Lenteja de agua, con la finalidad de comparar y determinar la eficacia de las especies indicadas en la remoción de plomo en el agua.

La metodología de trabajo fue desarrollada en cuatro etapas:

- a) Etapa de recolección de las especies acuáticas: ésta consistió en recolectar los ejemplares de las especies acuáticas utilizadas en esta investigación del Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa.
- b) Etapa de adaptabilidad: se adaptó a los ejemplares obtenidos en una solución preparada compuesta al 50% con agua de pantano y 50% de agua potable por un periodo de 15 días.
- c) Etapa de cultivo de plantas acuáticas: se realizó esta etapa en dos fases cada una en un periodo de 15 días:
 - La primera consistió en cultivar las especies acuáticas en una solución compuesta al 100% de agua potable y solución hidropónica nutritiva.
 - La segunda fase consistió en cultivar a las especies a las condiciones más próximas a la etapa experimental por lo que se empleó un cultivo compuesto al 100% de agua desionizada y solución hidropónica nutritiva.
- d) Etapa de descontaminación de solución preparada con plomo; esta etapa fue la más importante de modo que se expuso a los ejemplares de las especies *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a una solución contaminada con Nitrato de Plomo (Pb NO_3) a una concentración inicial de plomo de 0.0907 mg/L de Pb y solución hidropónica nutritiva por un periodo de 20 días.

Asimismo se contó con un diseño conformado por 8 estanques, 3 réplicas por cada tratamiento con una especie acuática y dos réplicas de control, que fueron fundamentales para contrastar con las concentraciones finales de plomo de los estanque de tratamientos haciendo uso de las especies acuáticas.

Por otro lado, se obtuvo que la especie acuática *Eichhornia crassipes* removió en promedio 48.91% de plomo en el agua mientras que la especie acuática *Lemna minor* solo pudo remover 8.14% de plomo de la misma solución; también la cantidad promedio final de plomo por estanque en las especies acuáticas *Eichhornia crassipes* fue de 0.7845 mg y en la especie acuática *Lemna minor* fue de 0.1200 mg.

Finalmente con los resultados mencionados anteriormente, se llegó a la conclusión que la especie acuática *Eichhornia crassipes* es más eficaz en la remoción de plomo en el agua que la especie acuática *Lemna minor* y que presenta mayor capacidad de tolerancia al metal al presentar mayor cantidad de Pb en biomasa seca.

Palabras claves: *EICHHORNIA CRASSIPES*, *LEMNA MINOR*, REMOCIÓN.

ABSTRAC

This research includes adaptability, crop and decontamination of lead-contaminated solution by using two species of aquatic plants: *Eichhornia crassipes* known as Jacinto de agua and *Lemna minor*, known as Lenteja de agua, with the order to compare and evaluate the effectiveness of the species indicated in the removal of lead in water.

The methodology was developed in four stages:

- a) Stage of collection of aquatic plants; this stage was to assess and collect specimens of the Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa.
- b) Adaptability Stage; adapted to the specimens obtained in a solution of 50% composed of swamp water and 50 % of drinking water for a period of 15 days.
- c) Stage cultivation of aquatic plants: this stage was conducted in two phases each over a period of 15 days:
 - The first was to cultivate aquatic species in a solution of 50% water and 50 % of hydroponic nutrient solution.
 - The second phase was to cultivate the species to conditions closer to the stage experimental work so that a crop composed of 50% of deionized water and hydroponic nutrient solution.
- d) Step decontamination solution made with lead; this stage was the most important so that the specimens were exposed to species *Eichhornia crassipes* *Lemna minor* and a solution contaminated with lead nitrate (PbNO_3) at an initial concentration of lead of 0.0907 mg/L of Pb and hydroponic nutrient solution for a period of 20 days.

Also featured is a design consisting of eight ponds, 3 replicates per treatment with an aquatic species and two control replicates , which were fundamental to contrast with the final concentrations of lead from the treatment pond using aquatic species.

On the other hand, we found that the aquatic species *Eichhornia crassipes* removed on average 48.91% of lead in the water while aquatic species *Lemna minor* could only 8.14% lead removal of the same solution, likewise the average amount of lead end pond in aquatic species *Eichhornia crassipes* was 0.7845 mg and aquatic species *Lemna minor* was 0.1200 mg.

At last with the results mentioned above, it was concluded that the aquatic species *Eicchornia crassipes* is more effective in the removal of lead in water aquatic species *Lemna minor* and having higher metal tolerance ability to have greater amount of Pb present in dry biomass.

Keywords: *EICHHORNIA CRASSIPES*, *LEMNA MINOR*, REMOVAL.