FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE HIERRO Y ALUMINIO EN EFLUENTE DE MINA DE CARBÓN, UTILIZANDO HUMEDALES ARTIFICIALES DE *Eichhornia crassipes* y *Myriophyllum aquaticum*”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autoras:

Silvia Yuliana Orrillo Carranza
Leyla Melita Quiroz Abanto

Asesor:

M.Sc. Juan Carlos Flores Cerna
Cajamarca - Perú

2020
Tabla de contenidos

DEDICATORIA............................................................................................................................................ 2
AGRADECIMIENTO ..................................................................................................................................... 3
ÍNDICE DE TABLAS ....................................................................................................................................... 6
ÍNDICE DE FIGURAS .................................................................................................................................... 7
ÍNDICE DE ECUACIONES ............................................................................................................................ 8

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN ....................................................................................................................... 10
  1.1. Realidad problemática .......................................................................................................................... 10
  1.2. Formulación del problema .................................................................................................................... 23
  1.3. Objetivos ............................................................................................................................................. 23
  1.4. Hipótesis ............................................................................................................................................. 24

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA ...................................................................................................................... 25
  2.1. Tipo de investigación ............................................................................................................................ 25
  2.2. Población y muestra .............................................................................................................................. 25
  2.3. Materiales, instrumentos y métodos ....................................................................................................... 25
  2.4. Procedimiento ..................................................................................................................................... 29

CAPÍTULO III. RESULTADOS ....................................................................................................................... 45
  3.1 Análisis iniciales de metales .................................................................................................................... 45
  3.2 Análisis de parámetros ........................................................................................................................... 45
  3.3 Segundo análisis de metales .................................................................................................................. 45
  3.4 Análisis de metales durante el monitoreo ............................................................................................... 46
  3.5 Análisis de plantas ................................................................................................................................ 51
  3.6 Remoción de metales en agua ................................................................................................................. 53
  3.7 Absorción de metales en plantas ............................................................................................................ 55
  3.8 Análisis estadístico .................................................................................................................................. 56
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión .......................................................... 59

4.2 Conclusiones ......................................................... 61

REFERENCIAS .............................................................. 63

ANEXOS ............................................................................ 68
ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1  Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades
Minero Metalúrgicas………………………………………………………………………………………………………..22
Tabla 3 Coordenadas del área de estudio…………………………………………………………………………………30
Tabla 4 Primer análisis de Fe, Al del efluente………………………………………………………………………………..45
Tabla 5 Primer análisis físico-químicos del efluente………………………………………………………………………..45
Tabla 6 Concentración de Fe y Al del efluente de la mina de carbón…………………………………………………….45
Tabla 7 Concentración de Fe y Al en los efluentes de los humedales artificiales……………….46
Tabla 8 Concentración de Fe y Al en plantas antes de colocar en los humedales artificiales 51
Tabla 9 Concentración de Fe y Al en plantas después del tratamiento ……………………51
Tabla 10 Remoción de metales en el agua…………………………………………………………………………………….53
Tabla 11 Resultados de absorción de metales en plantas ………………………………….56
Tabla 12 Análisis de tendencia central y dispersión……………………………………………………………………..57
ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Humedal artificial de flujo superficial.................................................................16
Figura 2. Humedal subsuperficial de flujo horizontal ..................................................17
Figura 3. Humedal subsuperficial de flujo vertical.........................................................18
Figura 4. Representación de Eichhornia crassipes..........................................................20
Figura 5. Representación de Myriophyllum aquaticum..................................................21
Figura 6. Diseño gráfico de los humedales artificiales de flujo superficial.........................31
Figura 7. Distribución de muestreo Z para la prueba de hipótesis nula............................58
Figura 8. Concentraciones promedio de Hierro Fe(mg/L) en los efluentes de los humedales artificiales de Eichhornia crassipes.................................................................47
Figura 9. Concentraciones promedio de Hierro Fe(mg/L) en los efluentes de los humedales artificiales de Myriophyllum aquaticum.........................................................48
Figura 10. Concentraciones promedio de Aluminio Al (mg/L) en los efluentes de los humedales de Eichhornia crassipes.................................................................49
Figura 11. Concentraciones promedio de Aluminio Al (mg/L) en los efluentes de los humedales de Myriophyllum aquaticum.................................................................50
Figura 12. Análisis de la concentración de Hierro Fe (mg/kg) en las plantas Eichhornia crassipes y Myriophyllum aquaticum antes y después del tratamiento.........................52
Figura 13. Análisis de la concentración de Aluminio Al (mg/kg) en las plantas Eichhornia Crassipes y Myriophyllum Aquaticum antes y después del tratamiento.........................53
Figura 14. Porcentaje de remoción de Hierro Fe (mg/L) en Eichhornia crassipes y Myriophyllum aquaticum.................................................................54
Figura 15. Porcentaje de eliminación de Aluminio (Al) en Eichhornia crassipes y Myriophyllum aquaticum.................................................................55
ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Eficiencia de la eliminación de metales .......................................................... 15
Ecuación 2. Carga metálica ................................................................................................. 18
Ecuación 3. Dimensionamiento del sistema ........................................................................ 19
Ecuación 4. Media ............................................................................................................... 28
Ecuación 5. Desviación estándar de la distribución muestral de la media ....................... 28
Ecuación 6. Desviación estándar de la muestra ............................................................... 29
Ecuación 7. Prueba "Z" .................................................................................................... 29
Ecuación 8. Capacidad de absorción de la planta ......................................................... 55
RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad de remoción de Hierro y Aluminio en efluente de mina de carbón, utilizando humedales artificiales de *Eichhornia crassipes* y *Myriophyllum aquaticum*, para lo cual se construyeron seis humedales, tres con la planta *Eichhornia crassipes* y tres con *Myriophyllum aquaticum* que mediante un sistema de tubería se condujo el agua del drenaje de la mina de carbón hacia los humedales para ser tratada luego de un tiempo de adaptación de las plantas con esta misma agua. Inicialmente se tomaron muestras del efluente que se compararon con los límites máximos permisibles para descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgico establecido en la resolución suprema N°194-2010-PCM. Luego de la toma de muestras que se hizo cada 24 horas, obtuvimos como resultados el porcentaje de remoción de Fe y Al con cada especie de planta, donde la remoción de Fe fue del 81 % con la especie *Eichhornia crassipes* y 80 % con la especie *Myriophyllum aquaticum*, sin embargo, la remoción de aluminio fue de 49 % con la especie *Eichhornia crassipes* y 91 % *Myriophyllum aquaticum*, concluyendo de esta manera que si se logró remover Fe y Al utilizando humedales artificiales de *Eichhornia crassipes* y *Myriophyllum aquaticum*, obteniendo una mejor remoción de Al con la especie *Myriophyllum aquaticum*.

**Palabras clave:** Remoción, mina de carbón, humedales artificiales.
NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales
REFERENCIAS


“Evaluación de la capacidad de remoción de hierro y aluminio en efluente de mina de carbón, utilizando humedales artificiales de *Eichhornia crassipes* y *Myriophyllum aquaticum*”

INGEMMET Perú. (23 septiembre de 2016). *Training “El agua subterránea y geoquímica ambiental”*). Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=Ca67fPamm4g&t=725s


Evaluación de la capacidad de remoción de hierro y aluminio en efluente de mina de carbón, utilizando humedales artificiales de *Eichhornia crassipes* y *Myriophyllum aquaticum*

https://www.esan.edu.pe/publicaciones/2013/10/02/gerencia_desarrollo_31_exp lotacion_carbon_antracita.pdf


