

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura, Ingeniería Civil y del
Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE FITORREMEDIACIÓN DE
***Eichhornia crassipes* (JACINTO DE AGUA) EN EFLUENTES CON CROMO**
DE UNA INDUSTRIA CURTIDORA DEL PARQUE INDUSTRIAL RÍO
SECO, AREQUIPA

Tesis presentada por la Bachiller:

Gonzales León, Stefani Camila

para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Asesor:

Dr. Arenazas Rodríguez,
Armando Jacinto

Arequipa- Perú

2024

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA AMBIENTAL
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 25 de Noviembre del 2023

Dictamen: 007076-C-EPIA-2023

Visto el borrador del expediente 007076, presentado por:

2018400062 - GONZALES LEON STEFANI CAMILA

Titulado:

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE FITORREMEDIACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES
(JACINTO DE AGUA) EN EFLUENTES CON CROMO DE UNA INDUSTRIA CURTIDORA DEL PARQUE
INDUSTRIAL RÍO SECO, AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**46769238 - CHANOVE MANRIQUE ANDREA MARIETA
DICTAMINADOR**



**43238145 - BENEGAS LLANOS ROSARIO CAROLINA
DICTAMINADOR**



**43606549 - CARDENAS PILLCO BERLY EDINSSON
DICTAMINADOR**



EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE FITORREMEDIACIÓN DE *Eichhornia crassipes* (JACINTO DE AGUA) EN EFLUENTES CON CROMO DE UNA INDUSTRIA CURTIDORA DEL PARQUE INDUSTRIAL RÍO SECO, AREQUIPA

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	12%
2	docplayer.es Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

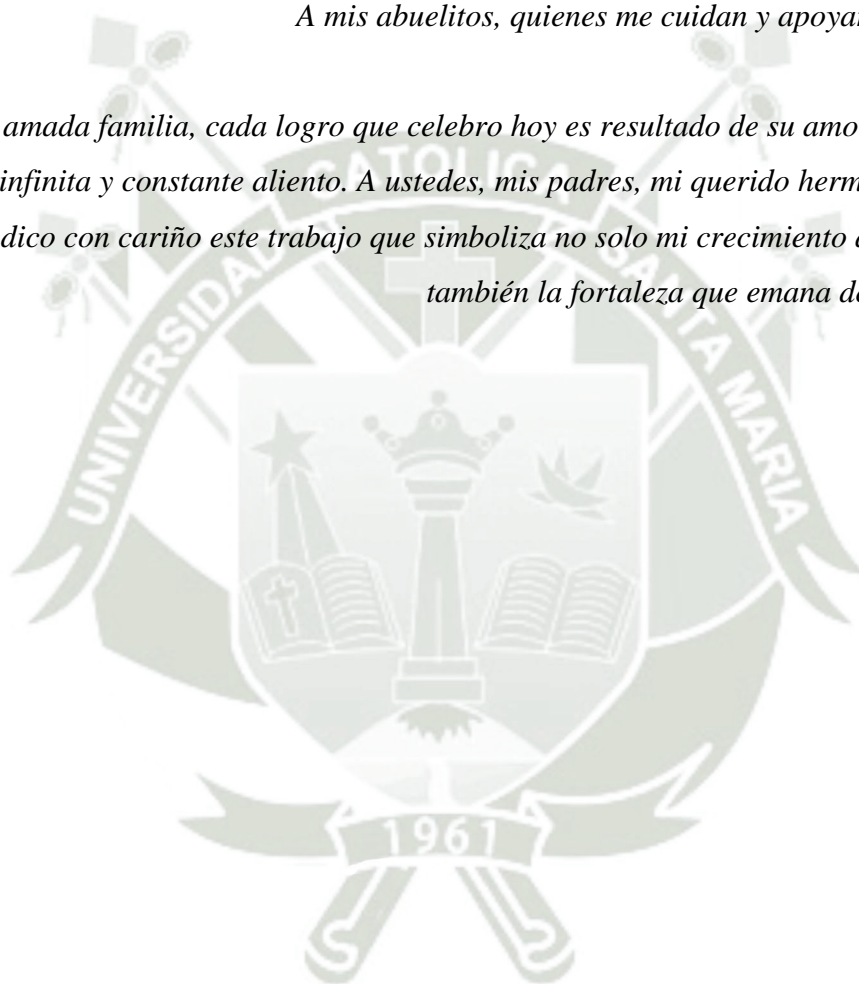
Apagado

DEDICATORIA

A Dios, porque siempre me acompaña y me da fortaleza para superar cada obstáculo, por bendecirme con personas que me ayudaron en este camino.

A mis abuelitos, quienes me cuidan y apoyan desde el cielo.

A mi amada familia, cada logro que celebro hoy es resultado de su amor incondicional, paciencia infinita y constante aliento. A ustedes, mis padres, mi querido hermano y mis tíos y tías, les dedico con cariño este trabajo que simboliza no solo mi crecimiento académico, sino también la fortaleza que emana de nuestra unión.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios con todo mi ser y a mi familia por su apoyo incondicional.

Agradezco a la Universidad Católica de Santa María por el financiamiento otorgado mediante los Fondos Internos para la Investigación 2020.

Agradezco al Mg. Ing. Kevin Tejada Meza quien me brindo toda su paciencia, apoyo, dedicación y comprensión durante el desarrollo de la investigación.

Agradezco al Dr. Armando Arenazas, a la Ing. Rosario Benegas y a la Ing. Andrea Chanove quienes me impartieron su conocimiento y fomentaron mi interés en la investigación.

Para finalizar agradezco a mi amiga de toda la vida y a mis queridos amigos del laboratorio E-406, gracias por compartir las risas, su apoyo y su aliento del día a día.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación evaluó el porcentaje de remoción de *Eichhornia crassipes* para Cromo total a partir de tres tratamientos diferentes, el primero al 0.78% de dilución del contaminante, el segundo a 1.56% de dilución y el tercero a 3.13%. Se trabajó con el efluente del proceso de curtido de una curtiembre ubicada en el Parque Industrial de Río Seco, se realizó una caracterización inicial de las aguas residuales hallando que el metal pesado excede los Valores Máximos Admisibles para Aguas Residuales No Domesticas y los Límites Máximos Permisibles para el sector de curtiembre. En el diseño de la fitorremediación se evaluó que *Eichhornia crassipes* logra una mejor resistencia al metal, luego de someterse a un periodo de acondicionamiento a solución hidropónica durante 15 días. Se evaluó los parámetros de potencial de hidrogeno, solidos suspendidos totales, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, analizando muestras de agua a los 5, 15,25 y 35 días. Así como también se realizaron evaluaciones del porcentaje de captación de Cromo total en la parte aérea (hojas y tallos) y parte radicular de la planta, demostrando que *Eichhornia crassipes* posee una mejor captación en la parte radicular con un 99.29% y en la parte aérea con un 94.14% ambas a una dilución de 3.13% a los 25 días. Además de ello, se determinó que la especie logra alcanzar un porcentaje máximo de remoción de Cromo total en el agua de 95.51% a los 25 días para la dilución de 1.56%, siendo este el mejor tratamiento en eficiencias de remoción, seguido del tratamiento a 3.13% que alcanzo un porcentaje máximo de remoción de 93.47%.

Palabras clave: fitorremediación, Cromo total, curtiembre

ABSTRACT

The present research work evaluated the removal percentage of *Eichhornia crassipes* for total chromium from three different treatments, the first at 0.78% dilution of the contaminant, the second at 1.56% dilution and the third at 3.13%. We worked with the effluent from the tanning process of a tannery located in the Río Seco Industrial Park, an initial characterization of the wastewater was carried out, finding that the heavy metal exceeds the Maximum Admissible Values for Non-Domestic Wastewater and the Maximum Permissible Limits for the tanning sector. In the design of the phytoremediation, it was evaluated that *Eichhornia crassipes* achieves better resistance to metal, after undergoing a conditioning period in a hydroponic solution for 15 days. The parameters of hydrogen potential, total suspended solids, electrical conductivity and dissolved oxygen were evaluated, analyzing water samples after 5, 15, 25 and 35 days. As well as evaluations of the percentage of total chromium uptake in the aerial part (leaves and stems) and root part of the plant, demonstrating that *Eichhornia crassipes* has a better uptake in the root part with 99.29% and in the aerial part with 94.14% both at a dilution of 3.13% at 25 days. In addition, it was determined that the species manages to reach a maximum percentage of total chromium removal in the water of 95.51% at 25 days for the dilution of 1.56%, this being the best treatment in removal efficiencies, followed by the treatment at 3.13% that reached a maximum removal percentage of 93.47%.

Keywords: phytoremediation, total chromium, tanning

INDICE GENERAL

DICTAMEN APROBATORIO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
<i>1.1. Problemática de la investigación</i>	4
1.2 Justificación.....	5
1.2.1. Ambiental	5
1.2.2. Económica.....	6
1.2.3. Social	6
1.2.3. Tecnológica	7
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivo general	7
1.3.2. Objetivos específicos	7

<i>1.4. Hipótesis</i>	7
CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO	9
<i>2.1. Antecedentes de la investigación</i>	10
<i>2.2. Marco Teórico</i>	14
<i>2.2.1. Análisis de la situación de la industria curtiembre</i>	14
<i>2.2.2. Procesos de la industria curtiembre</i>	16
<i>2.2.3. Aguas residuales de curtido</i>	17
<i>2.2.4. Cromo</i>	19
<i>2.2.5. Fitorremediación</i>	20
<i>2.2.6. Eichhornia crassipes (Jacinto de agua)</i>	24
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	32
<i>3.1. Tipo y Nivel de Investigación</i>	33
<i>3.2. Diseño de la investigación</i>	33
<i>3.2.1. Campo de investigación</i>	33
<i>3.2.2. Variables</i>	34
<i>3.2.3. Población, muestra y muestreo</i>	34
<i>3.2.4. Materiales y equipos</i>	35
<i>3.2. Métodos de investigación</i>	36
<i>3.2.1. Caracterización del efluente de curtido de la industria curtidora del Parque Industrial Río Seco</i>	36

3.2.2. <i>Diseño del sistema de fitorremediación a partir de Eichhornia crassipes (Jacinto de agua)</i>	37
3.2.3. <i>Evaluación de la capacidad de fitorremediación de Eichhornia crassipes en la remoción de Cromo total</i>	40
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. <i>Determinación de los parámetros fisicoquímicos para la caracterización del efluente de curtido de la industria curtidora</i>	43
4.2. <i>Diseño del sistema de fitorremediación a partir de Eichhornia crassipes (Jacinto de agua)</i> . 48	
4.3. <i>Evaluación de la capacidad de fitorremediación de Eichhornia crassipes en la remoción de Cromo total</i>	58
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS	88
ANEXOS	108

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía de <i>Eichhornia crassipes</i>	25
Tabla 2 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.	29
Tabla 3 Límites Máximos Permisibles para el sector de curtiembre.	30
Tabla 4 Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales No domésticas.	31
Tabla 5 Campo de verificación.	34
Tabla 6 Operalización de variables e indicadores.....	34
Tabla 7 Métodos aplicados para el análisis de los parámetros del efluente.....	37
Tabla 8 Concentraciones de la solución hidropónica de La Molina®.....	39
Tabla 9 Ensayos de tolerancia a la concentración del efluente.....	40
Tabla 10 Parámetros iniciales del efluente de curtido	43
Tabla 11 Metales totales presentes en el agua residual del proceso de curtido.	45
Tabla 12 Observaciones sintomatológicas en tratamientos de solución hidropónica.....	49
Tabla 13 Tratamientos de solución hidropónica y medición de parámetros de pH y temperatura para <i>Eichhornia crassipes</i>	51
Tabla 14 Desviación estándar y promedio en (T1) de la solución hidropónica a 15 días.	52
Tabla 15 Ensayos de tolerancia al contaminante en diluciones de 6.25%, 12.50% y 25% durante 10 días.....	55
Tabla 16 Ensayos de tolerancia al contaminante a diluciones de 0.78%, 1.56%, 3.13%, 6.25% durante 10 días.	57
Tabla 17 Tratamientos para la fitorremediación de Cromo total.....	58
Tabla 18 Fitorremediación durante 35 días a diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125%,.....	59

Tabla 19 Datos de promedio y desviación estándar para el pH en diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% durante los 35 días	61
Tabla 20 Datos de promedio y desviación estándar para la CE en diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% durante los 35 días	63
Tabla 21 Datos de promedio y desviación estándar para OD en diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% durante los 35 días	64
Tabla 22 Datos de promedio y desviación estándar para SST en diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% durante los 35 días	65
Tabla 23 Pruebas estadísticas de remoción de Cromo total en el agua durante 35 días.	67
Tabla 24 Pruebas estadísticas de remoción de Cromo total en la parte aérea de la planta durante 35 días.	74
Tabla 25. <i>Pruebas estadísticas de remoción de Cromo total en la parte radicular durante 35 días</i>	80
Tabla 26. <i>Pruebas de normalidad para % remoción de Cr total en agua a los 5 días.</i>	109
Tabla 27. <i>Verificación de varianza Leve para % remoción de Cr total en agua a los 5 días.</i> .	109
Tabla 28. <i>Prueba de Kruskal-Wallis para % remoción de Cr total en agua a los 5 días.</i>	109
Tabla 29. <i>Análisis de varianza para el % de remoción de Cr total en agua a los 5 días.</i>	110
Tabla 30. <i>Pruebas de normalidad para % remoción de cr total en agua a los 15 días.</i>	110
Tabla 31. <i>Verificación de varianza Levene para % remoción de Cr total en agua a los 15 días.</i>	111
Tabla 32. Prueba de Kruskal-Wallis para % remoción de Cr total en agua a los 15 días.	111
Tabla 33. <i>Análisis de varianza para el % de remoción de Cr total en agua a los 15 días.</i>	111
Tabla 34. <i>Pruebas de normalidad para % remoción de Cr total en agua a los 25 días.</i>	112

Tabla 35. *Verificación de varianza Levene para % remoción de Cr total en agua a los 25 días.*
..... 112

Tabla 36. *Prueba de Kruskal-Wallis para % remoción de Cr total en agua a los 25 días.* 112

Tabla 37. *Análisis de varianza para el % de remoción de Cr total en agua a los 25 días.* 113

Tabla 38. *Pruebas de normalidad para % remoción de Cr total en agua a los 35 días.* 113

Tabla 39. *Verificación de varianza Levene para % remoción de Cr total en agua a los 35 días.*
..... 114

Tabla 40. *Prueba de Kruskal-Wallis para % remoción de Cr total en agua a los 35 días.* 114

Tabla 41. *Análisis de varianza para el % de remoción de Cr total en agua a los 35 días.* 115

Tabla 42. *Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte aérea a los 5 días. .* 115

Tabla 43. *Verificación de varianza Leve para % captación de Cr total en parte aérea a los 5 días.* 116

Tabla 44. *Prueba de Kruskal-Wallis para % captación de Cr total en parte aérea a los 5 días.*
..... 116

Tabla 45. *Análisis de varianza para el % de captación de Cr total en parte aérea a los 5 días.*
..... 116

Tabla 46. *Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte aérea a los 15 días.*
..... 117

Tabla 47. *Verificación de varianza Levene para % captación de Cr total en parte aérea a los 15 días.* 117

Tabla 48. *Prueba de Kruskal-Wallis para % captación de Cr total en parte aérea a los 15 días.*
..... 117

Tabla 49. <i>Análisis de varianza para el % de captación de Cr total en parte aérea a los 15 días.</i>	118
Tabla 50. <i>Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte aérea a los 25 días.</i>	118
Tabla 51. <i>Verificación de varianza Levene para % captación de Cr total en parte aérea a los 25 días.</i>	119
Tabla 52. <i>Prueba de Kruskal-Wallis para % remoción de Cr total en parte aérea a los 25 días.</i>	119
Tabla 53. <i>Análisis de varianza para el % de captación de Cr total en parte aérea a los 25 días.</i>	119
Tabla 54. <i>Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte aérea a los 35 días.</i>	120
Tabla 55. <i>Verificación de varianza Levene para % captación de Cr total en parte aérea a los 35 días.</i>	120
Tabla 56. <i>Prueba de Kruskal-Wallis para % captación de Cr total en parte aérea a los 35 días.</i>	121
Tabla 57. <i>Análisis de varianza para el % de remoción de Cr total en agua a los 35 días.</i>	121
Tabla 58. <i>Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte radicular a los 5 días.</i>	122
Tabla 59. <i>Verificación de varianza Leve para % captación de Cr total en parte radicular a los 5 días.</i>	122
Tabla 60. <i>Prueba de Kruskal-Wallis para % captación de Cr total en parte radicular a los 5 días.</i>	122

Tabla 61. <i>Análisis de varianza para el % de captación de Cr total en parte radicular a los 5 días.</i>	123
Tabla 62. <i>Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte radicular a los 15 días.</i>	123
Tabla 63. <i>Verificación de varianza Levene para % captación de Cr total en parte aérea a los 15 días.</i>	123
Tabla 64. <i>Prueba de Kruskal-Wallis para % captación de Cr total en parte radicular a los 15 días.</i>	124
Tabla 65. <i>Análisis de varianza para el % de captación de Cr total en parte radicular a los 15 días.</i>	124
Tabla 66. <i>Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte radicular a los 25 días.</i>	125
Tabla 67. <i>Verificación de varianza Levene para % captación de Cr total en parte radicular a los 25 días.</i>	125
Tabla 68. <i>Prueba de Kruskal-Wallis para % remoción de Cr total en parte radicular a los 25 días.</i>	125
Tabla 69. <i>Análisis de varianza para el % de captación de Cr total en parte radicular a los 25 días.</i>	126
Tabla 70. <i>Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte radicular a los 35 días.</i>	126
Tabla 71. <i>Verificación de varianza Levene para % captación de Cr total en parte radicular a los 35 días.</i>	127

Tabla 72. *Prueba de Kruskal-Wallis para % captación de Cr total en parte radicular a los 35 días.*..... 127

Tabla 73. *Análisis de varianza para el % de remoción de Cr total en radicular a los 35 días.*127

Tabla 74. *Valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales No domésticas* 129

Tabla 75. *Límites máximos permisibles en el sector curtiembre* 129

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de procesos de una curtiembre..... 17

Figura 2 Características de los efluentes de una curtiembre..... 18

Figura 3 Mecanismos de fitorremediación. 23

Figura 4 Morfología de Eichhornia crassipes..... 26

Figura 5 Esquema de diseño final para la fitorremediación 53

Figura 6 Peso húmedo de plantas a diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.13..... 60

Figura 7 Potencial de hidrógeno (pH) en la dilución de 0.781%, 1.563% y 3.125%..... 62

Figura 8 Conductividad eléctrica (CE) en las diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125%..... 63

Figura 9 *Oxígeno disuelto para las diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% en 35 días.* 64

Figura 10 *Sólidos totales suspendidos para las diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% en 35 días.*..... 66

Figura 11 Remoción de Cr total en agua a dilución de 0.781%. 70

Figura 12 Remoción de Cr total en agua a dilución de 1.563%. 71

Figura 13 Remoción de Cr total en agua a dilución de 3.125%. 72

Figura 14 Comparación del porcentaje de remoción de Cr total en agua en n las diluciones. 73

Figura 15 Remoción de Cr total en parte aérea a dilución de 0.781% 77

Figura 16 Remoción de Cr total en parte aérea a dilución de 1.563% 78

Figura 17 Remoción de Cr total en parte aérea a dilución de 3.125%	79
Figura 18 Remoción de Cr total en parte radicular a dilución de 0.781%	82
Figura 19 Remoción de Cr total en parte radicular a dilución de 1.563%	83
Figura 20 Remoción de Cr total en parte radicular a dilución de 3.125%	84
Figura 21 Comparación de la remoción de Cr total en parte aérea y radicular.	85
Figura 22. <i>Recolección de la muestra del botal de curtido.</i>	130
Figura 23. <i>Toma de muestra por parámetro en el monitoreo de agua</i>	130
Figura 24. <i>Lugar y recolección de Eichhornia crassipes</i>	131
Figura 25. <i>Ensayos de tolerancia a la concentración del efluente (25%, 12.5% y 6.25%).</i>	131
Figura 26. <i>Ensayos de tolerancia a la concentración del efluente (6.25%, 3.13%, 1.56% y 0.78%).</i>	132
Figura 27. <i>Sistema de fitorremediación final a la concentración (3.13%, 1.56% y 0.78%).</i> ...	132
Figura 28. <i>Evaluación de calidad de agua con multiparámetro y recolección de muestras</i>	133
Figura 29. <i>Segmentación y secado de la planta (aérea y radicular).</i>	133
Figura 30. <i>Molienda y almacenamiento de la planta (parte aérea y radicular).</i>	133

INDICE DE ANEXOS

Anexo I: <i>Cuadros Estadísticos</i>	109
Anexo II: <i>Marco legal aplicable</i>	129
Anexo III: <i>Fotografías</i>	130
Anexo IV: <i>Determinación de la especie en laboratorio especializado</i>	134
Anexo V: <i>Resultados de laboratorios acreditados ante el INACAL</i>	135

LISTA DE ABREVIATURAS

LMP	Límites Máximos Permisibles
VMA	Valores Máximos Admisibles
PIRS	Parque Industrial Río Seco
STD	Sólidos Totales Disueltos
pH	Potencial de hidrógeno
Cr	Cromo
D.S	Decreto Supremo
DQO	Demanda química de oxígeno
DBO5	Demanda biológica de oxígeno
OD	Oxígeno disuelto
CE	Conductividad Eléctrica
PPM	Parte por millón
ANA	Autoridad Nacional del Agua
OEFA	Organismos de Evaluación y Fiscalización Ambiental
MINAM	Ministerio del Ambiente
ICP-MS	Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente
mL	Mililitros
SW	Shapiro Wilks
LEV	Levene
KW	Kruskal Wallis
ANOVA	Análisis de varianza
DN	Distribución normal
DNN	Distribución no normal
S	Significativo
NS	No Significativo
GI	Grados de libertad

INTRODUCCIÓN

Las industrias de curtiembre producen uno de los efluentes más tóxicos dentro de sus procesos. Entre los compuestos tóxicos, el Cromo es un metal ampliamente utilizado en el curtido de cuero al Cromo, siendo este uno de los motivos que genera especial preocupación debido a que pone en riesgo la salud humana y de los seres vivos. El Cromo tiene impactos genotóxicos, cancerígenos y citotóxicos en los organismos vivos (Shekhar Sarker et al., 2023; Singh et al., 2022)

En Arequipa las curtiembres se encuentran ubicadas en el Parque Industrial Río Seco (PIRS), las cuales tienden a generar contaminantes a lo largo de su proceso productivo, los cuales exceden los Valores Máximos Admisibles para Aguas Residuales no domésticas, según el monitoreo realizado por OEFA (2017), ello debido a que existe una dificultad por adecuar un tratamiento efectivo antes de su descarga a la red de alcantarillado. Asimismo, las aguas residuales industriales provenientes de las curtiembres del PIRS se extienden hasta desembocar al cauce de la Quebrada de Añahuayco, lo que genera impactos ambientales negativos por la infiltración de las aguas a los suelos y afectación a los ecosistemas aledaños.

En el caso del tratamiento de efluentes de curtiembres, se han estudiado tecnologías tradicionales que resultan en algunos casos ser más costosos que los métodos biológicos. Las tecnologías de fitorremediación ofrecen una oportunidad prometedora para ayudar a lograr un objetivo sostenible de disminución de la carga contaminante. Asimismo, la eficiencia de la remediación basada en plantas dependerá en gran medida del tipo de planta acuática empleada para la acumulación de metales pesados.

Eichhornia crassipes es una macrófita considerada entre las 100 especies más invasoras del mundo según la Unión Internacional para la conservación de la naturaleza y recursos naturales (UICN), debido a que presenta una gran adaptabilidad y crecimiento rápido en amplios

ecosistemas, lo que ocasiona la interrupción de ciertas actividades productivas, además su rápida tasa de crecimiento provoca que impacte el flujo de agua, bloquee la luz solar y evita que llegue a las plantas acuáticas nativas, interrumpiendo la cadena alimentaria y el ciclo de nutrientes. Sin embargo, esta maleza es considerada como un recurso potencial para la fitorremediación de metales pesados, ya que su gran biomasa le permite lograr altos porcentajes de remoción.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la evaluación de la capacidad fitorremediadora de *Eichhornia crassipes* en la remoción de Cromo total en aguas residuales de efluentes del curtido.





CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problemática de la investigación

La industria de curtiembres desde hace varios años ha tomado especial relevancia en el sector industrial debido al incremento de la demanda de sus productos. A pesar de que este sector impulsa el desarrollo económico, es considerado como una de las fuentes de contaminación más críticas debido a las grandes cantidades de agua y productos químicos que se utilizan para la transformación de la materia prima. Los químicos no son asimilados en su totalidad por el cuero, y su destino final son las aguas residuales (Hansen et al., 2020).

Las aguas residuales que contienen Cromo, al llegar a tierras agrícolas producen efectos toxicológicos, los cuales se evidencian en la afectación directa hacia el crecimiento y desarrollo de las plantas y la inhibición de la fotosíntesis generada por el daño a los cloroplastos (Mishra & Bharagava 2016). Asimismo, los impactos ambientales más resaltantes son la formación de partículas, eutrofización marina, acidificación terrestre, entre otros (Tasca & Paccini, 2019). Diversos estudios evidencian que la contaminación por Cromo es un factor ambiental significativo, debido a que su exposición excesiva conduce a niveles más altos de acumulación en los tejidos humanos y animales (Prasad et al., 2021).

En el año 2017 la Oficina de Evaluación y Fiscalización ambiental (OEFA) reportó en el informe de Evaluación Ambiental en el Ámbito del Parque Industrial de Río Seco (PIRS), que los límites permisibles en los parámetros como Cromo total, DBO, DQO, fósforo, nitrógeno, Cromo hexavalente, sólidos totales disueltos y alcalinidad total presentes en las aguas residuales de curtiembre, se encontraban por encima de los valores permitidos, por lo que exhortaron a que se comenzaran a llevar a cabo pretratamientos de los efluentes de curtiembre para evitar exponer la salud de la población y del medio ambiente con su liberación (OEFA, 2017).

La macrófita *Eichhornia crassipes*, cuyo nombre común es Jacinto de agua, es considerada como una planta acuática invasora de cuerpos acuáticos como son en los humedales, lagos, embalses y ríos, debido a su gran adaptabilidad a un amplio tipo de ecosistemas, lo que ocasiona la interferencia de ciertas actividades productivas como la pesca y la recreación, además de generar la proliferación de insectos e invasión en canales de riego (Eid et al., 2021; Sayago, 2016), Además, debido a su rápida tasa de crecimiento, abarcan grandes extensiones de los cuerpos de agua, lo que conlleva a agotar la mayor cantidad de oxígeno y nutrientes disponibles, provocando la muerte seres vivos y ocasionando problemas económicos. Asimismo, cuando la planta cumple su ciclo de vida, esta se hunde y descompone, lo que vuelve el agua más eutrófica, debido a la gran cantidad de nutrientes. La calidad del agua se deteriora al cambiar el pH y el nivel de salinidad, ocasionando un desequilibrio en las propiedades físicas y químicas de esta, lo que provoca un impacto directo sobre la salud humana (Bronzato et al., 2017; Rodríguez-Lara et al., 2022; Sanmuga Priya & Senthamil Selvan, 2017).

1.2 Justificación

1.2.1. Ambiental

La ciudad de Arequipa al contar un gran sector de industrias de curtiembres genera un impacto ambiental negativo en los ecosistemas, debido principalmente al uso de Cromo en sus procesos, el cual ha llegado a impactar determinados puntos alrededor de la Quebrada de Añashuayco (OEFA, 2017). Se ha demostrado que la exposición del Cromo tiene efectos adversos en el crecimiento de las plantas, ocasionando desequilibrios oxidativos y la pérdida de la productividad de los suelos. Además de ello, afecta a los organismos de animales acuáticos ocasionando efectos letales (Prasad et al., 2021). En tal sentido, según Kurade et al. (2021) la fitorremediación es una tecnología que beneficiará al medio ambiente al ser un método biológico,

que se basa en el uso de plantas, la energía solar y no requiere de la adición de productos químicos, a comparación de los tratamientos fisicoquímicos convencionales.

1.2.2. Económica

Frente a las tecnologías convencionales para tratamientos de aguas residuales, la fitorremediación es considerada una alternativa económica, ecológica e impulsada por energía solar con un enorme potencial para la estabilización de los desechos industriales (Maiti & Kumar, 2021; Onofre, 2020). En tal sentido, esta alternativa brindará una opción para que las empresas puedan estar conforme a la ley y evitar incurrir en infracciones ambientales que conlleven a sanciones económicas. Además, este tratamiento se basa principalmente en procesos naturales, por lo tanto, requiere menos mano de obra y equipos que los métodos fisicoquímicos tradicionales (Hu et al., 2020). Ante lo expuesto, si deseamos disminuir los altos costos en tratamientos convencionales y brindar beneficios a las empresas al evitar incurrir en infracciones, es necesario considerar esta tecnología alternativa.

1.2.3. Social

Se ha demostrado que la población aledaña a este sector muestra un malestar por el vertimiento de aguas residuales industriales. Además de ello, estudios señalan que la forma inhalada del metal es un carcinógeno, siendo un vector de contaminación y de malos olores (OEFA, 2017; Prasad et al., 2021). Sumado a ello, continuar exponiendo a la población ante los efectos adversos, constituye una amenaza que incrementa con el pasar de los años. Es por ello que muchas empresas desean aplicar nuevos tratamientos que puedan contribuir a la solución, la tecnología planteada constituye una medida con un enfoque potencial para la reducción de los contaminantes, evitando los efectos adversos que este ocasiona y por ende apoyando a reducir los futuros malestares de la población.

1.2.3. Tecnológica

El sector de curtiembres en la ciudad de Arequipa no cuenta con tratamientos efectivos para sus aguas residuales. La propuesta es un tratamiento que beneficiará al sector al incluir nuevas tecnologías para la eficiencia de sus procesos, siendo una alternativa viable, para la cual no existe la necesidad de incurrir en instrumentos de alta tecnología para realizar la biodegradación de los contaminantes, de esta manera las empresas podrán incluir nuevas alternativas y responder a los altos estándares internacionales.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la capacidad de fitorremediación a partir de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en el tratamiento de efluentes con Cromo de una industria curtidora del Parque Industrial Río Seco.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Caracterizar el efluente de curtido proveniente de una industria curtidora del Parque Industrial Río Seco.
- b) Diseñar el sistema de fitorremediación a partir de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua).
- c) Evaluar la capacidad fitorremediadora de *Eichhornia crassipes* en la remoción de Cromo total.

1.4. Hipótesis

Dado que diferentes tratamientos con plantas han demostrado fitorremediar efluentes provenientes de la industria de curtiembres, es posible que la aplicación de *Eichhornia crassipes* a efluentes de curtido, pueda lograr una fitorremediación óptima disminuyendo la concentración de Cromo después de ser sometida a tratamientos a escala laboratorio.



CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Durante los últimos años se ha evidenciado la contaminación por Cromo como un factor ambiental significativo, tal como Prasad et al. (2021) informa sobre los impactos en los recursos naturales como agua y suelo, siendo un efecto negativo en el metabolismo de las plantas, dado que obstaculizan el crecimiento y el rendimiento de los cultivos y además de ello su exposición excesiva conduce a niveles más altos de acumulación en los tejidos humanos y animales.

En tal sentido, Hakeem & Bhat (2020) describen ampliamente la utilización de macrófitos para la fitorremediación, debido a que estos mejoran la calidad del agua por su capacidad de absorber altas cantidades de nutrientes, los macrófitos flotantes como *Eichhornia crassipes*, son capaces de tratar los cuerpos de agua contaminada y fitodegradar metales pesados como Cromo, Cobre, Zinc, Cadmio, Mercurio, Plomo y eliminar efectivamente nutrientes como Nitrógeno y Fosforo. Asimismo, Shukla et al. (2022) describen en sus hallazgos que, *Eichhornia crassipes* se clasifica como una planta hiperacumuladora debido a que tiene una notable capacidad para acumular metales pesados, una alta tolerancia ambiental y una gran tasa de producción de biomasa, además se demuestra su eficacia para efluentes de curtiduría en un 99.96%.

A partir de ello, se han hallado investigaciones que demuestran la efectividad de la especie en la remoción de contaminantes de aguas residuales provenientes de diversas industrias. En el caso de efluentes mineros tal como los hallazgos de Mohanty et al. (2023) que estudiaron la capacidad fitorremediadora de la especie en efluentes mineros sin tratar con un total de 1800 plantas durante 125 días, sus hallazgos indican un porcentaje de reducción del contenido de Cr de un 53.5.% a los 100 días después del tratamiento, obteniendo una reducción de 76 a 21 ppm y una acumulación mayor en los brotes, a comparación de la reducción de un 40.7% de Cr a los 75 días, donde la concentración fue más alta en las raíces, con una disminución de 200 a 148 ppm. Del

mismo modo, Saha et al., (2017) desarrollaron una tecnología de fitorremediación para la eliminación del Cromo hexavalente tóxico de las minas, donde utilizaron *E. crassipes* en tanques especializados de 100 L y luego de 15 días observaron que la planta fue capaz de eliminar el 99.5% de Cr (VI) del agua, además de ello fue capaz de reducir el total de sólidos disueltos (STD), la demanda biológica de oxígeno (DQO) y otros parámetros.

Asimismo se ha demostrado la efectividad de la especie en efluentes de la industria de pintura y vidrio, tal como Bekeowei & Bariweni (2022) demostraron la capacidad fitorremediadora de *Eichhornia crassipes* para la reducción de Cr y Cd en aguas residuales de las industrias de pintura, para lo cual utilizaron contenedores con una capacidad de 15 litros introduciendo plantas con pesos similares y evaluando sus resultados a los 14, 28 y 42 días, obteniendo un 95% de eficiencia para el Cr y un 87.5 % para el Cd. Como también, Singh et al. (2022), estudiaron la eficacia del Jacinto de agua para la reducción de metales pesados para los efluentes de la industria del vidrio, el experimento se llevó a cabo durante 40 días donde se utilizaron cinco tratamientos al 0,25,50,75 y 100% del efluente mezclándolo con un volumen de agua potable, en acuarios de 25 l de capacidad por cada 4 plantas, se obtuvo que la especie disminuyó el Cd (91,30%), Cu (93,55%), Fe (92,81%), Mn (93,45%), Pb (89,66%) y Zn (94,44%) y es más eficiente en 25 % de concentración de efluentes de la industria del vidrio.

Por otro lado, se demostró la capacidad fitorremediadora de la especie para el tratamiento de aguas residuales proveniente de la industria textil, tal como los hallazgos de, Sanmuga Priya & Senthamil Selvan (2017) realizaron un estudio sobre la fitorremediación de Jacintos de Agua para efluentes textiles, sus resultados señalan la efectividad para la eliminación de metales pesados como Cromo, zinc y cobre, siendo los porcentajes de remoción de 94.78%, 96.88% y 94.44% respectivamente. Esto se debe a que los macrófitos acuáticos tienen un gran potencial para

acumular metales pesados dentro de su estructura vegetal, logrando acumular hasta 100.000 veces más que la cantidad en el agua asociada. Del mismo modo, Panneerselvam & Priya K (2021) que evaluaron la capacidad de fitorremediación del Jacinto de agua para el tratamiento de aguas residuales con colorantes, para lo cual realizaron una previa climatización de las plantas y posteriormente emplearon contenedores con una capacidad de 30 litros con agua residual diluida y agua del grifo al 10% y al 20%, demostrando una eficiencia máxima de eliminación de Cromo del 46%, revelando que el tratamiento al 20% resultó tener una efectividad alta para la reducción de metales pesados presentes en el agua contaminada

Adicionalmente, se ha informado sobre la capacidad hiperacumuladora de *Eichhornia crassipes* para diferentes metales pesados, Tan et al. (2023) informaron sobre su capacidad de acumulación en metales como As, Cd, Cu, Pb y Zn, empleando 100 g de plantas en contenedores de 30 l demostrando un porcentaje de remoción de 59% al 92% de efectividad a los 10, 20 y 30 días. Asimismo, Rai (2019) demostraron la efectividad de la especie en la remoción de metales pesados como Fe, Cu, Cd, Cr, Zn y Ni, realizando un experimento en tanques de 140 L, evaluando la calidad de agua cada 4 días durante un total de 14 días, demostrando altos porcentajes de remoción de Cromo por encima del 75%. Como también, Hayyat et al. (2023) demostró la remoción de Cromo y Litio para lo cual seleccionó una cantidad de 39 recipientes de los cuales tres contenían solución de Hoagland como control y concentraciones de 2,4,5 y 8 mg/L para Cr y 10,20,30 y 40 mg/L para solución de Li, concluyendo que *Eichhornia crassipes*, puede eliminar eficazmente Cr y Li a bajas concentraciones, además describen que la especie fue más eficaz para la eliminación de Cr en comparación con Li. Igualmente, Ansari et al. (2020) demostraron que, ante la exposición a diversos contaminantes, la especie *Eichhornia crassipes* logra una remoción de un 60 a 80% de nitrógeno y un 69% de potasio. Sin embargo, para que se lleve una adecuada

fitorremediación, los autores recomiendan realizar un adecuado manejo de los factores ambientales tales como el pH, la temperatura, la radiación solar y la salinidad, ya que estos influyen en el crecimiento y rendimiento fisiológico de la planta. Además de ello, indican que en ocasiones la exposición a los contaminantes puede llegar a ocasionar marchitamiento y disminución de la altura. También se ha comparado la efectividad de la especie con otras plantas, tal como lo demostró Tabinda et al. (2020) que comprobaron la capacidad de remoción de Cr y Cu mediante dos macrófitas (*P. stratiotes* y *E. crassipes*) a diferentes concentraciones de 2,4,6 y 8 mg/L, utilizando 20 contenedores con 40 L de capacidad, los cuales contenían 32 L de dichas soluciones estandarizadas. La experimentación duró 30 días, como resultado se observó una disminución de las concentraciones de Cr en 90 mg y Cu en 86 mg.

En relación con el Cromo empleado en curtiembres, Hasan et al., (2021) evaluó la contaminación de Cr causada por la descarga de aguas residuales de curtiembres en un determinado río, donde identificó plantas posibles para la fitorremediación, dentro de ellas *E. crassipes*; mediante una metodología que consistió en emplear reactivos ácidos, logró determinar mediante espectrometría de absorción atómica la remoción de contaminantes presentes aguas residuales con altas concentraciones. Asimismo, García et al. (2019) recolectaron *E. crassipes* de su hábitat natural para ser sometida a un proceso de fitorremediación de Cromo, para ello llevaron a cabo una simulación controlada con Cr (III) durante 20 días realizando ensayos de tolerancia; luego de ello la especie fue sometida a un efluente de curtiembre y después de 48 horas demostró una reducción casi completa del Cromo suministrado, logrando estar debajo de los límites máximos permisibles para efluentes. Del mismo modo, Carreño Sayago & Granada Torres (2016) realizaron un diseño experimental a escala de laboratorio utilizando *E. crassipes* para la remoción de efluentes con cromo de una curtiembre, donde demostraron la alta remoción de Cromo en un 70%

y para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en un 80%, resaltando el alto potencial en remoción de metales pesados y otros contaminantes.

La gran capacidad hiperacumuladora de la especie se podría deber a lo hallado por Ulaganathan et al. (2022) que revelaron el potencial de *E. crassipes* como especie hiperacumuladora apta para la fitorremediación en localidades contaminadas, indicando que la planta logra acumular entre 100 y 500 veces la concentración para elementos traza de (Pb, As, Hg, Cd y Ni) presentes en el agua, obteniendo un factor de fitoacumulación y de translocación mayor a 1, concluyendo que la especie tendría un mayor potencial de filtración en los rizomas, lo que aumenta su capacidad para acumular y translocar los elementos traza. Asimismo, de Souza et al. (2021) estudiaron los efectos fisiológicos de la exposición al cobre y al Cromo de *Eichhornia crassipes* y otras especies, donde demostraron un aumento del 88% del contaminante en las raíces, así como también que *E. crassipes* demostró una mayor capacidad de defensa y resistencia a altas concentraciones de metales, lo que le permite sobrevivir más tiempo en ambientes contaminados a comparación de otras especies de macrófitas. Adicionalmente, Sayago et al. (2020) indicaron que la especie *E. crassipes* en contacto con soluciones de zinc, Cromo VI y cadmio, logran remociones de hasta un 70%, esto es debido a que se da un mecanismo de intercambio catiónico entre los grupos hidroxilo y carboxilo presentes en la biomasa de *E. crassipes* en contacto con metales pesados, la cual tiene un mayor porcentaje de hemicelulosa y lignocelulosa.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Análisis de la situación de la industria curtiembre

La producción de aguas residuales industriales representa aproximadamente el 16% de la generación mundial de aguas residuales. Cada año a nivel mundial, se produce aproximadamente

un millón de metros cuadrados de cuero al año, lo que genera alrededor de 41 millones de litros de aguas residuales de curtiduría contaminadas con Cr cada año. En tal sentido, la mayoría de las curtidurías del mundo utilizan tecnología de curtido al Cromo con la finalidad de producir cuero de alta calidad, elemento que le brinda una textura uniforme (Younas et al., 2022).

A nivel nacional, las empresas dedicadas a las actividades de curtiembre en el Perú operan en tres ciudades principales, siendo estas Trujillo, Arequipa y Lima. En la actualidad, Arequipa cuenta con el Parque Industrial Río Seco (PIRS), el cual representa la agrupación de las curtiembres e industrias afines en la ciudad, cuyo objetivo inicialmente fue el de solucionar el problema de las descargas de aguas residuales de las curtiembres al Río Chili. Eventualmente, el sector de las curtiembres ha sufrido una gran caída en sus ingresos, debido a la poca demanda y al inadecuado manejo de sus procesos, los cuales en su mayoría no cumplen con la legislación ambiental. Sin embargo, las empresas siguen funcionando, lo que conlleva a destacar un rol importante, alcanzando un estimado del 30% de la producción nacional (Delgado, 2019).

En el año 2017, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) realizó monitoreos de efluentes descargados del PIRS en distintos puntos cercanos a la Quebrada de Añashuayco, en donde se encontraron diversos parámetros que llegaron a exceder los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para la categoría III. De hecho, se encontraron valores de Demanda Biológica de Oxígeno (1206.7 – 87.7 mg/L), el pH (9.17 – 8.11), Cromo (18.86 – 1.066 mg/L), entre otros, lo cual es una muestra clara de los excesos en la contaminación generada por las descargas de los efluentes del PIRS (OEFA, 2017).

2.2.2. Procesos de la industria curtiembre

2.2.2.1. Etapa de ribera

En la etapa de ribera se preparan las pieles para el procesamiento del cuero. Tiene como objetivo principal el devolver la humedad a las pieles mediante la técnica de salado, este proceso se realiza antes de que sean llevadas a la curtiembre, lo que a su vez permite la limpieza y desinfección de las pieles mediante el uso de insumos con el fin de poder separar la epidermis de la piel y por ende abrir el pelo para la eliminación de este. Además, se ha reportado que en esta etapa se genera gran cantidad de contaminantes, como por ejemplo demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos, sulfuros, entre otros (Lazo, 2017).

2.2.2.2. Etapa de curtido

El curtido es uno de los principales pasos operativos en el proceso de fabricación, debido a que en esta etapa se estabiliza y convierte el colágeno en cuero, haciendo que este sea suave y tenga una estructura resistente al agua, al calor, a la corrosión y que sea químicamente estable. Dentro de las técnicas de curtido disponibles, el curtido al Cromo es uno de los procesos más utilizados. Sin embargo, el curtido con Cromo produce grandes cantidades de desechos a base de Cromo, tanto en forma líquida como sólida, como por ejemplo lodos de Cromo, virutas de cuero curtido con Cromo y recortes de cuero, los cuales al impactar al ambiente producirían efectos negativos (Oruko et al., 2020).

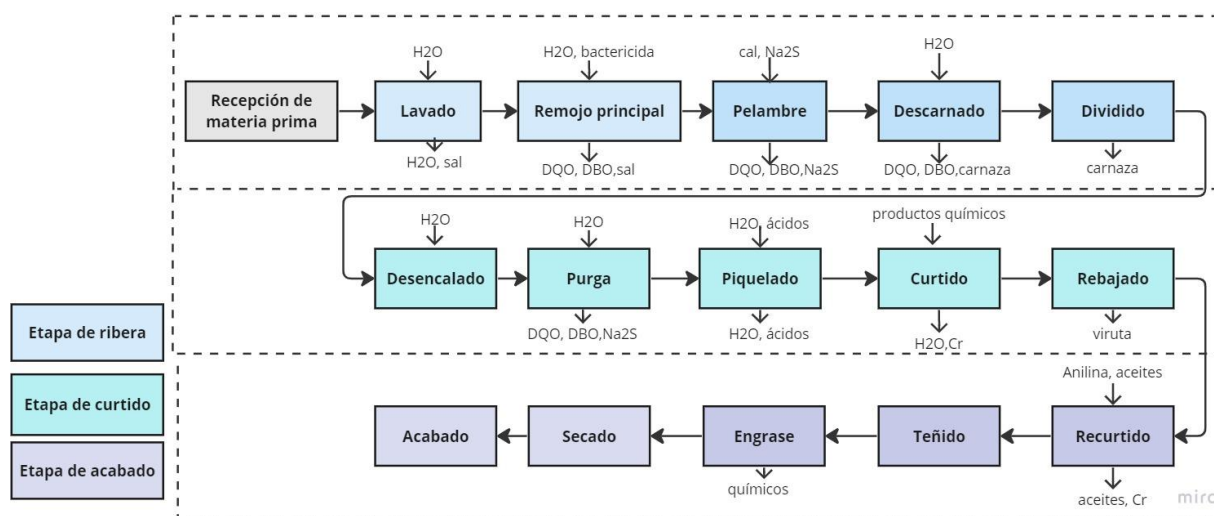
2.2.2.3. Etapa de acabado

En esta etapa se necesita que el cuero se neutralice y evite efectos perjudiciales, se incluyen ciertas operaciones en húmedo a partir del estado conocido como “wet- blue”, lavado, neutralizado y el recurtido, los cuales tienen una importancia baja dentro de la contaminación del efluente. En el caso del neutralizado, se emplean neutralizantes lo que produce que se eliminen los ácidos libres

formados. Por otro lado, en el recurtido se generan efluentes con grasas, taninos, recurtientes sintéticos, los cuales derivan de productos químicos (Lazo, 2017).

Figura 1

Diagrama de procesos de una curtiembre.



2.2.3. Aguas residuales de curtido

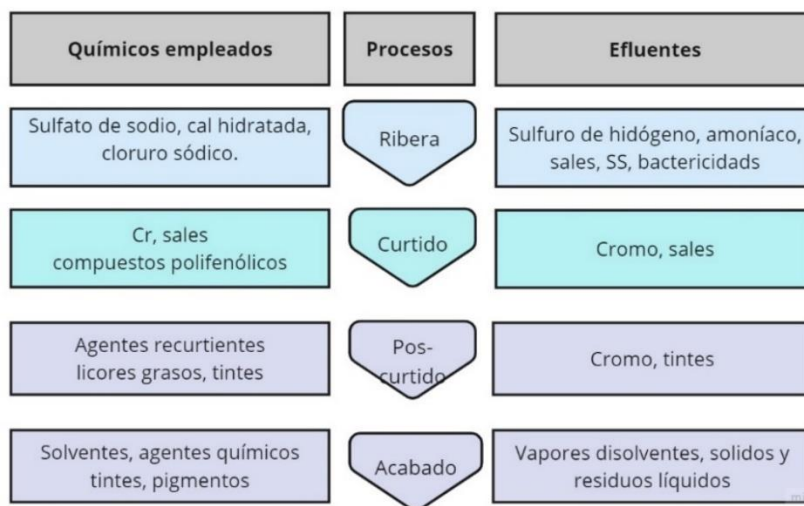
2.2.3.1. Características fisicoquímicas del agua residual de curtiembre

Las aguas residuales de curtiembre se caracterizan principalmente por su color marrón oscuro, con una naturaleza altamente olorosa debido a que presenta la presencia de compuestos orgánicos volátiles (COV), amoníaco libre (NH₃) y sulfuro de hidrógeno (H₂S), poseen una alta concentración de sales, demanda química de oxígeno (DQO), demanda química de oxígeno (DQO) y varios otros elementos potencialmente tóxicos. Las aguas residuales de las curtidurías poseen formas trivalentes (Cr 3+) y hexavalentes (Cr 6+), de las cuales el Cromo hexavalente es altamente móvil, lo que genera su naturaleza tóxica. Sin embargo, en el proceso de curtido, el cuero no puede

utilizar completamente las sales de Cr, lo que produce aguas residuales con alta salinidad (Saranya & Shanthakumar, 2020; Younas et al., 2022). Además de ello, los lodos de las curtidurías contienen una cantidad considerable de contaminantes orgánicos y microorganismos patógenos (Yang et al., 2020). Por otro lado, se ha descrito ampliamente que las aguas residuales de las curtidurías son sustanciosas en cromatos que contaminan la cadena alimentaria, generando efectos nocivos en los animales, la salud humana y el medio ambiente (Younas et al., 2022). Se estima que el 75% de los desechos sólidos que contienen Cromo, como las virutas y guarniciones de cuero, se liberan durante el proceso de fabricación y se eliminan en vertederos, esto ocasiona una mayor estabilidad en el medio ambiente, que puede ocasionar diversas especiaciones y transformaciones en el ecosistema terrestre. Además de ello, se presenta un alto riesgo ambiental ocasionado por la oxidación del Cromo (III) a Cromo (VI), que se vuelve más tóxico y altamente móvil, lo que genera una irritación aguda de las células vegetales y animales, también considerado toxinas de nivel III para los humanos (Oruko et al., 2020).

Figura 2

Características de los efluentes de una curtiembre.



2.2.4. Cromo

2.2.4.1. Propiedades físicas y química del Cromo

El Cromo (Cr) es un metal de transición sólido, el cual posee un número atómico de 24 y también un peso molecular de 51.99. El Cr existe de manera natural en ambientes acuáticos debido al proceso de lixiviados de la meteorización de rocas, erupciones volcánicas, etc. Además de ello, existe en la naturaleza en múltiples estados de oxidación, como en Cr (II), Cr (III) y Cr (VI). En el caso del Cr (III) o ion Cromo, es la forma natural de Cromo que se encuentra en el suelo y en ambientes acuáticos como complejos orgánicos, este se utiliza en la industria para la fabricación de cuero, textiles y acero. El Cr (III) puede convertirse en Cr (VI) según el pH, los factores oxidantes y los agentes complejantes. Por otro lado, el Cr (VI) puede formar cromatos o ion dicromato, que son consideradas las formas más tóxicas con algo potencial oxidante y solubilidad en agua, los cuales tienen la capacidad de translocarse a través de las membranas celulares. Asimismo, forma complejos estables con la materia orgánica, lo que lo hace altamente biodisponible y persistente en el medio ambiente (Kumar et al., 2022b).

2.2.4.2. Efectos ecológicos de los desechos de Cromo

Los efluentes de las curtiembres tienen un impacto directo en los procesos de tratamiento aguas arriba (puntos de descarga) y aguas abajo (punto de recepción). Diversos estudios han demostrado los efectos de los efluentes sobre organismos acuáticos, como es el crecimiento reducido en microalgas verdes, genotoxicidad en cultivos, entre otros efectos tóxicos a anfibios, aves, siendo el Cromo hexavalente cancerígeno para los animales (Oruko et al., 2020). Para ejemplificar, en el caso de los animales, la exposición respiratoria aguada al Cr (VI) provoca bronquitis, neumonía y así como su ingestión puede causar problemas gastrointestinales como vómitos, hemorragia y dolor. En el caso de las plantas, reduce el crecimiento del tallo, raíces, inhibe el crecimiento de

las plantas, altera la fotosíntesis y causa marchitamiento y reducción de la formación de radículas (Kumar et al., 2022b).

2.2.4.3. Efectos potenciales del Cromo en la salud humana

Las poblaciones humanas están expuestas al Cromo principalmente por dos rutas, una es la exposición no ocupacional que se da a través de la ingestión de alimentos y agua con contenidos de Cromo; y la otra vía es la exposición ocupacional por inhalación. Mediante estas dos vías, se han registrado daños al ADN que conllevan a efectos genotóxicos y mutagénicos, daños hepáticos, congestión pulmonar, irritación de la piel y en las vías respiratorias, problemas gastrointestinales que provocan la formación de úlceras, entre otros (Kumar et al., 2022b; Oruko et al., 2020).

2.2.5. Fitorremediación

2.2.5.1. Descripción

La fitorremediación es una técnica ecológica y eficaz que puede llegar a reducir el daño de los contaminantes al medio ambiente ecológico y a la salud humana, haciendo uso de plantas para traslocar, absorber, transferir o transformar contaminantes. Mediante la translocación, absorción, degradación por volatilización y estabilización por parte de las plantas, los contaminantes en el suelo o el agua los cuales pueden eliminarse o fijarse para purificar el medio ambiente. Es por ello que la fitorremediación es una técnica prometedora en el desarrollo de la eliminación de la contaminación ambiental (Shen et al., 2021).

2.2.5.2. Mecanismos de fitorremediación

La fitorremediación de lugares contaminados puede ocurrir por diversos mecanismos que involucran diferentes especies de plantas. Cada mecanismo, posee sus peculiaridades en cuanto al tipo de ambiente en el que se encuentra, cual podría remediar de manera más eficiente y el tipo de contaminante. Los principales tipos de mecanismos de fitorremediación son: control

fitohidráulico, fitoacumulación, fitodegradación, fitoestabilización, fitovolatilización, rizofiltración y rizodegradación (Ahmad & Rehman, 2020).

2.2.5.2.1. Fitoacumulación

Este mecanismo también se conoce como fitoextracción o fitosequestro, consiste en la remoción de los contaminantes por parte de las plantas de suelos contaminados junto con agua y otros nutrientes y concentrándolos en partes de la planta como (brotes u hojas). En el caso de metales, la capacidad de las plantas para almacenarlos en grandes cantidades va a depender de la tasa a través de la cual las raíces pueden absorber el metal, la tasa de su translocación interna a los brotes y la tolerancia de la planta a una concentración del metal. Los macrófitos acuáticos tienen una capacidad de acumulación de metales pesados 1.00.000 veces mayor que la cantidad de agua asociada (Khalid & Rouf, 2020; Kumar et al., 2022; Javaid & Nelofar, 2022).

2.2.5.2.2. Fitoestabilización

Es un proceso mediante el cual los contaminantes pueden inmovilizarse, evitando su migración al suelo, de esta manera se reduce su biodisponibilidad y en consecuencia sus riesgos dañinos. Mediante esta estrategia los contaminantes no logran ingresar a las partes vegetativas de las plantas, debido a que se mantienen en la rizosfera (Khalid & Rouf, 2020).

2.2.5.2.3. Fitovolatilización

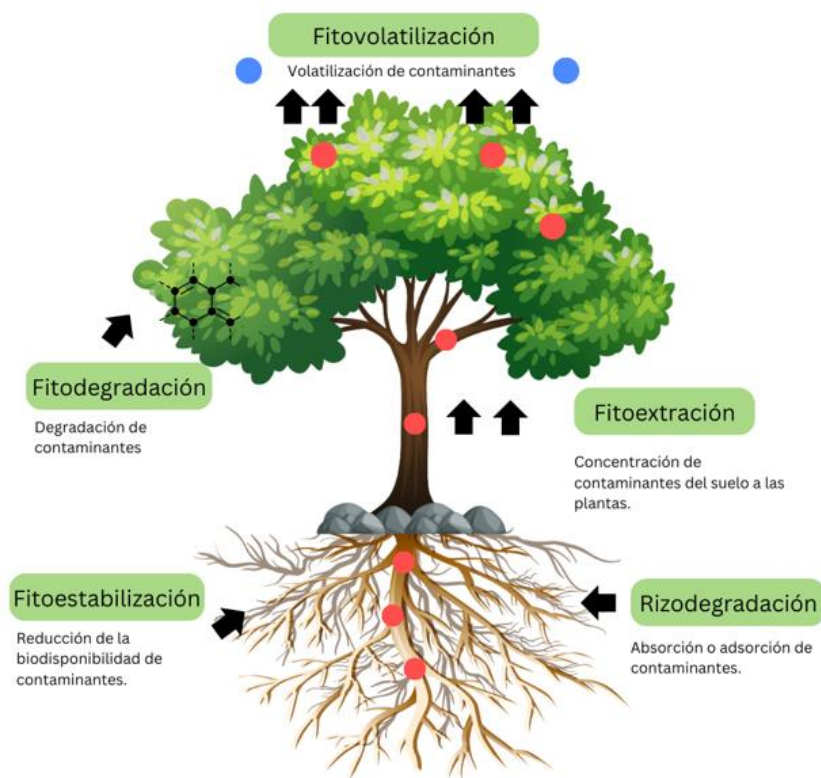
Este mecanismo consiste en que las plantas toman contaminantes de áreas contaminadas y los convierten en una forma menos tóxica y luego los liberan a la atmósfera como productos volátiles de hojas o tallos, en un proceso que se conoce fitovolatilización directa o de raíces del tipo indirecto. La fitoestabilización puede tener lugar por biosorción, precipitación, complejación o bioreducción de metales (Khalid & Rouf, 2020; Kumar et al., 2022; Javaid & Nelofar, 2022).

2.2.5.2.4. Fitodegradación

Consiste en la descomposición de los contaminantes que han sido absorbidos por las plantas, a través de procesos metabólicos o mediante la acción de enzimas producidas dentro de las plantas. Implica mecanismos como la quelación, reducción y oxidación basados en plantas. Los contaminantes se degradan a formas más simples que son utilizadas por la planta para un crecimiento más rápido (Javaid & Nelofar, 2022; Kumar et al., 2022).

2.2.5.2.5. Rizofiltración

Es un proceso en el que se utilizan las plantas terrestres o acuáticas para absorber los contaminantes de los efluentes corrientes en sus raíces. La rizofiltración se enfoca en remediar aguas subterráneas contaminadas. Las plantas que se utilizarán para realizar este tipo de remediación se cultivan hidropónicamente y pueden realizar la remediación in situ o ex situ. La fitorremediación del Cromo se ha informado principalmente por los mecanismos de fitoacumulación, fitoestabilización y rizofiltración (Khalid & Rouf, 2020; Kumar et al., 2022).

Figura 3*Mecanismos de fitorremediación.*

2.2.5.3. Fitorremediación de metales

Las plantas pueden actuar como un “acumulador” o “excluidor” debido a su mecanismo de captación de metales. Las plantas tienen la capacidad de acumular los contaminantes en sus tejidos aéreos, donde se ocuparán de biodegradar o biotransformar en formas activas. En este sentido, las plantas con este potencial estabilizan aquellos metales pesados o como también los vuelven menos tóxicos. Además de ello, los mecanismos de translocación, absorción, acumulación y degradación de los contaminantes metálicos varían de una planta a otra. Es por ello que, las plantas dentro de este grupo se caracterizan por tener una alta producción de biomasa, un sistema radicular bien desarrollado, translocación y una acumulación de metales pesados en las partes de los brotes (Ansari et al., 2020; P.P & Puthur, 2021).

2.2.5.4. Ventajas y limitaciones de la fitorremediación

En comparación con las tecnologías de remediación convencionales, la fitorremediación muestra ventajas como la no necesidad de invertir en equipos costosos y personal capacitado, se considera una tecnología relativamente rentable y no requiere energía para funcionar, por lo que se le considera amigable con el medio ambiente. Además de ello, se basa en el uso de energía solar, disminuyendo el consumo de energía. Por otro lado, son tecnologías verdes que incluyen una facilidad en su operación, a comparación con tecnologías convencionales que incluyen diversos procesos operacionales. Asimismo, las macrófitas utilizadas en el proceso de fitorremediación, pueden servir para la producción de biogás, vermicompostaje, producción de biocarbón, entre otros. Sin embargo, existen algunas limitaciones debido a que, al ser un proceso natural, puede llegar a requerir largos periodos de tiempo para su ejecución, y por ende altas concentraciones de metales pesados pueden llegar a ser tóxicos en las plantas (Ahmad & Rehman, 2020; Yan et al., 2021).

2.2.6. *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)

2.2.6.1. Descripción

Eichhornia crassipes es una especie acuática flotante monocotiledónea, que pertenece a la familia Pontederiaceae. La planta es originaria de Brasil y la Amazonía, pero se ha extendido en regiones tropicales y subtropicales. Se caracteriza por su alto crecimiento, propagación rápida y gran tolerancia a las variaciones de pH, temperatura. Además de ello, sus raíces permanecen de manera flotante, las cuales se desarrollan de acuerdo con las condiciones climáticas, siendo de fácil acondicionamiento. Es considerada como una planta invasora a nivel mundial que habita en aguas dulces, lagunas, posas, humedales, ríos, represas, quebradas, arroyos, etc. Sin embargo, posee

muchos beneficios potenciales, siendo utilizada como agente de fitorremediación para el tratamiento de aguas residuales, como fuente de bioenergía, biofertilizante, entre otros (Ben Bakrim et al., 2022; Lozada, 2019).

2.2.6.2. Taxonomía

Eichhornia crassipes posee la siguiente clasificación:

Tabla 1

Taxonomía de Eichhornia crassipes.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Commelinales
Familia	Pontederiaceae
Género	<i>Eichhornia</i>

Nota: Adaptado de (Lozada, 2019).

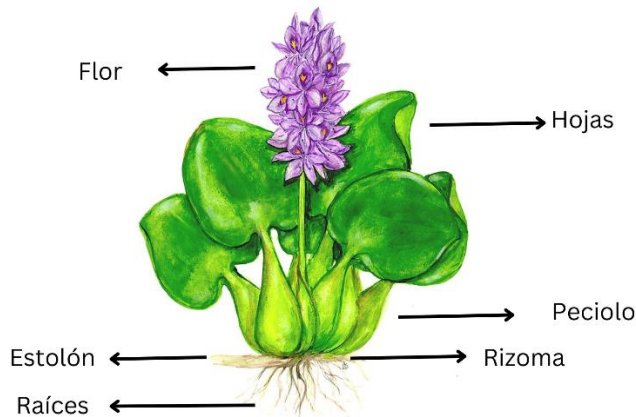
2.2.6.3. Morfología

La especie consta de raíces, hojas de forma ovoide y numerosas flores de color violeta, por lo que tienen fines decorativos, cada una tiene cuatro peciolos y un fruto que contiene cerca de 450 semillas. Compuesta por un 95% de agua y 5% de materia seca. Además, la morfología de la raíz es muy plástica y fibrosa teniendo una sola raíz principal con muchas laterales, debido a que cada raíz lateral tiene una punta, esto hace que pueda aprovechar los nutrientes en un cuerpo de agua con bajo contenido de nutrientes, llegando a medir hasta 1 metro. Los peciolos de la planta son erectos y horizontales, abultados de aire, lo que le atribuye la capacidad de flotabilidad a la planta. Existen dos tipos de hojas, delgadas y redondas. Las hojas delgadas son las que se mantienen erguidas, mientras que las redondas poseen un borde ligeramente ondulado, ambas son suaves, brillantes y poseen venas semiparalelas siguiendo su curvatura. Asimismo, la planta posee

hermosas flores de color violeta con seis pétalos que pueden encontrar durante todo el año en condiciones favorables (Ben Bakrim et al., 2022; Lozada, 2019).

Figura 4

Morfología de Eichhornia crassipes.



2.2.6.4. Propiedades

Es una macrófita que sobrevive a temperaturas de 10 °C, se reproduce asexualmente a través de los estolones y sexualmente por semillas. Además de ello, esta especie es una de las más utilizadas para la remoción de metales pesados, debido a que posee la capacidad de translocar metales en sus tejidos como el Cromo, arsénico y mercurio, como también remover compuestos orgánicos, colorantes, entre otros (Lozada, 2019).

Mecanismo de fitoacumulación, dentro de las propiedades más resaltantes de la macrófita es que al ser una planta hiperacumuladora tiene la capacidad de concentrar metales principalmente a través de las raíces y luego las transfiere a los tejidos aéreos como los tallos y las hojas. Según Amalina et al. (2022) el jacinto de agua está compuesto de carbohidratos estructurales como lignina, celulosa cristalina y polímero de hemicelulosa, lo cual permite que la superficie de la especie contenga grupos funcionales críticos como carboxilo, hidroxilo y carbonilo, los cuales actúan como catalizadores para la adsorción de contaminantes del agua. Asimismo, la columna

vertebral de celulosa de la planta que contiene múltiples grupos hidroxilos es una de las principales determinantes de la adsorción.

2.3. Marco legal

2.3.1. Sobre normativa internacional

- La Organización Mundial de la Salud (OMS) emite pautas que establecen estándares y recomendaciones para la calidad del agua potable. Estas pautas incluyen aspectos relacionados a los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y radiológicos del agua.
- De acuerdo con la normativa ISO 46001:2019: Sistema de Gestión de la eficiencia del agua (2019), establece la gestión de la eficiencia del agua, a través de los principios de reducir, reutilizar y reemplazar, se basa en prácticas de monitoreos, documentación, así como en la adquisición de equipos y procesos que permitan la gestión de la eficiencia del agua.
- La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos establece estándares nacionales para la calidad del agua potable, además de ello los análisis realizados en los laboratorios se encuentran acreditados por los métodos que establece la EPA.

2.3.2. Sobre normativa nacional

- Según la Constitución Política del Perú (1993), en el Art. 22 del capítulo I, se establece que toda persona tiene el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. Además, en el Art.67 del capítulo II, indica que el Estado promueve el uso sostenible de sus recursos naturales, con relación al recurso agua. Finalmente, el Art.195 del capítulo XIV que indica que los gobiernos locales promoverán el desarrollo, la economía local, y la prestación de los servicios públicos de su responsabilidad, así como son competentes en el desarrollo de actividades y/o servicios en vivienda, saneamiento, medio ambiente, sustentabilidad de los recursos naturales...”.

- De acuerdo con la Ley General del Ambiente- Ley N° 28611 (2017), se establece aquellos principios y normas básicas para brindar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, asegura el cumplimiento del deber a contribuir en una efectiva gestión ambiental y garantizar la protección al ambiente. En tal sentido, la propuesta es una alternativa que contribuye al derecho a un ambiente saludable y a mejorar la calidad de vida de la población.
- Según la Ley N° 29338: Ley de los Recursos Hídricos (2009), se establece la regulación del uso y la gestión de los recursos hídricos, comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a ello, además abarca el agua marítima y atmosférica. La presente ley guarda relación con el proyecto, debido principalmente al uso que se le brinda al agua en los procesos de las empresas curtidoras.
- De acuerdo con la R.J.N° 010-2016- ANA Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (2016), el protocolo estandariza los criterios y aquellos procedimientos técnicos para el desarrollo del monitoreo de la calidad de los recursos hídricos tanto continentales, como marino-costeros. Esta normativa guarda relación con el trabajo de investigación, debido a que en la metodología se plantea realizar monitoreos de calidad de agua para el análisis de las aguas residuales.
- Según el D.S. N°004-2017 MINAM. Decreto Supremo que Aprueba Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias (2017), se hace mención a las es medidas que establece los niveles de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que se encuentran presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor. La presente normativa

permitirá establecer una comparación con los resultados de la caracterización fisicoquímica a realizarse, los indicadores se presentan en la Tabla 4.

Tabla 2

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

Parámetros	Unidades de medida	ECA, Riego de vegetales	ECA, Bebida de animales
pH	-	6.5-8.5	6.5-8.5
Temperatura	mg/L	Δ3	Δ3
Conductividad	μ /Scm	2500	5000
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 5
Sólidos suspendidos totales	mg/L	-	-
Aceites y grasas	mg/L	5	10
DBO5	mg/L	15	15
DQO	mg/L	40	40
Sulfuros	mg/L	0.05	0.05
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Cromo VI	mg/L	-	-
Cromo total	mg/L	0.1	0.1
Coliformes fecales	mg/L	1000	1000

Nota: D.S. N° 004-2017-MINAM

- Según el D.S. N° 010-2023- PRODUCE, Decreto Supremo que aprueba Límites Máximos Permisibles para efluentes de las actividades de curtido y adobo de cuero, así como adobo y teñido de pieles (2023), se estable disposiciones de obligatorio cumplimiento por personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras las cuales realicen actividades de curtido, adobo de cuero y teñido de pieles y que dispongan aquellos efluentes en cuerpos de agua lóticos o lénticos, con la excepción de aquellos que vierten sus efluentes a la red del alcantarillado sanitario o para su reúso. Este decreto guarda relación debido al enfoque

del estudio en el sector de curtiembres, que indicará si las empresas se encuentran en cumplimiento del marco legal o no, los valores se presentan en la Tabla 2.

Tabla 3

Límites Máximos Permisibles para el sector de curtiembre.

Parámetros	Unidades de medida	LMP
pH	-	6-9
Temperatura	°C	<35
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	30
Aceites y Grasas	mg/L	10
DBO5	mg/L	30
DQO	mg/L	50
Sulfuros	mg/L	0.5
Cromo VI	mg/L	0.1
Cromo Total	mg/L	0.5
N-NH4	mg/L	10
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1000

Nota: Adaptado del D.S. 010-2023-PRODUCE

- De acuerdo con el D.S. N° 003-2010-MINAM, Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (2010), la presente normativa controla excesos en los niveles de concentración de aquellas sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en los efluentes o emisiones, con la finalidad de evitar daños a la salud y al ambiente. La normativa es de crucial relación en el estudio, debido a que indicará si existe un exceso de los límites para el sector de curtiembres.
- Según el D.S N.º 010-2019-VIVIENDA Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (2019), la presente normativa establece los parámetros de los Valores Máximos Admisibles y regula el procedimiento para controlar las descargas de las aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. En tal sentido,

esta normativa guarda relación con el estudio, al brindar un panorama sobre los lineamientos para evaluar la efectividad actual del sector frente a sus descargas de aguas residuales, los indicadores se presentan en la Tabla 3.

Tabla 4

Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales No domésticas.

Parámetros	Unidades de medida	LMP
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500
Aceites y Grasas	mg/L	100
Cromo hexavalente	mg/L	0.5
Cromo total	mg/L	10
Sulfatos	mg/L	500
Sulfuros	mg/L	5
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	80
pH	-	6-9
Temperatura	°C	< 35

Nota: Adaptado del D.S.N° 021-2009-VIVIENDA.

- De acuerdo con la Norma Técnica Peruana 214.060 2016: Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado (2016), que tiene como objetivo establecer la metodología de muestreo para aquellos parámetros considerados en la evaluación de la calidad de las aguas residuales no domésticas que se descargan en el sistema de alcantarillado sanitario. En relación con la investigación, la toma de muestras a realizarse de las aguas residuales de curtido se apoyará en lo establecido por la presente normativa.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

3.1.2. Enfoque de investigación

La presente investigación representa un enfoque cuantitativo, debido a que se empleara una recolección de datos para comprobar la hipótesis, además de que se apoya en un análisis estadístico debido a que los datos obtenidos son el producto de mediciones (Sampieri et al., 2018).

3.1.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación se considera aplicada debido a que se emplearan teorías y métodos que anteriormente han sido comprobados con la finalidad de confrontar la teoría con la realidad (Sampieri et al., 2018).

3.1.4. Nivel de investigación

Respecto al nivel este se considera como explicativo, en vista de que existe una formulación de hipótesis que será necesaria para la explicación de las causas que originaron la problemática con la finalidad de enriquecer y esclarecer las teorías (Sampieri et al., 2018).

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es experimental debido a que existió una manipulación de variables que se sitúan en un determinado contexto, se realizaron mediciones, utilizando métodos estadísticos para lo cual se realizaron una serie de conclusiones respecto a la hipótesis.

3.2.1. Campo de investigación

La unidad de análisis sería el fenómeno, objeto o evento del que se pretende la obtención de la información de manera específica (Sampieri et al., 2018).

Tabla 5

Campo de verificación.

Ubicación	Unidad de análisis
Laboratorio de investigación de la UCSM	Plántulas de <i>Eichhornia crassipes</i>

3.2.2. Variables

Las variables de estudio y sus indicadores se detallan en la Tabla 6.

Tabla 6

Operalización de variables e indicadores.

Tipo	Variable	Indicadores	Unidades
Independiente	Dilución del contaminante	0.78%	%
		1.56%	
		3.13%	
Dependiente	Calidad del agua Tratada	Concentración de Cromo total	mg/L

3.2.3. Población, muestra y muestreo

En caso del tema de investigación propuesto, la población representaría a las aguas residuales del efluente de curtido de la industria curtidora del Parque Industrial Río Seco, ubicadas en el distrito de Cerro Colorado del departamento de Arequipa.

En el caso de la muestra, esta representaría una porción de agua residual representativa del efluente de curtido la cual corresponde a 5 litros.

El muestreo de la presente investigación sería de tipo aleatorio, al azar simple.

3.2.4. Materiales y equipos

Equipos

Multiparámetro HANNA HI98194, balanza analítica Navigator NV621, molino de análisis IKA A11.

Material vegetal

Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*).

Material de laboratorio

Fiolas (10ml, 25ml, 50 ml), pipetas graduadas (1ml, 2ml y 10 ml), vaso precipitado (50 ml, 100, ml y 250 ml), frascos graduados de 250 ml, pizeta x 550 ml, propipetador de 3 salidas.

Reactivos

Agua destilada, agua potable, solución hidropónica de Hoagland La Molina® (Solución A y B), efluente de curtiembre (5 l).

Materiales para el sistema de fitorremediación

Contenedores de plástico (12.7 cm x 15.5 cm), fluorescente led de 1.20 de 52 W, enchufe plano, cable mellizo #14 (100 M).

Otros

Mascarilla KN95, guantes látex, cooler, balde de plástico de 4l, cuchillos de plástico, tijeras, cinta aislante, cinta de embalaje, papel toalla, paños de limpieza, plástico film.

3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Caracterización del efluente de curtido de la industria curtidora del Parque Industrial

Río Seco.

3.2.1.1. Recolección y transporte de muestra de efluente de curtido

La toma de muestras del efluente de la etapa de curtido se realizó en una determinada curtiembre con una previa autorización, la cual está ubicada en el Parque Industrial del Río Seco, Distrito de Cerro Colorado en Arequipa.

Las muestras se recolectaron en la etapa de curtido, antes del vertimiento del efluente al alcantarillado, para ello se siguió el Manual para Inspectores: Control de Efluentes Industriales (Galán, 1999). Las muestras se colocaron en frascos de PVC previamente esterilizados. Después de la recolección, se etiquetaron las muestras con información identificativa, incluyendo el número de muestra, lugar de recolección, fecha y hora, y el nombre de la persona responsable de la recolección. Una vez etiquetadas, las muestras se almacenaron en un recipiente térmico (nevera portátil) alejado de la luz solar, a una temperatura de 4°C utilizando hielo o paquetes de hielo. Luego de ello, las muestras fueron transportadas a un laboratorio especializado.

El transporte de las muestras se realizó en un recipiente térmico (nevera portátil) a una temperatura constante de 4°C para lo cual se utilizaron paquetes de hielo. Asimismo, fue importante mantener los frascos en posición vertical dentro del recipiente (ANA, 2016).

3.2.1.2. Recolección y transporte de muestra de efluente de curtido

Se procedió con la medición de los parámetros in situ de pH, conductividad eléctrica y temperatura haciendo uso del multiparámetro portátil marca HANNA Modelo HI98194.

En el caso de la medición de parámetros ex situ se realizó siguiendo la metodología de muestreo establecido por ANA (2016) para los parámetros de Aceites y Grasas, Metales Totales, Cromo

Hexavalente, Sólidos Suspendidos Totales, DBO (5), DQO, Sulfuros, los métodos se describen en la Tabla 7.

Tabla 7

Métodos aplicados para el análisis de los parámetros del efluente.

Parámetro	Método	Referencia
Metales Totales	EPA Method 6020B Rev. 2 July (2014) (Validado Modificado, 2018)	(EPA, 2014)
Aceites y grasas	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 5520 B, 23rd Ed.2017	(SMEWW, 2017)
Cromo hexavalente	EPA 7199, Revisión 0 December 1996. (Validado, 2019)	(EPA, 2019)
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 2540 D, 23rd Ed, 2017. (Validado).	(SMEWW, 2017)
DBO(5)	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	(SMEWW, 2017)
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	(SMEWW, 2017)
Sulfuros	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500 S2 23rd. Ed (Validado, 2019)	(SMEWW, 2019)

3.2.2. Diseño del sistema de fitorremediación a partir de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua).

3.2.2.1. Recolección de materia vegetal

Las muestras ejemplares de *Eichhornia crassipes* fueron colectadas de su ambiente natural en una desembocadura cerca al río Tambo, en el distrito de Mejía, provincia de Islay, departamento de Arequipa con coordenadas de Latitud 17°07'16.4"S, Longitud 71°53'21.9"W. Las muestras

colectadas se colocaron en envases con agua del río, luego fueron transportadas para su posterior limpieza y desinfección.

3.2.2.2. Limpieza de las plantas mediante un protocolo de desinfección

Se desinfectaron las plantas en solución al 0,01 % (v/v) con hipoclorito de sodio durante tres minutos y luego se procedió a realizar un lavado con agua destilada durante diez minutos. Después de la desinfección, las plantas fueron seleccionadas por tamaño y peso y asiladas para su posterior adaptación (Alencar et al., 2020).

3.2.2.3. Identificación de la especie vegetal

Se seleccionó un ejemplar de la especie de *Eichhornia crassipes* para ser determinada taxonómicamente en las instalaciones del Herbario del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD), “Herbario Sur Peruano”, ubicado en la ciudad de Arequipa.

3.2.2.4. Determinación de las condiciones óptimas de crecimiento de *E. crassipes*

Se realizó una determinación de ensayos con solución nutritiva de Hoagland de la Universidad Nacional Agraria La Molina, la cual está compuesta por 2 soluciones concentradas, denominadas A y B, con la finalidad de conocer cuál sería la mejor concentración de solución para la especie. Se realizaron ensayos de adaptación durante 15 días probando 3 tratamientos diferentes con la solución nutritiva, el primer tratamiento (T1) contuvo 10 ml de solución A y 5 ml de solución B, el segundo tratamiento (T2), tuvo 15 ml de solución A y 10 ml de solución B; por último, el tercer tratamiento (T3) tuvo 5 ml de solución A y 2 ml de solución B, todos los tratamientos se calcularon para 10 l de agua potable. Luego de ello, se procedió a tomar muestras de pH y Temperatura, realizando observaciones sintomatológicas de la planta, con la finalidad de conocer el tratamiento más adecuado para su posterior adaptación (Flores, 2017; Poma & Valderrama, 2014; Juyo, 2018).

Tabla 8

Concentraciones de la solución hidropónica de La Molina®.

Tratamientos	Sol. A	Sol.B
T1	10 ml	5 ml
T2	15 ml	10 ml
T3	5 ml	2 ml

3.2.2.5. Diseño y construcción del sistema para la fitorremediación de Cr

En el caso de los ensayos de tolerancia del contaminante en la especie, se emplearon contenedores de plástico de una capacidad de 1 litro.

En el sistema de fitorremediación se emplearon diez contenedores de plástico para la fitorremediación de aguas residuales con una capacidad de 20 litros. Las medidas de los contenedores fueron de 12.7 cm de alto x 15.5 cm de ancho.

Se procedió a seleccionar cinco unidades de *E. crassipes* por cada contenedor, las cuales fueron elegidas del periodo de adaptación con la solución hidropónica. Cada contenedor estuvo cubierto por una capa de plástico film para evitar pérdidas por evaporación, todos los tratamientos estuvieron bajo la influencia de luz artificial con la finalidad de mantener una temperatura adecuada para las macrófitas (Benitez, 2011, Carreño & Granada 2016; Flores, 2017, García et al., 2019, Juyo, 2018).

3.2.2.6. Ensayos de tolerancia del contaminante en la especie

Se determinaron las concentraciones ideales del contaminante evaluando la capacidad de supervivencia de las plantas durante un periodo de 15 días. Para ello, se realizaron ensayos con diluciones de las concentraciones del efluente de curtido y agua destilada. Los ensayos se realizaron en contenedores de plástico de una capacidad de 1 litro y se colocaron dos plantas por cada contenedor para un volumen de 900 ml.

Tabla 9

Ensayos de tolerancia a la concentración del efluente.

	Tratamientos	Efluente (ml)	Agua destilada (ml)
T1	0.781%	7.03	892.97
T2	1.563%	14.06	885.94
T3	3.125%	28.13	871.88
T4	6.250%	56.25	843.75
T5	12.50%	112.5	787.5
T6	25 %	225.0	675.0

3.2.3. Evaluación de la capacidad de fitorremediación de *Eichhornia crassipes* en la remoción de Cromo total.

3.2.3.1. Determinación de observaciones cualitativas y cuantitativas

Durante el proceso de fitorremediación, se realizaron observaciones cualitativas (síntomas) en los días 5,15,25 y 35 días de experimentación, en donde se observaron las características de las hojas y las raíces (Flores, 2017). Asimismo, se procedió a recolectar un individuo en cada uno de los días determinados para evaluar el peso húmedo de la especie, utilizando una balanza analítica modelo Navigator NV621.

3.2.3.2. Evaluación de la calidad de agua del tratamiento

Se evaluó la calidad del agua en los días 5,15,25 y 35, para lo cual se realizó una toma de muestra del pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto y Temperatura utilizando el multiparámetro HANNA Modelo HI98194. Asimismo, se recolectó una muestra de agua de 100 ml en los mismos períodos de tiempos, para evaluar la concentración de Cromo total durante el tratamiento, cada muestra se conservó utilizando 0.5 ml de ácido nítrico (HNO_3), para su posterior análisis en el laboratorio especializado. Asimismo, se realizó una comparación de estos resultados con la normativa ambiental vigente (García et al., 2019; Tabinda et al., 2020).

3.2.3.3. Determinación de la remoción del Cromo total en las plántulas

Se recolectó aleatoriamente una plántula los días 5, 15, 25 y 35, las plantas se seccionaron en parte aérea y radicular para su posterior secado. Se procedió a llevar las muestras de plantas a una estufa durante 48 hrs a 75°C (García et al., 2019). Las muestras secas se procedieron a triturar con el uso de un molino industrial de marca IKA modelo A11. Se procedió a almacenar el material seco de las plantas en bolsas herméticas y a etiquetar cada una de las muestras por parte radicular y aérea, para su posterior análisis en el laboratorio. Posteriormente, se analizó el contenido de Cromo total mediante la técnica ICP-OES (espectrofotometría de emisión atómica), se realizaron un total de 4 determinaciones por triplicado en los días 5, 15, 25 y 35, las plantas a analizar se seleccionaron al azar (García et al., 2019; Tabinda et al., 2020). Las muestras seleccionadas se analizaron en un laboratorio acreditado.

3.2.3.4. Evaluación estadística de los resultados

Se realizaron análisis estadísticos utilizando los softwares de Microsoft Office Excel Professional Plus 2010 y Stagraphics. Se determinó estadísticamente la prueba ANOVA- análisis de varianza con un factor ($p=0.05$) y pruebas de Tukey para conocer si existen pruebas significativas (García et al., 2019; Flores, 2017; Juyo, 2018).



4. CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de los parámetros fisicoquímicos para la caracterización del efluente de curtido de la industria curtidora

4.1.1. Recolección de muestra de efluente de curtido

La empresa de curtiembre donde se tomó la muestra del efluente está ubicada en el departamento de Arequipa, provincia de Arequipa, distrito de Cerro Colorado, Parque Industrial de Río Seco. Las muestras fueron analizadas según los parámetros que establece la normativa peruana.

4.1.2. Caracterización de los parámetros fisicoquímicos

Se realizó el respectivo muestreo del efluente de curtido, siguiendo los protocolos estandarizados con la finalidad de determinar las características fisicoquímicos in-situ (pH, Conductividad eléctrica y temperatura) y exsitu (en laboratorio acreditado), las muestras fueron preservadas con los insumos correspondientes. A partir del análisis se realizó la siguiente caracterización en la Tabla 10.

Tabla 10

Parámetros iniciales del efluente de curtido

Parámetros	Efluente	VMA	LMP
pH	4.85	6.5-9.5	6-9
Conductividad(μ S/cm)	19.5	-	-
Temperatura	19.2	35	35
DBO5(mg/L)	1790	500	30
DQO (mg O ₂ /L)	8823	1000	50
SST (mg/L)	390	500	30
Cromo VI	0.0683	0.5	0.1
Sulfuros	< 0,0010	5	0.5
Aceites y grasas (mg/L)	152.7	100	10

La Tabla 10 muestra los resultados de las mediciones de los parámetros in situ: pH, conductividad y temperatura, así también parámetros ex situ los cuales se derivaron a ALS Laboratorios, dichos resultados se adjuntan en el Anexo V.

Se puede observar que, en los parámetros de pH, DBO5, DQO, Aceites y Grasas se encuentran excediendo los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Valores Máximos Admisibles. Así como también se observa que, en los parámetros de Sólidos Suspendidos Totales se encuentran por debajo de los VMA pero exceden los LMP. Los parámetros de Sulfuros, Cromo hexavalente, Temperatura, se encuentran por debajo de ambas normativas.

El pH del agua residual dio un valor de 4.03, este valor es cercano a lo reportado por Ramírez-Estrada et al. (2018) que hallaron un valor de 4.0 y también similar a Kumar et al. (2022) que indican un valor de 5.84. Sin embargo, es diferente a los resultados por otros autores como Shaibur et al. (2022) que reporta un valor de 7.85 y Yadav et al. (2021) en un rango de 7.74, es común que las aguas residuales sean altamente alcalinas según lo indicado por Dhiman & Mukherjee (2021) que hallaron un rango de 7.5.

El resultado de la conductividad es de 19.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, este valor es diferente a lo reportado por Kumar et al. (2022) que indican un valor de 1.647 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y a lo encontrado por Joyia et al. (2021) que encontraron un valor de 473 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Según Álvarez et al. (2021) señalan que una conductividad eléctrica alta puede indicar niveles altos de cationes.

Con relación al Cromo VI el resultado es de 0.0683 mg/L y según la Tabla 11, el resultado del Cromo total es de 631.0 mg/L. Los resultados son diferentes a los reportados por Herrera-Yari et al. (2021) que indican un valor de Cr VI de 173.28 mg/L y el valor de Cromo total en 326.95 mg/L. De igual manera, con los valores encontrados por Dhiman & Mukherjee (2021) y Elkarrach et al. (2023) para Cromo total con promedio de 920.04 mg/L, y Cromo hexavalente de 390.08 mg/L.

Sin embargo, Yadav et al.(2021) reporta un valor de Cr en bajas concentraciones de 0.614 mg/L y Shaibur et al.(2022) que encontró valores de Cr VI de 12 mg/L.

La alta concentración de Cromo total se podría deber principalmente al proceso del curtido al Cromo realizado en la empresa. Según China et al. (2020) el curtido al Cromo consiste en aplicar el sulfato de Cromo básico que contiene un 33% de basicidad y un 23 % de óxido que Cromo III, el cual forma un complejo con las moléculas de colágeno mediante enlaces covalentes, ello con la finalidad de estabilizar el colágeno presente. Además, Hansen et al. (2021) indican que el Cromo está asociado con su uso en la lixiviación del proceso de curtido principal.

El resultado del DBO5 fue de 1790 mg/L y en la DQO fue de 8823 mg O₂/L, estos valores son altos comparados con lo encontrado por Kumar et al. (2022) que encontró un valor de 6.25 mg/L y de 1.9888 de mg O₂/l para la DBO y DQO respectivamente. Sin embargo, Shaibur et al. (2022) encontraron un valor de DBO promedio de 2000 mg/L muy similar a la caracterización realizada. Según Hansen et al. (2021), los agentes engrasantes liberan una alta carga de DQO y los recurtientes, taninos sintéticos y las resinas contribuyen al incremento de este parametro.

El resultado de los sólidos suspendidos totales fue de 390 mg/L, autores como Younas et al. (2022) reportan resultados promedio de 70 mg/L. Sin embargo, también Shaibur et al. (2022) hallaron este parámetro con una concentración de 2000 mg/L y valores más altos como los reportados por Ramírez-Estrada et al. (2018) con un total de 1066.7 mg/L. Según Hansen et al. (2021), los desacidulantes como el carbonato de sodio, bicarbonato de sodio y bicarbonato de amonio contribuyen a la presencia de sólidos disueltos.

Tabla 11

Metales totales presentes en el agua residual del proceso de curtido.

Parámetro	Valor (mg/L)	VMA	LMP
------------------	-------------------------	------------	------------

Plata (Ag)	0.00039	-	-
Aluminio (Al)	10.11	10	-
Arsénico (As)	0.1414	0.5	-
Boro(B)	19.34	4	-
Bario (Ba)	0.2230	-	-
Berilio (Be)	0.0018	-	-
Bismuto (Bi)	<0.0002	-	-
Calcio (Ca)	731.9	-	-
Cadmio (Cd)	0.00186	0.2	-
Cobalto (Co)	0.0256	-	-
Cromo total (Cr)	631.0	10	0.5
Cobre (Cu)	2.044	3	-
Hierro (Fe)	11.49	-	-
Mercurio (Hg)	0.001222	0.02	-
Potasio(K)	355.5	-	-
Litio (Li)	1.432	-	-
Magnesio (Mg)	908.5	-	-
Manganeso (Mn)	11.19	4	-
Molibdeno (Mo)	0.0201	-	-
Sodio (Na)	12504	-	-
Níquel (Ni)	0.0996	4	-
Fósforo(P)	45.51	-	-
Plomo (Pb)	0.1891	0.5	-
Antimonio (Sb)	0.0048	-	-
Selenio (Se)	0.0030	-	-
Silicio (Si)	30.20	-	-
Estaño (Sn)	0.0151	-	-
Estroncio (Sr)	6.532	-	-
Titanio (Ti)	0.0679	-	-
Talio (Tl)	<0.0002	-	-
Uranio(U)	0.0005	-	-
Vanadio(V)	0.4120	-	-
Zinc (Zn)	3.246	10	-

La Tabla 11 muestra los resultados del análisis de los metales pesados, se observa que los elementos que presentan mayores concentraciones fueron: Calcio con 731.9 mg/L, Cromo con

631.09 mg/L, potasio con 355.5 mg/L, magnesio 908.5 con mg/L y sodio con 12504 mg/L, los cuales excedieron los VMA junto con el aluminio, boro y manganeso.

Según Mukesh & Kumar (2005) en la etapa de curtido la materia proteínica de las pieles se hace reaccionar con la agente curtiente para su estabilización y esto se logra con el uso de curtientes sintéticos que contienen sales de Cromo trivalente y aluminio, ello explicaría los altos valores. Además, estas operaciones se realizan en un medio ácido donde el agua residual está en un rango de pH de 2.5 a 3.5, lo que a su vez explicaría el pH detallado en la Tabla 10. Asimismo, los autores señalan que las aguas residuales de la tenería tienen una salinidad muy alta, debido a que los principales contribuyentes son 30 % de cloruros del baño decapado, que es donde las pieles se preparan con sales y ácidos y el 60 % de sulfatos del baño de curtido, e por ello que se registrarían altos valores de potasio y sodio. En este sentido, el valor de potasio de 355.5 es alto en comparación con lo encontrado por Shaibur et al. (2022) que halló un valor de 8.99 mg/L y a lo hallado por Joyia et al. (2021) en un valor de 43 mg/L.

Según Saira & Shanthakumar (2023), los efluentes de curtiduría tienden a pasar de ser un efluente rico en materia orgánica a volverse muy tóxicos con contenido inorgánico y de metales pesados después del proceso del curtido. Además, Ramírez-Estrada et al. (2018) reportaron valores distintos para otros metales pesados como para el Cobre en 0.0108 mg/L, Hg con un valor de 0.000955 mg/L, Ni en 0.0593 mg/L, Pb en 0.0289 mg/L y P en 38.94 mg/L. Además, Shaibur et al. (2022) reporta un valor para Na de 8.99 mg/L, K en 7.88 mg/L, Fe en 5.00 mg/L, el Cu en 1.00 mg/L. Por otro lado se hallaron altos valores de manganeso, que según Tejada (2022) pueden deberse a que algunas curtiembres utilizan sales de magnesio para precipitar el Cromo en el

proceso de curtido. Además, el autor indica que el MgO suele ser un agente idóneo precipitante para la eliminación y la posterior recuperación de Cromo de los efluentes del curtido.

4.2. Diseño del sistema de fitorremediación a partir de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua).

4.2.1. Identificación de la especie vegetal

















Se identificó la especie vegetal en el Herbario del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD), “Herbario Sur Peruano”, mediante la Constancia de Determinación de Muestras N°001-2022 (**Anexo IV**), se determinó que la especie vegetal presentada correspondía a *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Asimismo, se muestra el lugar de recolección de la muestra (**Anexo III**).

4.2.2. Determinación de las condiciones óptimas de crecimiento de *Eichhornia crassipes*

Se realizaron ensayos de adaptación durante 15 días probando 3 tratamientos diferentes con la solución hidropónica, para lo cual se experimentaron tres concentraciones diferentes de la solución nutritiva de Hoagland. Además, se procedió a tomar las muestras de pH y temperatura, bajo las condiciones ambientales; siendo el primer tratamiento (T1) que tuvo 10 ml de solución A y 5 ml de solución B. El segundo tratamiento (T2), constó de 15 ml de solución A y 10 ml de solución B y el tercer tratamiento (T3) tuvo 5 ml de solución A y 2 ml de solución B, los resultados de las observaciones físicas y sintomatológicas y el número de hojas (H) se presentan en la Tabla 12 y las mediciones de parámetros de pH y temperatura en la Tabla 13.

Tabla 12

Observaciones sintomatológicas en tratamientos de solución hidropónica.

Tratamiento	Día: 0	Día: 5	Día: 10	Día: 15
Blanco	 H:9	 H:9	 H:9	 H:9
T1	 H:10	 H:14	 H:16	 H:23
T2	 H:11	 H:13	 H:14	 H:18
T3	 H:8	 H:11	 H:12	 H:16

Nota: H indica el número de hojas durante los tratamientos.

A partir de la Tabla 12 se observa que el tratamiento que permitió un mayor crecimiento de hojas fue el tratamiento 1 (T1). Además, la Tabla 11 muestra que en el día inicial de la experimentación, el primer tratamiento (T1) presento ambas plantas con 5 hojas en estado saludable, además el peciolo de la planta se encuentra con una consistencia suave. Cinco días después se observa que una de las plantas ha desarrollado un nuevo brote y la segunda planta ha desarrollado tres nuevos brotes, además la consistencia de los peciolos es más dura y el color de las hojas es más verdoso a comparación del día inicial. Luego de diez días, se observa que una planta tiene 9 hojas y la segunda 7 más. Por último, en el día 15 se observa que una de las plantas se ha desarrollado más y tiene un total de nueve hojas, el color de las plantas ha mejorado al igual que el peciolo de la planta; a su vez la segunda planta ha desarrollado un total de 14 hojas nuevas.

Inicialmente, el segundo tratamiento (T2) presentaba una planta con cinco hojas y la segunda planta con 6 hojas. Luego de cinco días, ambas plantas han desarrollado un nuevo brote. Después de diez días, ambas plantas poseen 7 hojas en total, las cuales son más verdosas y sus peciolos se encuentran más endurecidos. Finalmente, luego de 15 días, ambas plantas lograron desarrollar un total de 9 hojas. En el día inicial del tercer tratamiento (T3), ambas plantas presentaban 4 hojas. Luego de cinco días, una de las plantas aumenta en 6 hojas y la segunda planta aumenta en un nuevo brote. Después de 10 días, se observa que solo una planta ha aumentado un nuevo brote. Finalmente, a los 15 días, la primera planta tiene un total de nueve hojas nuevas y la segunda planta un total de 7 hojas, ambas han mejorado su color y la dureza de sus peciolos.

Tabla 13

Tratamientos de solución hidropónica y medición de parámetros de pH y temperatura para Eichhornia crassipes.

Día	Resultado ($\bar{x} \pm DE$)		
	5	10	15
pH	6.23 \pm 0.01	6.18 \pm 0.00	5.97 \pm 0.00
Temperatura	20.62 \pm 0.09	19.92 \pm 0.06	18.83 \pm 0.07

Nota: \bar{x} indica el promedio y **DE**: Desviación estándar

Como se observa en la Tabla 13, durante los 15 días los tratamientos se mantienen similares en cuanto a los resultados de pH y temperatura. Además, en la desviación estándar del día 5 se observa que la variación de datos es mínima, de igual manera en los días 10 y 15 la mayor parte de los datos de pH y temperatura tienden a estar agrupados cerca de su valor esperado. Sin embargo, se observa que al llegar al día 15 los valores de pH y temperatura tienden a disminuir. A diferencia de Alberts et al. (2021) que encontraron una aclimatación óptima a 22° C y a un pH de 5.8 durante 3 semanas, con un ciclo de fotoperiodo de 16 hrs de luz y 8 hrs de oscuridad. En el caso del presente estudio el fotoperiodo se mantuvo constante, el cual fue un factor que no afectó negativamente al crecimiento de las plantas durante la experimentación. Asimismo, AW et al. (2020) demostraron un fotoperiodo constante de 12 hrs de día y 12 hrs de noche para la aclimatación, lo cual se derivó en resultados óptimos de crecimiento en las plantas. Sin embargo, también Ebel et al. (2007) indica un fotoperiodo de 16 hrs de intensidad de luz a 25°C y 20 °C de oscuridad para el cultivo de Jacintos de Agua en solución de Hoagland.

Según Kannan et al. (2022) indican que el rango de pH requerido está entre el rango de 5.5 y 6.5, lo que proporciona la máxima absorción de nutrientes en la planta. Además de ello, Panigrahi et al. (2022) indican que en una solución hidropónica corriente el pH hacia arriba indicaría que las plantas cumplen con la absorción de nutrientes. Caso contrario, un desequilibrio

del pH actúa como bloqueador para la absorción de nutrientes en la planta.

Según Poma & Valderrama (2014), demostraron que luego de 25 días las muestras de *Eichhornia crassipes* con una dosis de solución hidropónica de A=1 ml y B= 0.5 ml en un litro, presentaron un crecimiento de hojas y desarrollo de tallos verdes, cabe resaltar que esta concentración es la que se replicó para el presente estudio. En base a ello y a las observaciones descritas anteriormente, es que se eligió al tratamiento 1, como el más idóneo para el crecimiento de las plántulas en el proceso de fitorremediación.

4.2.3. Aclimatación de las plantas para fitorremediación a un mismo tratamiento

Se realizó la adaptación de las plántulas al tratamiento 1 con la concentración de 10 ml de solución A y 5 ml de solución B. Asimismo, se realizaron las mediciones de pH y temperatura durante 15 días, los resultados se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14

Desviación estándar y promedio en (T1) de la solución hidropónica a 15 días.

Día	Resultado ($\bar{x} \pm DE$)		
	5	10	15
pH	6.95 \pm 0.01	6.15 \pm 0.55	6.71 \pm 0.05
Temperatura	19.57 \pm 0.22	20.23 \pm 0.20	19.08 \pm 0.22

Nota: \bar{x} indica el promedio y **DE**: Desviación estándar

En la Tabla 14, se observa que al final de los 15 días el pH llega a un valor de 6.71 el cual se encuentra según el rango óptimo para el crecimiento de las plantas, valor que es distinto a lo encontrado por Poma & Valderrama (2014) que al finalizar su estudio el rango del pH se encontraba en 5.25. De igual manera De Oliveira et al. (2015), trabajaron en su estudio a un pH de 5.7. Sin embargo, Mustafa & Hayder (2021) demostraron una óptima aclimatación a un pH de 6.37 durante 21 días, valor que es más cercano al del presente estudio. Además de ello, se observa que el rango de temperatura demostró un valor de 20.23 °C el cual es diferente a lo encontrado por

Msemwa et al. (2022) que estudio la aclimatación de la solución hidropónica a una temperatura de 22 – 25 °C. Asimismo, diversos estudios han demostrado la correcta aclimatación con la solución hidropónica de Hoagland incluso a 10 días de tratamiento (Adesanya et al., 2021; Li et al., 2014).

4.2.4. Diseño y construcción del sistema para la fitorremediación de Cr

Se seleccionaron los tratamientos al 3.13%, 1.56% y 0.78% en un volumen de 5 litros, por triplicado y con cinco plántulas por cada contenedor, el esquema del diseño de la fitorremediación se muestra en la Figura 5 y en el **Anexo III** se puede visualizar el diseño final del sistema.

Figura 5

Esquema de diseño final para la fitorremediación



4.2.5. Ensayos de tolerancia al contaminante












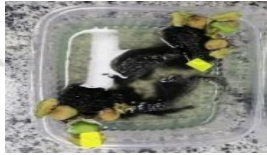
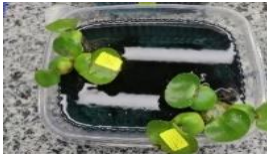



Se realizaron ensayos de tolerancia de la especie a distintas concentraciones del efluente de curtiembre para un volumen de 900 ml evaluando tres tratamientos a distintas diluciones de 6.25%, 12.5% y 25% durante 10 días.

La Tabla 15 muestra que el mayor % de clorosis se presenta en la dilución al 25% a las 24 hrs siguientes y posteriormente a los 5 días se presentó un estado de necrosis total en todas las hojas. Además de ello, la dilución del 12.5 % presentó un porcentaje menor de clorosis, llegando a tener un estado de necrosis total en las hojas a los 5 días. Sin embargo, para la dilución del 6.25 % se observa que a las 24 hrs no se presentó ningún síntoma de clorosis en las hojas, aun así, al pasar los días se observa que para el final de la experimentación el 90% de hojas se encuentran en necrosis.

Según el análisis de caracterización de aguas residuales que se realizó previamente, se halló que la concentración de Cromo total del agua residual estaba en 631 mg/L para la muestra de 250 ml. Ante ello, la dilución del 25% presentaba aproximadamente 157.75 mg/L y la dilución al 12.5% presentaba aproximadamente una concentración de 78.56 en los 900 ml que se emplearon en la experimentación. Como se observa en la Tabla 15, al día siguiente se presentaron signos de marchitamiento en las plantas para las dos diluciones, el resultado coincide con el estudio de Garg et al. (2022) que indica que las plantas con *Eichhornia crassipes* no sobrevivieron más de 6 días a concentraciones de 80 mg/L y 100 mg/L.

Tabla 15

Ensayos de tolerancia al contaminante en diluciones de 6.25%, 12.50% y 25% durante 10 días..

% de dilución	Día: 0	Día: 1	Día: 5	Día: 10
Blanco	 E: Sin marchitamiento	 E: Sin marchitamiento	 E: Sin marchitamiento	 E: Sin marchitamiento
6.25	 E: Sin marchitamiento	 E: Sin clorosis	 E: 50% de hojas con clorosis	 E: 90% de hojas en necrosis
12.50	 E: Sin marchitamiento	 E: 60% de hojas con clorosis	 E: 90% de hojas con clorosis	 E: Necrosis total en hojas
25	 E: Sin marchitamiento	 E: 80% de hojas con clorosis.	 E: 90% de hojas con clorosis.	 E: Necrosis total en hojas

Nota: E: indica el estado de la planta





















Luego de ello, se realizó un nuevo ensayo de tolerancia, pero a diluciones menores de 0.78%, 1.56%, 3.125% y 6.25%, durante un periodo de 10 días, evaluando el tiempo en que la especie puede tolerar el contaminante. En el **Anexo III** se muestra el diseño de la experimentación previa.

Según la Tabla 16 a la dilución de 6.25% se observa que a los 5 días existe un 73% de hojas que presentan clorosis y a los 10 días aumenta hasta un 93%. Además, se observa que a los 5 días a un 3.13% de dilución existe el 15% de hojas con clorosis lo cual continua hasta un 23%. Sin embargo, cuando se trabaja a un 1.56% y a un 0.78% se observan hojas sin marchitamiento a las 24 horas siguientes, además al llegar a los 10 días las plantas se encuentran en un buen estado sin clorosis.

La Tabla 16 muestra que en general las plantas lograr poseer características óptimas hasta los 10 días. Sin embargo, al finalizar los tratamientos en el día 10 se empieza a presentar un estado de clorosis, a excepción de la dilución del 0.78%. Por otro lado, la dilución de 6.25 % presentaba aproximadamente 39.44 mg/L, este resultado coincide con lo estudiado por Garg et al. (2022) que indica que *Eichhornia crassipes* podría sobrevivir y crecer en sistemas acuáticos expuestos a concentraciones relativamente bajas de Cr (VI) (hasta 40 mg/L). Asimismo, en las demás concentraciones se observa que las plantas si logran un % mayor de supervivencia

Tabla 16

Ensayos de tolerancia al contaminante a diluciones de 0.78%, 1.56%, 3.13%, 6.25% durante 10 días.

% de dilución	Día: 0	Día: 1	Día: 5	Día: 10
Blanco	 E: Sin marchitamiento	 E: Sin marchitamiento	 E: Sin marchitamiento	 E: Sin marchitamiento
0.78	 E: Sin marchitamiento	 E: Sin clorosis	 E: Sin clorosis	 E: Sin clorosis
1.56	 E: Sin marchitamiento	 E: Sin clorosis	 E: Sin clorosis	 E: Sin clorosis
3.13	 E: Sin marchitamiento	 E: 15% de hojas con clorosis	 E: 15% de h.con clorosis	 E: 23% de h.con clorosis
6.25	 E: Sin marchitamiento	 E: 73% de hojas con clorosis.	 E: 73% de h. con clorosis	 E: 93% de h. con clorosis

Nota: E: indica el estado de la planta

4.3. Evaluación de la capacidad de fitorremediación de *Eichhornia crassipes* en la remoción de Cromo total

4.3.1. Determinación de observaciones cualitativas y cuantitativas

Las diluciones para la fitorremediación se muestran en la Tabla 17, las cuales se realizaron para un volumen de 5 litros y por triplicado, cada unidad experimental constó de 5 plantas y se añadió un tratamiento sin ningún contaminante para el monitoreo.

Tabla 17

Tratamientos para la fitorremediación de Cromo total.




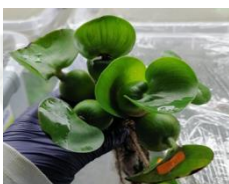










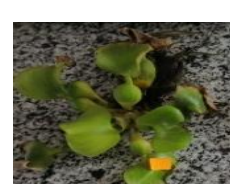





Tratamiento	R1	R2	R3	Dilución de efluente
Blanco	BR1	BR2	BR3	0
T1	T1R1	T2R2	T3R3	0.781
T2	T2R1	T2R2	T3R3	1.563
T3	T3R1	T3R2	T3R3	3.125

Nota: R significa repetición

Según la Tabla 18, se observa que en la dilución 3.13% las plantas lograron sobrevivir en óptimas condiciones durante el período de fitorremediación. Sin embargo, en el día final de experimentación las plantas presentaron signos de clorosis y marchitamiento. Por otro lado, en la dilución del 1.56% las plantas no presentaron un % de clorosis elevado en las hojas al finalizar la experimentación. Asimismo, en la dilución del 0.78% se observa que en la mayoría de los días las plantas logran continuar en condiciones óptimas. Los resultados coinciden con los hallazgos de Garg et al. (2022) que indica que la contaminación con Cr causó la decoloración y amarilleo en las hojas y brotes. Ello se debería a que el Cr provoca efectos nocivos en los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, ya que degrada el estado de los pigmentos e induce a que se produzca un daño oxidativo en las estructuras celulares (de Souza et al., 2021).

Tabla 18

Fitorremediación durante 35 días a diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125%,

% de dilución	Día: 0	Día: 5	Día: 15	Día: 25	Día: 35
Blanco	 E: Sin clorosis	 E: Sin clorosis	 E: Sin clorosis	 E: Sin clorosis	 E: Sin clorosis
3.125	 E: Sin marchitamiento	 E: Sin clorosis	 E: 20% de clorosis	 E: 40% de clorosis	 E: 90% de clorosis
1.563	 E: Sin marchitamiento	 E: Sin clorosis	 E: Sin clorosis	 E: 10% de clorosis	 E: 20% de clorosis
0.781	 E: Sin marchitamiento	 E: Sin clorosis	 E: 15% de clorosis	 E: 20% de clorosis	 E: 70% de clorosis

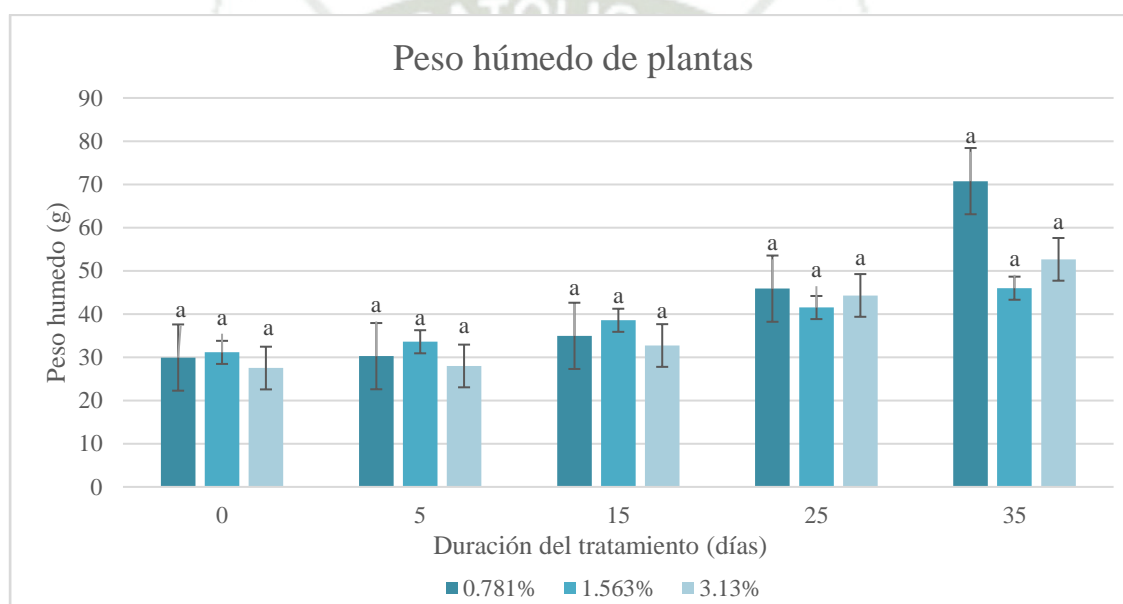
Nota: E: indica el estado de la planta

4.3.2. Determinación cualitativa del peso húmedo

Se realizó la medición del peso húmedo para cada dilución. A continuación, se presenta en el Figura 6, el promedio del peso húmedo de las plantas por cada repetición para todas las diluciones empleadas en la fitorremediación.

Figura 6

Peso húmedo de plantas a diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.13%



Como se observa en la Figura 2, se nota un incremento del peso húmedo de las plantas durante los 35 días de experimentación. En el caso de la dilución del 0.781% se nota un incremento mayor hasta el último día. Sin embargo, para la dilución de 1.563% y 3.125% los pesos húmedos se mantienen constantes. Los hallazgos son diferentes a los estudios de Atia et al. (2019) que indican que la especie perdió alrededor de un 24.7% de su peso como humedad.

4.3.3. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua

Se realizó la medición de los parámetros fisicoquímicos como pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto y Sólidos Totales Suspendidos.

4.3.3.1. Determinación de potencial de hidrógeno

Los resultados de la medición del potencial de hidrógeno se muestran en la Tabla 19 y la Figura 3, donde se muestra el promedio y la desviación estándar de las muestras a las diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125%.

Tabla 19

Datos de promedio y desviación estándar para el pH en diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% durante los 35 días

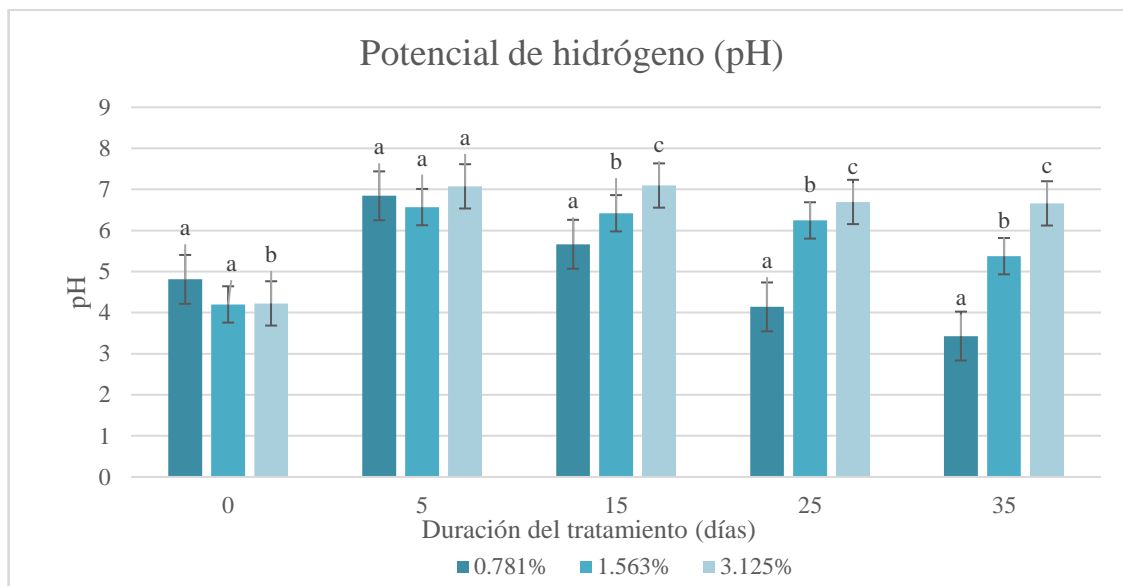
Dilución	Resultado ($\bar{x} \pm DE$)				
	Día:0	Día: 5	Día: 15	Día: 25	Día: 35
0.781	4.81 \pm 0.06	6.85 \pm 0.08	5.87 \pm 0.15	4.14 \pm 0.11	3.43 \pm 0.10
1.563	4.20 \pm 0.01	6.57 \pm 0.14	6.42 \pm 0.10	6.25 \pm 0.28	5.38 \pm 0.67
3.125	4.23 \pm 0.05	7.08 \pm 0.21	7.10 \pm 0.08	6.70 \pm 0.04	6.66 \pm 0.00

Nota: \bar{x} indica el promedio y **DE**: Desviación estándar

La Tabla 19 muestra que el pH varía según los días del tratamiento, para la dilución de 0.781% continúa siendo un valor más ácido. Por otro lado, para la dilución de 1.563% se observa que el pH aumenta de ácido a ligeramente ácido, llegando a un promedio de 5.38 a los 35 días. Además, a una dilución del 3.125% se observa que el pH comienza siendo ácido y al pasar los días llega a convertirse en neutro.

Figura 7

Potencial de hidrógeno (pH) en la dilución de 0.781%, 1.563% y 3.125%.



En la Figura 7, se observa que los resultados son similares con lo indicado por Garg et al. (2022) que demostró que las plantas acumulaban Cr (VI) del medio y su pH comenzaba a aumentar, lo que indica que existe una correlación directa con la concentración de contaminantes. Además, indican que un pH ácido del medio acuático favorece el proceso de remoción, debido a que ayuda a la movilización de cationes, por ello un pH ácido proporciona condiciones óptimas para la eliminación de Cr (VI). Por otro lado, Panneerselvam & Priya K (2021), indican una reducción del pH de hasta un 26.37%. Sin embargo, a las diluciones de 1.563% y 3.125% se observa una similitud con Parwin & Paul (2019) que indicaron que el valor del pH aumento de 4.3 a 6.67, demostrando un valor del pH hasta un 60.5% durante 10 días.

4.3.3.2. Determinación de conductividad eléctrica (CE)

Los resultados de la medición de la conductividad eléctrica se muestran en la Tabla 20 y la Figura 4, donde se detalla el promedio y la desviación estándar de las muestras a las diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125%.

Tabla 20

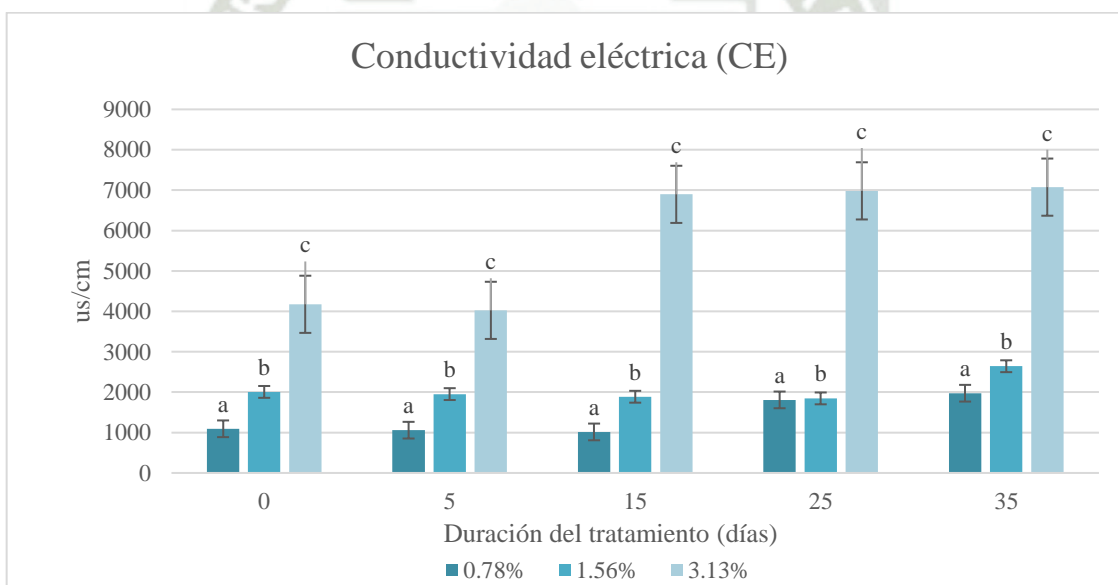
Datos de promedio y desviación estándar para la CE en diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% durante los 35 días

Dilución	Resultado ($\bar{x} \pm DE$)				
	Día:0	Día: 5	Día: 15	Día: 25	Día: 35
0.781	1094 ± 16.3	1059 ± 14.1	1016 ± 4.1	1809 ± 34.65	1974 ± 98.99
1.563	2006 ± 173.1	1952 ± 161.7	1886 ± 183.1	1846 ± 160.5	2642 ± 1189
3.125	4175 ± 41.1	4025 ± 22.6	68986 ± 126.6	6.70 ± 13.44	7075 ± 144.6

Nota: \bar{x} indica el promedio y **DE**: Desviación estándar

Figura 8

Conductividad eléctrica (CE) en las diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125%.



En la Tabla 20 y la Figura 8, se muestra un aumento de la conductividad eléctrica durante los 35 días, según Atia et al. (2019) el mecanismo de intercambio de iones está involucrado en dar a la planta la oportunidad de acumular y tolerar la mayor concentración de iones, lo que se correlaciona con el creciente aumento de este parámetro durante la experimentación. Además de ello Álvarez et al. (2021), indica que valores altos de la CE indican también niveles altos de cationes. Sin

embargo, los resultados son diferentes con lo hallado por Garg et al. (2022) que indica una reducción de la conductividad eléctrica a lo largo del tiempo, lo que se correlaciona con una traslocación directa de Cromo por las plantas.

4.3.3.3. Determinación de oxígeno disuelto (OD)

Los resultados de la medición de oxígeno disuelto se muestran en la Tabla 21 y la Figura 9, donde se muestra el promedio y la desviación estándar de las muestras a las diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125%.

Tabla 21

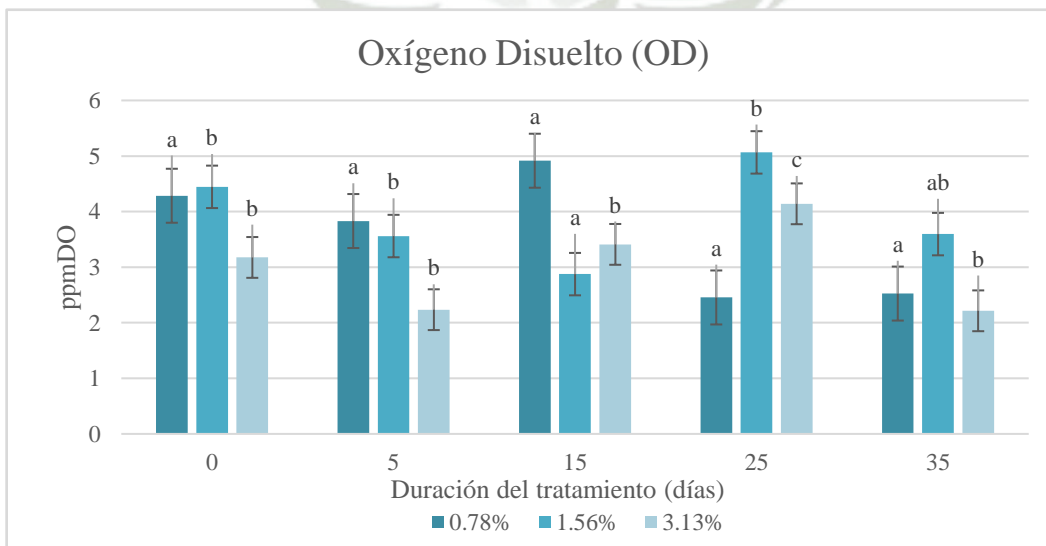
Datos de promedio y desviación estándar para OD en diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% durante los 35 días

Dilución	Resultado ($\bar{x} \pm DE$)				
	Día:0	Día: 5	Día: 15	Día: 25	Día: 35
0.781	4.29 ± 0.12	3.83 ± 0.04	4.92 ± 0.13	2.46 ± 0.30	2.53 ± 0.01
1.563	4.45 ± 0.22	3.56 ± 1.05	2.88 ± 1.08	5.07 ± 0.16	3.60 ± 1.18
3.125	3.18 ± 0.77	2.24 ± 0.13	3.41 ± 0.03	4.14 ± 0.03	2.22 ± 0.02

Nota: \bar{x} indica el promedio y **DE**: Desviación estándar

Figura 9

Oxígeno disuelto para las diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% en 35 días.



La Tabla 21 y la Figura 9 muestran que entre los tres tratamientos, el que presentó la menor concentración de OD fue la dilución al 3.125%, llegando hasta un valor de 2.22 ppmDO. Sin embargo, para la menor dilución del 0.781% se observa que este valor incrementa, siendo al final de 2.53 ppmDO. Estos resultados, son distintos con lo hallado por Panneerselvam & Priya K (2021) que encontró que el oxígeno disuelto incrementa a más de 4 mg/L, donde el agua se vuelve apta para organismos vivos y plantas acuáticas.

4.3.3.4. Determinación de sólidos suspendidos totales (SST)

Los resultados de la medición de sólidos totales suspendidos se muestran en la Tabla 22 y la Figura 10, donde se muestra el promedio y la desviación estándar de las muestras a las diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125%.

Tabla 22

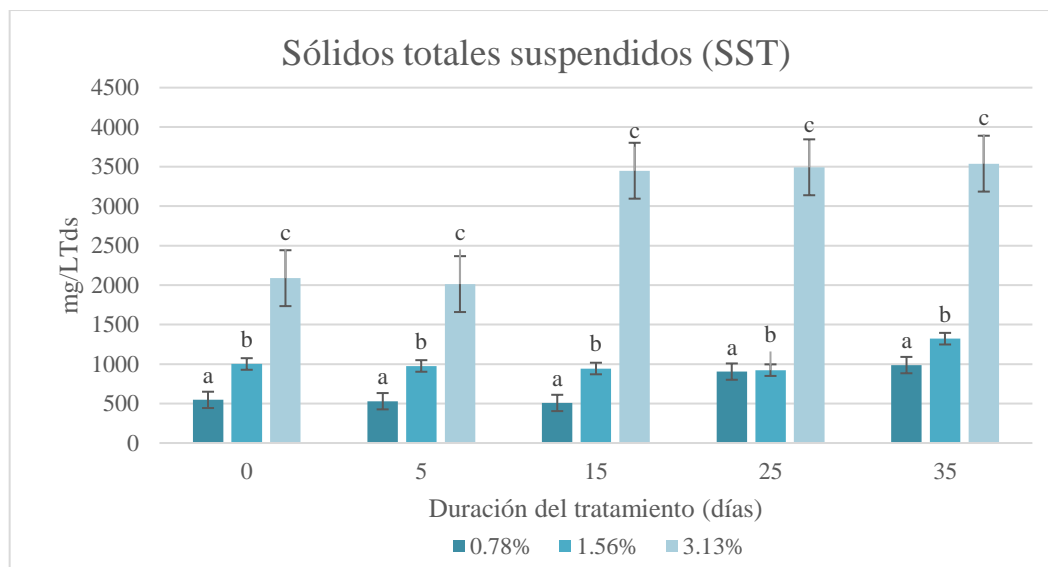
Datos de promedio y desviación estándar para SST en diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% durante los 35 días

Dilución	Día:0	Resultado ($\bar{x} \pm DE$)			
		Día: 5	Día: 15	Día: 25	Día: 35
0.781	547 ± 7.78	530 ± 7.78	508 ± 2.12	905 ± 17.68	987 ± 48.50
1.563	1001 ± 83.44	976 ± 84.85	944 ± 91.22	923 ± 80.61	1321 ± 594.6
3.125	2088 ± 20.51	2013 ± 12.02	3448 ± 63.64	3492 ± 6.36	3538 ± 57.28

Nota: \bar{x} indica el promedio y **DE**: Desviación estándar

Figura 10

Sólidos totales suspendidos para las diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% en 35 días.



La Tabla 22 y la Figura 10, muestran que la cantidad de sólidos suspendidos totales tiende a aumentar en los tres tratamientos, esto se podría deber a que se observó un desprendimiento de los pelos radiculares de las raíces de *Eicchornia crassipes*, lo que podría conllevar a un aumento de este parámetro. Esto se podría explicar con los hallazgos de Panneerselvam & Priya (2021) que afirmaron que los sólidos en suspensión tratan de pasar a través de las raíces de las plantas, que pueden quedar atrapados y ser metabolizados por microorganismos, debido a que las raíces de las plantas flotantes actúan como soporte para el crecimiento microbiano. Sin embargo, si se analiza el porcentaje de remoción de la experimentación con respecto al día 1, se halló un 46 % de remoción para la dilución de 0.78% siendo el tratamiento una máxima remoción, seguido del tercer tratamiento.

4.3.4. Evaluación de la remoción de Cromo en el agua por cada uno de los tratamientos

Se analizaron las muestras de agua para determinar la concentración de Cromo total en las diluciones, los resultados se presentan en la Tabla 23. Asimismo, los informes de laboratorio de resultados de agua se presentan en el (Anexo 6) y las pruebas estadísticas a detalle en el (Anexo 9).

Tabla 23

Pruebas estadísticas de remoción de Cromo total en el agua durante 35 días.

Día	5		15		25		35					
	$\bar{x} \pm DE$	CV	$\bar{x} \pm DE$	CV	$\bar{x} \pm DE$	CV	$\bar{x} \pm DE$	CV				
Dilución	0.78 ^b	84.43± 4.13	4.89	0.78 ^a	84.91± 2.23	2.23	0.78 ^b	91.20± 7.99	8.76	0.78 ^a	80.50± 3.11	3.86
	1.56 ^b	87.54± 2.44	2.80	1.56 ^a	92.55± 1.86	1.89	1.56 ^b	95.51± 0.99	1.03	1.56 ^b	94.24± 0.63	0.67
	3.13 ^a	66.7± 7.24	10.86	3.13 ^a	78.06± 11.29	11.29	3.13 ^a	64.63± 4.30	6.66	3.13 ^a	93.47± 2.67	2.86
Prueba	Est.	Valor- p	Int	Est.	Valor- p	Int	Est.	Valor- p	Int	Est.	Valor- p	Int
SW	0.878	0.149	DNN	0.897	0.232	DNN	0.789	0.016	DN	0.835	0.051	DNN
LEV	0.936	0.443	NS	2.495	0.163	NS	0.620	0.569	NS	0.797	0.493	NS
KW	5.956	0.051	NS	5.600	0.061	NS	5.600	0.061	NS	5.600	0.061	NS
ANOVA	15.078	0.005	S	3.480	0.099	NS	30.25	0.001	S	31.20	0.001	S

Nota: DNN: Distribución no normal $p < 0.05$, NS: No significativo $p \geq 0.05$ S: significativo $p < 0.05$

En la **Tabla 23**, se muestra los resultados de porcentaje de remoción de Cromo total en el agua en las tres diluciones de 0.78%, 1.56% y 3.13%. El mejor porcentaje de remoción fue obtenido al día 25 de la experimentación a la dilución de 1.56%, logrando remover 95.51 ± 0.99 , lo que indica que *Eichhornia crassipes* presenta gran capacidad de ser una planta hiperacumuladora. De manera

similar, a lo que estudiaron Raza et al. (2023), que demostraron establecer el potencial de la lechuga de agua y otras plantas en el tratamiento de efluentes alcanzando una eliminación del 81% del metal, la especie elegida en el estudio muestra un gran potencial en comparación de otras especies para la remoción de toxinas en el agua.

En el caso del quinto día de evaluación, al ejecutar el análisis estadístico, se realizó la prueba de Shapiro Wilk, donde se obtuvo un valor de $p < 0.05$ mostrando que los tratamientos presentaron datos con una ausencia de distribución normal (**Tabla 26**), luego en la prueba de Levene (**Tabla 27**) se observó una igualdad de varianzas entre los tratamientos debido a que el valor de p es ≥ 0.05 , indicando que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Luego, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 28**) reportando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos por presentar un valor de $p \geq 0.05$, finalmente para evaluar la significancia de los datos se realizó la prueba de ANOVA (**Tabla 29**) y se determinó que el valor de $p < 0.05$ indicando que existe una diferencia significativa; por lo tanto, se puede identificar que a diferentes diluciones existe una influencia en la remoción a los 5 días de estudio.

En el caso del día 15 de evaluación, al ejecutar el análisis estadístico, se realizó la prueba de Shapiro Wilk, donde se obtuvo un valor de $p < 0.05$ mostrando que los tratamientos presentaron datos con una ausencia de distribución normal (**Tabla 30**). Después, al realizar la prueba de Levene (**Tabla 31**) se observó una igualdad de varianzas entre los tratamientos debido a que el valor de p es ≥ 0.05 , indicando que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Asimismo, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 32**), reportando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos por presentar un valor de $p \geq 0.05$, finalmente se realizó la prueba de ANOVA (**Tabla 33**) y se determinó que el valor de $p < 0.05$ indicando que existe una diferencia significativa; por lo tanto estadísticamente significativa entre los tratamientos por presentar un valor de $p \geq 0.05$, finalmente indicando que no existe una diferencia significativa;

en conclusión se puede identificar que a diferentes diluciones no existe una influencia en la remoción a los 15 días de estudio.

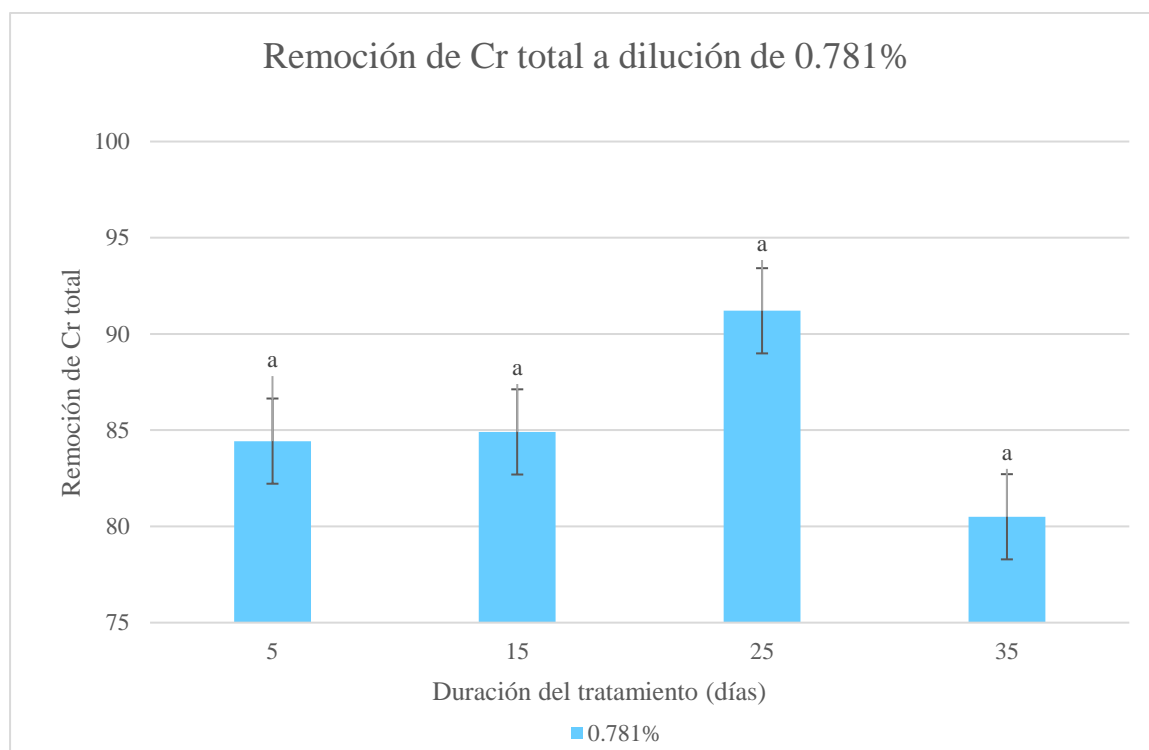
En el día 25 de evaluación, se realizó la prueba de Shapiro Wilk, donde se obtuvo un valor de $p < 0.05$ mostrando que los tratamientos presentaron datos con una falta de distribución normal (**Tabla 34**). Después, al realizar la prueba de Levene (**Tabla 35**) se observó de igual manera una igualdad de varianzas entre los tratamientos debido a que el valor de p es ≥ 0.05 , indicando que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Asimismo, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 36**), reportando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los diversos tratamientos por presentar un valor de $p \geq 0.05$. Luego, se realizó la prueba de ANOVA (**Tabla 37**) y se determinó que el valor de $p < 0.05$ indicando que existe una diferencia significativa; en resumen se halló que en los tres tratamientos si existe una influencia en la remoción a los 25 días de estudio.

En el día final de experimentación de los 35, se realizaron los análisis estadísticos, para la prueba de Shapiro Wilk, se obtuvo un valor de $p < 0.05$ mostrando que los tratamientos presentaron datos con una no distribución normal (**Tabla 38**). Luego, al realizar la prueba de Levene (**Tabla 39**) se observó que al igual que los otros días se muestra una igualdad de varianzas entre los tratamientos debido a que el valor de p es ≥ 0.05 , indicando que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Asimismo, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 40**), reportando que de igual manera no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los diversos tratamientos por presentar un valor de $p \geq 0.05$. Por último, se realizó la prueba de ANOVA (**Tabla 41**) y se determinó que el valor de $p < 0.05$ indicando que existe una diferencia significativa; por lo tanto se puede identificar que en los tres tratamientos si existe una influencia en la remoción a los 35 días de estudio. Por otro lado, al evaluar cada tratamiento durante los 35 días, se aprecia en la Figura

11 que no existe una diferencia significativa en los diferentes días de evaluación con respecto al primer tratamiento al 0.781%.

Figura 11

Remoción de Cr total en agua a dilución de 0.781%.

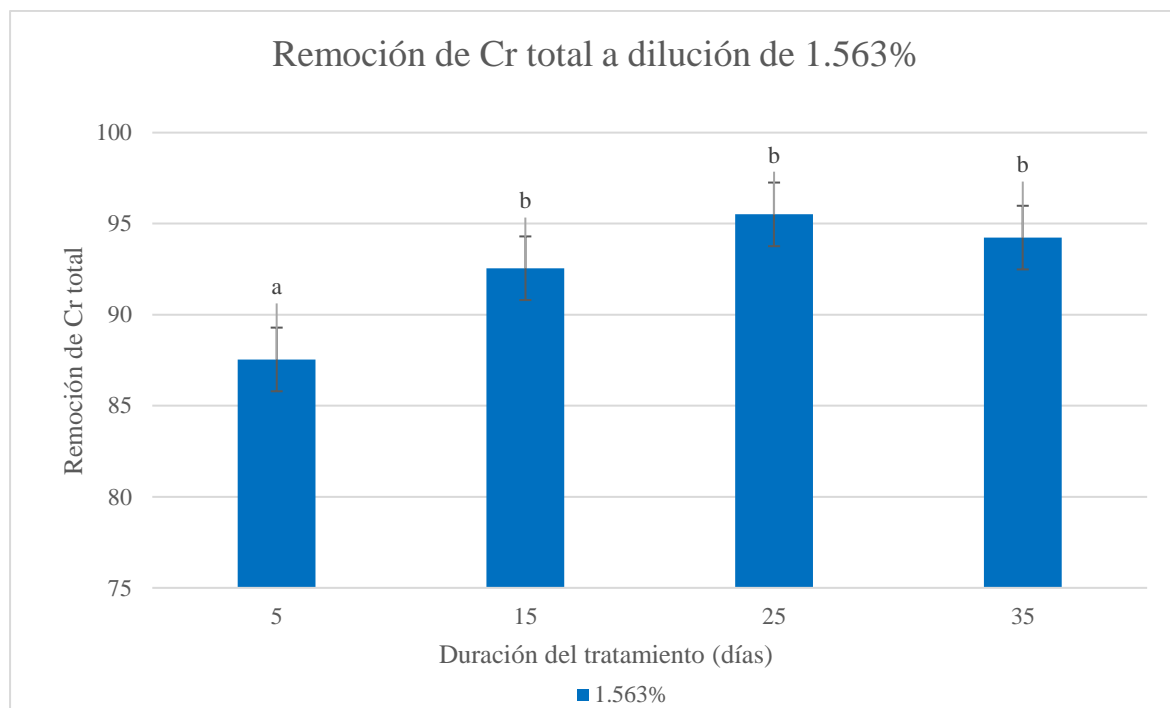


La Figura 11 muestra una máxima remoción a los 25 días con una cantidad de 91.20%. Asimismo, según la caracterización inicial del efluente, se calcula que esta dilución se encontraba en una concentración aproximada de 7 mg/L. De manera similar Zapana et al. (2020) hallaron concentraciones de 8 mg/L y encontraron remociones de un 99.57 %. Sin embargo, estudios como Saha et al. (2017) indican que a concentraciones de 2 mg/L se requiere de un máximo de 10 a 15 días para una eliminación efectiva de Cromo y que a concentraciones más altas de 5 mg/L, la planta comienza a marchitarse a los 20 días. Por otro lado, Gusti Wibowo et al. (2023) demostraron que *Eichhornia crassipes* tiene buenas habilidades para el tratamiento de iones metálicos, siendo la

fitoacumulación el principal mecanismo de fitorremediación de la especie. Además, concluyen que el tiempo de contacto resulta ser un factor clave en la eficiencia de remoción del contaminante.

Figura 12

Remoción de Cr total en agua a dilución de 1.563%.

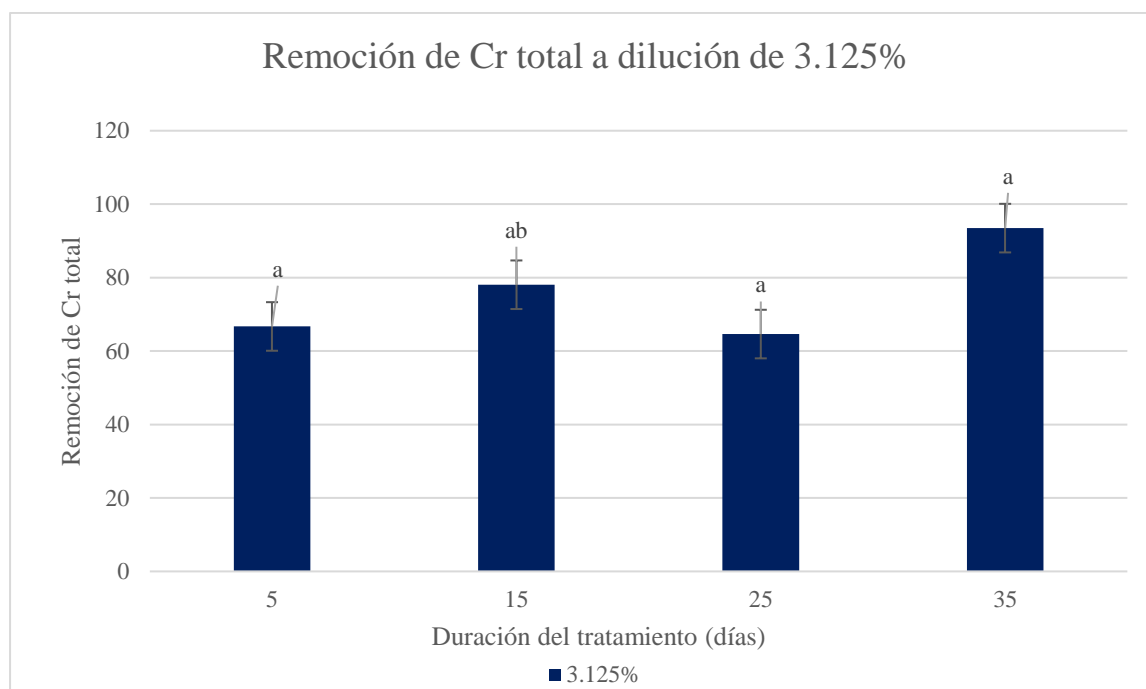


La Figura 12 muestra que el porcentaje de remoción para la dilución al 1.563% alcanza su máxima remoción entre los 25 a 35 días con más del 95%. Asimismo, según la caracterización inicial, se calcula que esta dilución se encontraba en una concentración aproximada de 10 mg/L. Los resultados obtenidos en el presente estudio son distintos a lo indicado con Zhou et al. (2013) que estudiaron el potencial de *Pistia stratiotes* y encontraron un porcentaje de remoción de Cromo del 79% para una concentración aproximada de 10 mg/L. De manera similar, Nash et al. (2020), encontraron que la concentración de la carga contaminante logra presentar un punto elevado a partir de los 21 días, para luego continuar con una reducción más constante durante los siguientes

días. Además, indican una disminución significativamente ($p < 0.05$) en comparación con otros sistemas, logrando hasta un 88% de remoción.

Figura 13

Remoción de Cr total en agua a dilución de 3.125%.

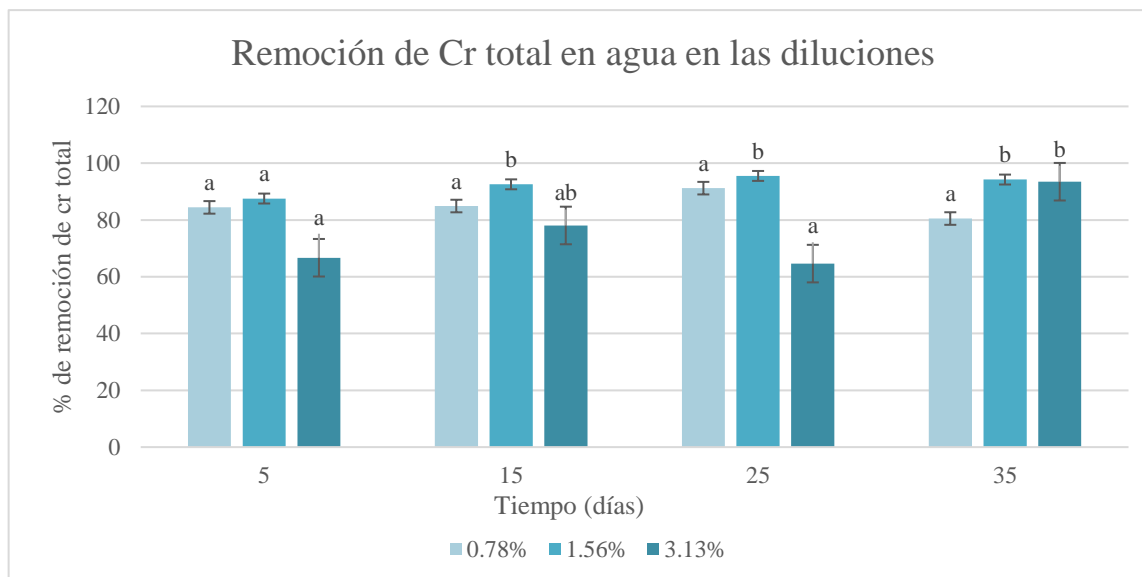


La Figura 13 muestra que el porcentaje de remoción para la dilución al 3.125 % llega a su máxima remoción a los 35 días con 93.43% . Asimismo, según la caracterización inicial del efluente, se calcula que esta dilución se encontraba en una concentración aproximada de 20 mg/L. Los resultados son distintos a lo encontrado por Zhou et al. (2013) que halló un porcentaje de remoción para el Cromo de un 71%. Asimismo, Garg et al. (2022) demostraron que *Eichhornia crassipes* podría sobrevivir y crecer a concentraciones relativamente bajas de Cr (VI) hasta 40 mg/L, siendo mayores concentraciones de 80 mg/L a 100 mg/L las más nocivas presentando signos de descomposición a los dos días del inicio de la experimentación.

Se comparo el porcentaje de remoción de Cromo total en las distintas diluciones, en la Figura 14 se muestra la representación gráfica.

Figura 14

Comparación del porcentaje de remoción de Cr total en agua en n las diluciones.



La Figura 14 muestra que el tratamiento que presentó un mejor % de remoción, es el que se encontraba a la dilución del 1.563% debido a que alcanza una máxima remoción de 95.51% en el día 25 y continúa en el día 35. Seguidamente, el tratamiento que presenta una mejor remoción es el de la dilución del 0.781%, alcanzando un valor máximo de remoción de un 91.2% en el día 25. Los resultados son similares a lo indicado por Sabreena et al (2022) que indican que *E. crassipes* tuvo la máxima eficiencia de eliminación (80%) en comparación con otros macrófitos. También se puede notar que a mayor concentración del efluente siendo la dilución de 3.125%, el porcentaje de remoción tiende a disminuir; ello se complementa con lo indicado por Hansa et al. (2023) que concluyen que concentraciones más altas del contaminante podrían afectar los procesos metabólicos de las plantas, como germinación, crecimiento y diferentes índices bioquímicos, lo que a su vez genera menores eficiencias de remoción.

4.3.5. Evaluación de la remoción de Cromo total en las plantas

Se determinó la cantidad de Cromo total en la parte aérea y radicular de la planta a las diluciones de 0.781%, 1.563% y 3.125% mediante el método ICP-OES, los resultados del informe de la parte aérea y radicular se presentan en el **Anexo 7** y las pruebas estadísticas a detalle en el **Anexo 10**.

4.3.5.1. Determinación de Cromo total en la parte aérea

Se determinó la captación de Cromo total en la parte aérea de la planta, los resultados se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24

Pruebas estadísticas de remoción de Cromo total en la parte aérea de la planta durante 35 días.

Día	5		15		25		35					
	$\bar{x} \pm$ DE	CV	$\bar{x} \pm$ DE	CV	$\bar{x} \pm$ DE	CV	$\bar{x} \pm$ DE	CV				
Dilución	0.78 ^a	74.0± 1.43	1.94	0.78 ^a	75± 7.23	9.63	0.78 ^a	82± 8.83	10.77	0.78 ^a	62.10± 4.25	6.85
	1.56 ^a	77.26± 5.42	7.02	1.56 ^a	76.50± 10.73	14.03	1.56 ^a	87.22± 8.18	9.37	1.56 ^{ab}	84.20± 8.89	10.56
	3.13 ^b	92.63± 5.91	6.39	3.13 ^a	89.94± 6.14	6.8	3.13 ^a	94.14± 5.05	5.36	3.13 ^b	85.20± 12.39	14.54
Prueba	Est.	Valor- p	Int	Est.	Valor- p	Int	Est.	Valor- p	Int	Est.	Valor- p	Int
SW	0.846	0.068	DNN	0.978	0.950	DNN	0.922	0.402	DN	0.952	0.709	DNN
LEV	0.646	0.557	NS	0.301	0.751	NS	0.218	0.810	NS	0.522	0.618	NS
KW	5.600	0.061	NS	4.356	0.113	NS	2.756	0.252	NS	5.422	0.066	NS
ANOVA	13.420	0.006	S	2.970	0.127	NS	1.960	0.221	S	6.120	0.035	S

Nota: DNN: Distribución no normal $p < 0.05$, NS: No significativo $p \geq 0.05$ S: significativo $p < 0.05$

En la evaluar el quinto día, se realizó la prueba de Shapiro Wilk, donde se obtuvo un valor de $p \geq 0.05$ demostrando que los tratamientos presentaron datos con una distribución normal (**Tabla 42**). Seguidamente, al realizar la prueba de Levene (**Tabla 43**) se observó que existe una igualdad de varianzas entre los tratamientos por lo que el valor de p es ≥ 0.05 , indicando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. Luego, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 44**), reportando que en los tratamientos no existe una diferencia estadísticamente significativa por presentar un valor de $p \geq 0.05$, finalmente para la evaluación de la significancia de los datos se realizó la prueba de ANOVA (**Tabla 45**), y se determinó que el valor de $p < 0.05$ indicando que existe una diferencia significativa; por ende se puede hallar que a diferentes diluciones existe una influencia en la captación de Cromo total en la parte aérea a los 5 días de estudio.

Para el día 15 de evaluación, al ejecutar el análisis estadístico, se comenzó determinando la prueba de Shapiro Wilk, donde se obtuvo un valor de $p < 0.05$ mostrando que los tratamientos presentaron datos con una falta de distribución normal (**Tabla 46**). Luego, se realizó la prueba de Levene (**Tabla 47**) donde se observó que el valor de p es ≥ 0.05 , demostrando que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Después, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 48**), indicando que no halló una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos por presentar un valor de $p \geq 0.05$. Por último, se realizó la prueba de ANOVA (**Tabla 49**) y se halló que el valor de $p \geq 0.05$ indicando que no existe una diferencia significativa; en conclusión, se puede identificar que a diferentes tratamientos no existe una influencia en la captación de Cromo total en la parte aérea de las plantas a los 15 días de estudio.

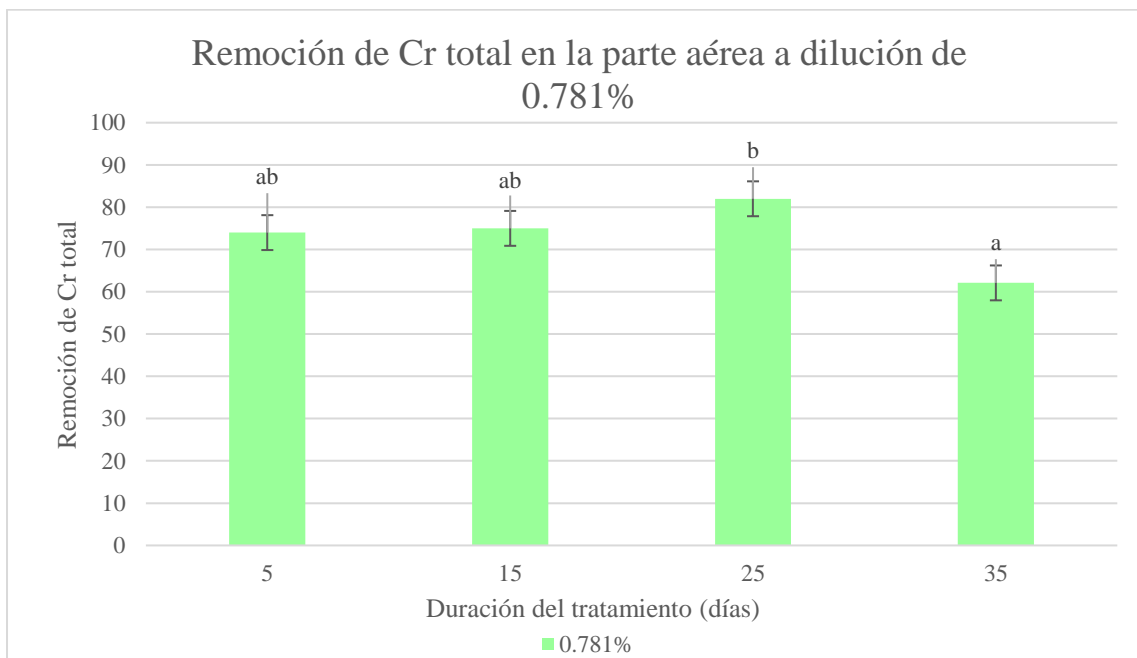
En el caso del día 25 de la experimentación, se realizó la prueba de Shapiro Wilk, donde se obtuvo un valor de $p < 0.05$ mostrando que los tratamientos presentaron datos con una falta de distribución normal (**Tabla 50**). Después, al realizar la prueba de Levene (**Tabla 51**) se halló una igualdad de

varianzas entre los tratamientos debido a que el valor de p es ≥ 0.05 , indicando que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Asimismo, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 52**), encontrando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los diversos tratamientos por presentar un valor de $p \geq 0.05$. Después, se aplicó la prueba de ANOVA (**Tabla 53**) y se determinó que el valor de $p < 0.05$ demostrando que existe una diferencia significativa; por lo tanto, se puede concluir que entre los tres tratamientos si existe una influencia en la captación de Cromo total en la parte radicular a los 25 días de estudio.

En el caso del día 35 de experimentación, se comenzó realizando la prueba de Shapiro Wilk, donde se obtuvo un valor de $p < 0.05$ mostrando que los tratamientos presentaron datos siguen una distribución no normal (**Tabla 54**). Después, al realizar la prueba de Levene (**Tabla 55**) se observó que el valor de p es ≥ 0.05 demostrando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. Luego, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 56**), y se halló que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los diversos tratamientos por presentar un valor de $p \geq 0.05$. Para concluir, se realizó la prueba de ANOVA (**Tabla 57**) y se determinó que el valor de $p < 0.05$ indicando que existe una diferencia significativa; en conclusión, se puede demostrar que en los tres tratamientos existe una influencia en la captación de Cromo total en la parte radicular a los 35 días de estudio.

Figura 15

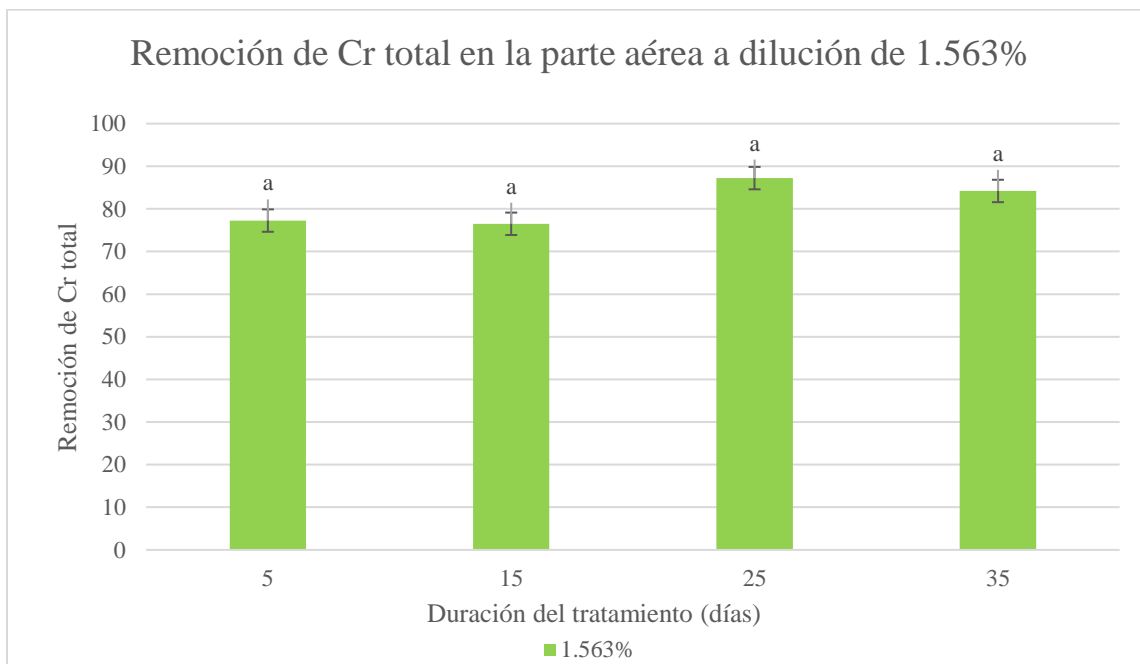
Remoción de Cr total en parte aérea a dilución de 0.781%



La Figura 15 muestra que durante los primeros 5 días la planta logra una captación de Cromo total de alrededor de 72.74% en la parte aérea la cual consiste en las hojas, peciolo y tallos. Sin embargo, al pasar los días el porcentaje de remoción tiende a mantenerse estable. Luego, se observa que en el día 35 tiende a disminuir. Los resultados son distintos a lo hallado por Panneerselvam & Priya K (2021) que hallaron máximas remociones de 30% y 65% al final de los 7 días para continuar luego con una tendencia al marchitamiento de las plantas hiperacumuladoras. Además, según Srivastava et al. (2019), la concentración de metales pesados en las hojas y brotes tiende a ser menor que en la raíz, sin embargo, este resultado suele ser significativo

Figura 16

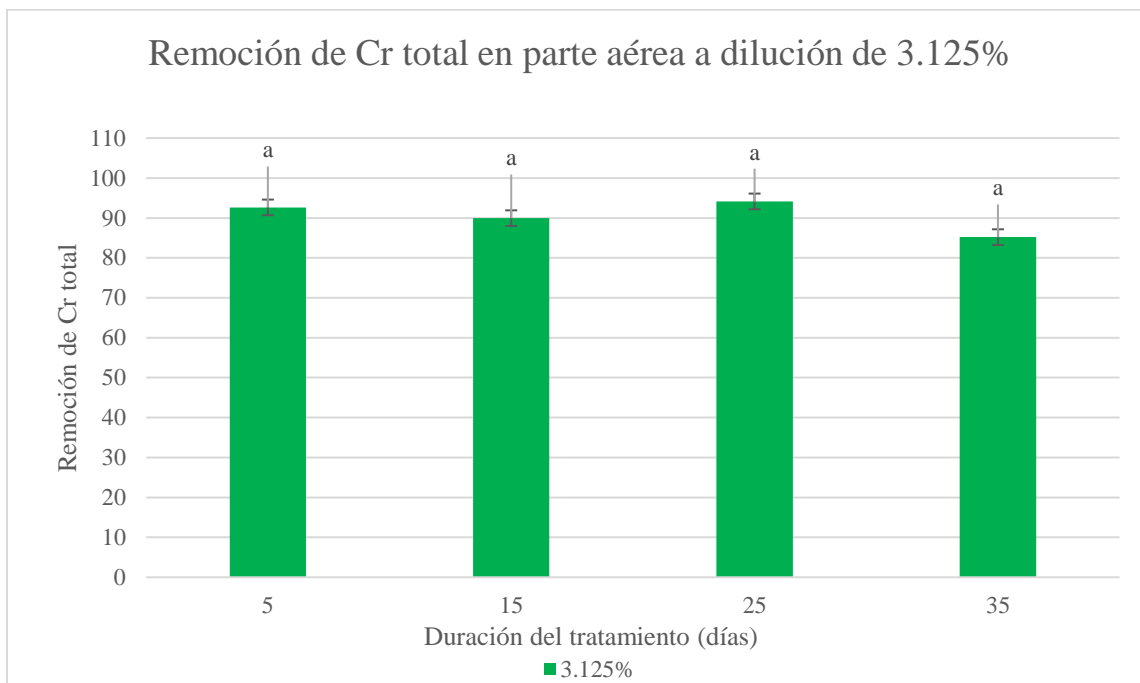
Remoción de Cr total en parte aérea a dilución de 1.563%



La **Figura 16** muestra que durante los primeros 15 días la planta logra una captación de Cromo total de alrededor del 76% y alcanza el % máximo de captación a los 25 días con 87%, para luego estabilizarse. Sin embargo, según el análisis estadístico no se presentaron diferencias significativas durante todo el periodo de evaluación. Los resultados son diferentes a lo hallado por Al-Solaimani et al. (2022) que demostraron diferencias significativas e indican un mayor contenido de Cromo en raíces, siendo valores más bajos en hojas aéreas y tallos. Además de ello, indican que el contenido de metales en las plantas también se puede deber a los sedimentos que se acumulan en las lagunas, los cuales pueden contener trazas de este metal debido a las actividades industriales.

Figura 17

Remoción de Cr total en parte aérea a dilución de 3.125%



La **Figura 17** muestra durante los primeros días de experimentación, la captación de Cr en la parte aérea se mantuvo cerca de un 92% y luego en los siguientes días de tratamiento la planta logra alcanzar una captación de Cromo total del 94%. Sin embargo, el análisis estadístico demuestra que durante el tiempo de tratamiento no existen diferencias significativas. Los resultados coinciden con los hallazgos de Xiao et al.(2021) que lograron tasas de eliminación altas durante el día 25 de experimentación. Además, los autores indican que en las etapas iniciales del experimento se sitúa un fenómeno de captación rápida, probablemente porque las plantas captan los metales y los transforman rápidamente.

4.3.5.2. Determinación de Cromo total en la parte radicular

Se determinó la captación de Cromo total en la parte radicular de la planta, los resultados se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25.

Pruebas estadísticas de remoción de Cromo total en la parte radicular durante 35 días

Día	5			15			25			35		
	$\bar{x} \pm$ DE	CV		$\bar{x} \pm$ DE	CV		$\bar{x} \pm$ DE	CV		$\bar{x} \pm$ DE	CV	
Dilución	0.78 ^a	96.56±	0.93	0.78 ^a	97.36±	1	0.78 ^a	96.07±	0.31	0.78 ^a	95.06±	0.02
		0.89			0.98			0.30			1.44	
	1.56 ^b	98.39±	0.08	1.56 ^{ab}	98.25±	0.18	1.56 ^{ab}	97.45±	1.38	1.56 ^a	97.74±	0.01
		0.09			0.17			1.34			0.76	
Prueba	3.13 ^b	98.67±	0.25	3.13 ^b	99.26±	0.1	3.13 ^b	99.29±	0.56	3.13 ^a	96.69±	0.02
		0.25			0.10			0.56			1.72	
	Valor- Est.	Int		Valor- Est.	Int		Valor- Est.	Int		Valor- Est.	Int	
	p	p		p	p		p	p		p	p	
SW	0.805	0.024	DN	0.906	0.282	DNN	0.881	0.157	DNN	0.934	0.518	DNN
LEV	1.578	0.281	NS	2.007	0.215	NS	0.781	0.499	NS	0.414	0.679	NS
KW	6.880	0.032	S	5.6	0.061	NS	5.956	0.05	NS	4.356	0.113	NS
ANOVA	13.57	0.0059	S	8.220	0.019	S	10.64	0.01	S	2.91	0.13	NS

Nota: DNN: Distribución no normal $p < 0.05$, DN: Distribución normal $p \geq 0.05$; NS: No significativo $p \geq 0.05$; S: significativo $p < 0.05$

En la evaluación al quinto día al ejecutar el análisis estadístico, se realizó la prueba de Shapiro Wilk, donde se obtuvo un valor de $p \geq 0.05$ mostrando que los tratamientos presentaron datos con una distribución normal (**Tabla 58**), luego en la prueba de Levene (**Tabla 59**) se observó que existe una igualdad de varianzas entre los tratamientos por lo que el valor de p es ≥ 0.05 , demostrando que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Luego, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 60**), reportando que en los tratamientos existe una diferencia estadísticamente significativa por presentar un valor de $p < 0.05$, finalmente para la evaluación de la significancia de los datos se realizó la prueba de ANOVA (**Tabla 61**) y se determinó que el valor de $p < 0.05$ indicando que existe una diferencia significativa; por lo tanto se puede identificar

que a diferentes diluciones existe una influencia en la captación de Cromo total en la parte radicular a los 5 días de estudio.

En el caso del día 15 de evaluación, al ejecutar el análisis estadístico, se realizó la prueba de Shapiro Wilk, donde se obtuvo un valor de $p < 0.05$ mostrando que los tratamientos presentaron datos con una ausencia de distribución normal (**Tabla 62**). Después, al realizar la prueba de Levene (**Tabla 63**) se observó una igualdad de varianzas entre los tratamientos debido a que el valor de p es ≥ 0.05 , indicando que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Asimismo, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 64**), reportando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos por presentar un valor de $p \geq 0.05$, finalmente se realizó la prueba de ANOVA (**Tabla 65**) y se determinó que el valor de $p < 0.05$ indicando que existe una diferencia significativa; por lo tanto, se puede identificar que a diferentes diluciones existe una influencia en la captación de Cromo total a los 15 días de estudio.

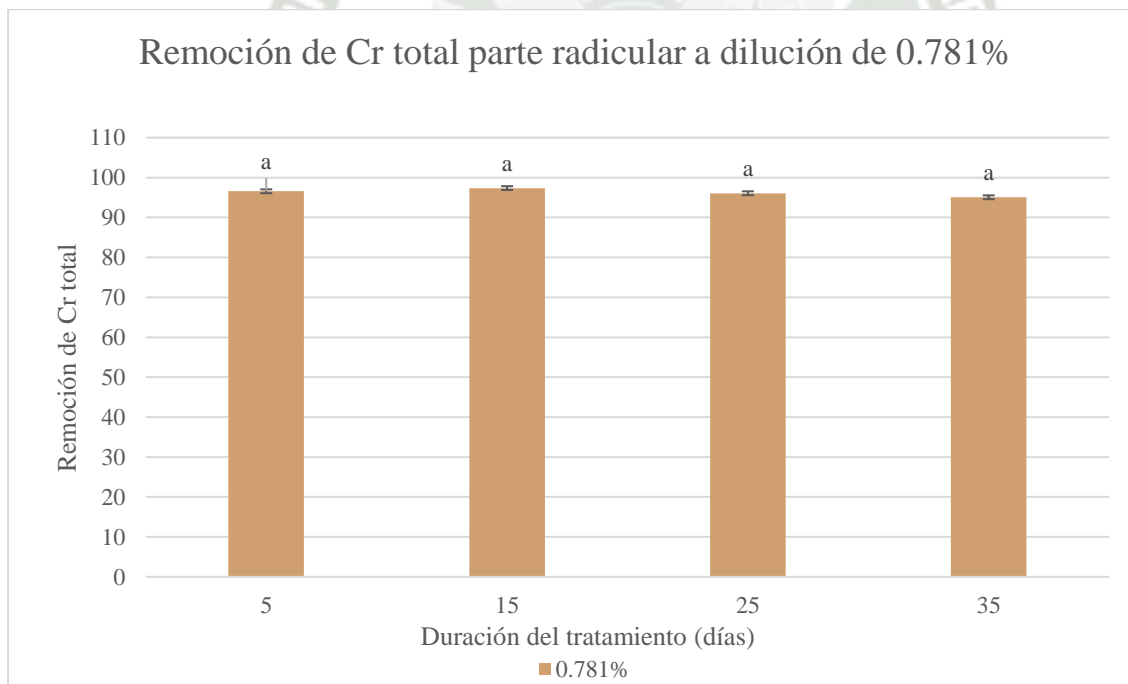
En el caso del día 25 de la experimentación, se realizó la prueba de Shapiro Wilk, donde se obtuvo un valor de $p < 0.05$ mostrando que los tratamientos presentaron datos con una falta de distribución normal (**Tabla 66**). Después, al realizar la prueba de Levene (**Tabla 67**) se halló una igualdad de varianzas entre los tratamientos debido a que el valor de p es ≥ 0.05 , indicando que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Asimismo, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 68**), encontrando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los diversos tratamientos por presentar un valor de $p \geq 0.05$. Después, se aplicó la prueba de ANOVA (**Tabla 69**) y se determinó que el valor de $p < 0.05$ demostrando que existe una diferencia significativa; por lo tanto, se puede concluir que entre los tres tratamientos si existe una influencia en la captación de Cromo total en la parte radicular a los 25 días de estudio.

Para el día 35 de experimentación, se empezó realizando la prueba de Shapiro Wilk, donde se obtuvo un valor de $p < 0.05$ mostrando que los tratamientos presentaron datos con una no

distribución normal (**Tabla 70**). Luego, al realizar la prueba de Levene (**Tabla 71**) se observó que al igual que los otros días se muestra una igualdad de varianzas entre los tratamientos debido a que el valor de p es ≥ 0.05 , lo que demuestra que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Asimismo, se realizó la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 72**), demostrando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los diversos tratamientos por presentar un valor de $p \geq 0.05$. Para concluir, se realizó la prueba de ANOVA (**Tabla 73**) y se determinó que el valor de $p \geq 0.05$ indicando que no existe una diferencia significativa; por lo tanto, se puede identificar que en los tres tratamientos no existe una influencia en la captación de Cromo total en la parte radicular a los 35 días de estudio.

Figura 18

Remoción de Cr total en parte radicular a dilución de 0.781%

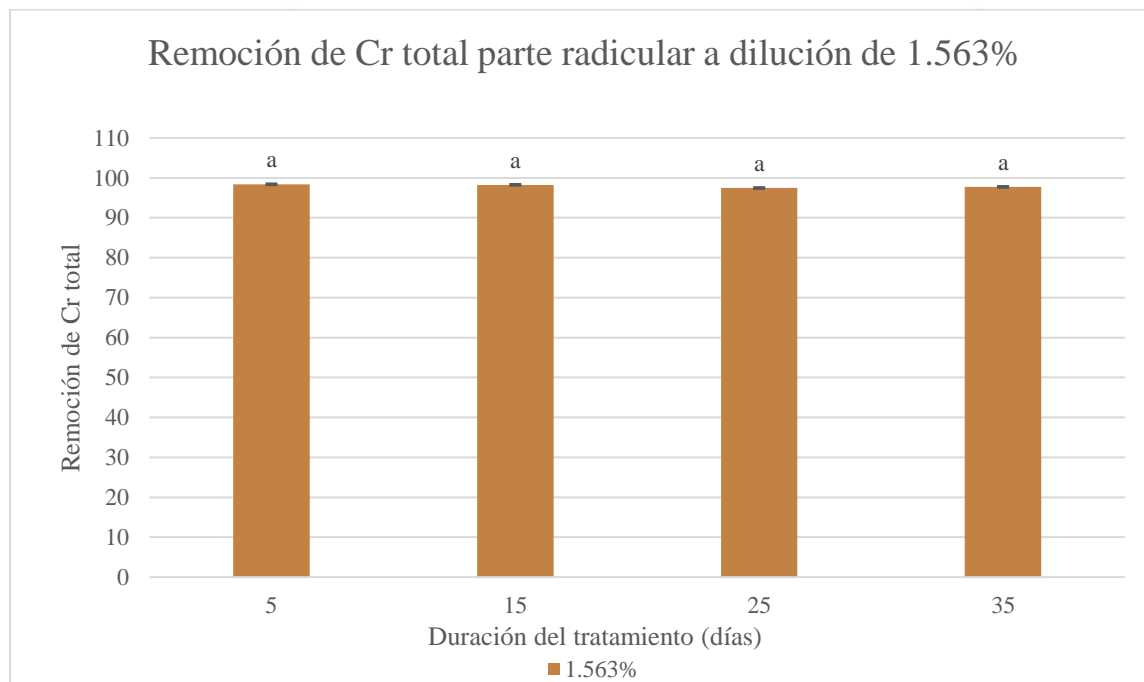


La Figura 18 muestra que durante los 35 días de experimentación la captación de Cr total en la parte radicular se mantiene alrededor un 96%, además se observa que no existe una diferencia significativa entre los días de tratamiento. Los resultados son similares a lo hallado por Sharma et

al. (2021) que evaluaron *Eichhornia crassipes* concluyendo que presenta una buena capacidad en la captación de contaminantes de un 90.8%, además observaron un buen crecimiento y sobrevivencia durante 20 días de experimentación.

Figura 19

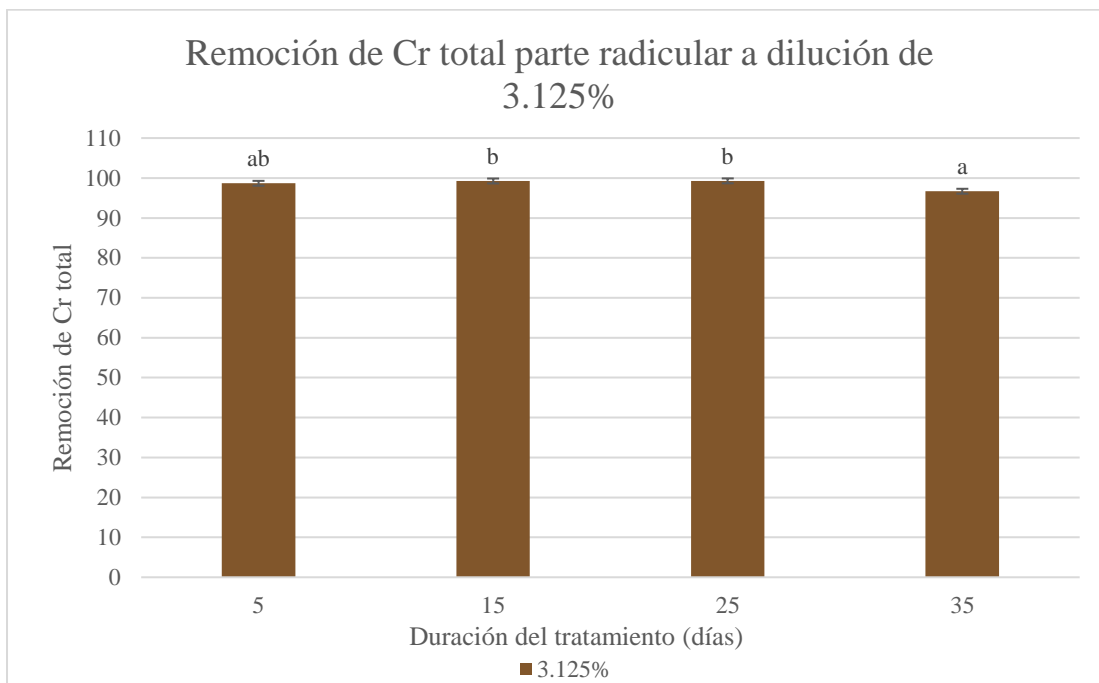
Remoción de Cr total en parte radicular a dilución de 1.563%



La Figura 18 muestra un porcentaje de captación de Cromo del 98% durante los primeros 5 días, para luego disminuir a partir del día 25. Según Garg et al. (2022), el metal pesado disuelto tiende a transportarse junto con el movimiento del agua, hacia la superficie de las raíces, donde se ubica en sitios cargados negativamente en las paredes de las células de las raíces, este metal luego es transportado por proteínas de membrana, las cuales se unen selectivamente a los iones metálicos, que le permitirán cruzar al interior de la raíz. También indican que la tasa de captación del Cromo dependerá de su estado de oxidación.

Figura 20

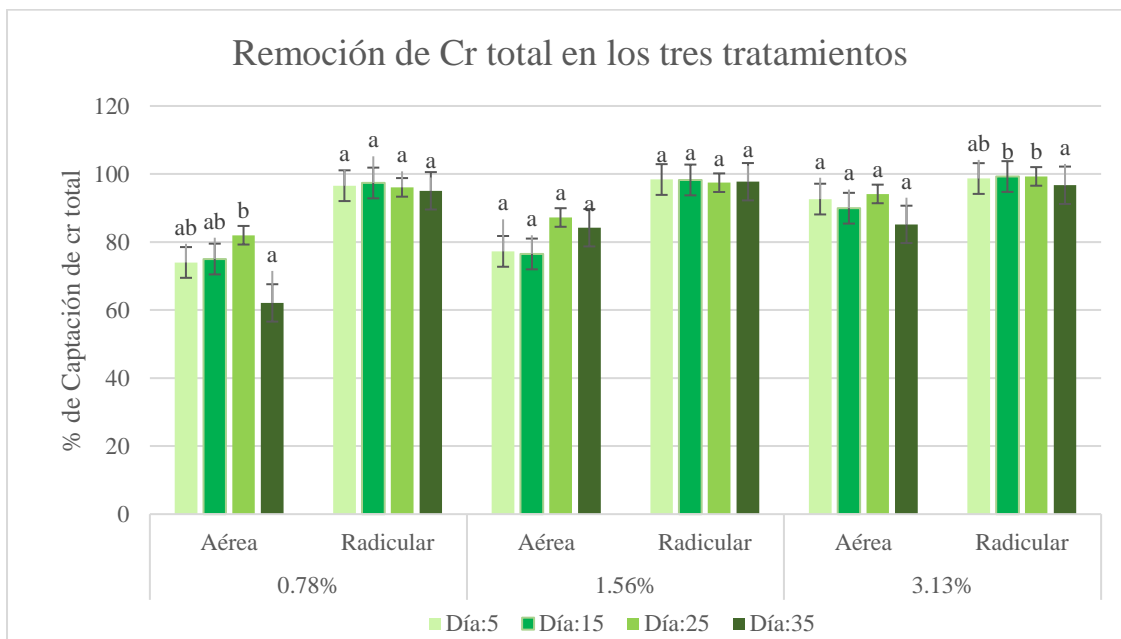
Remoción de Cr total en parte radicular a dilución de 3.125%



La Figura 20 muestra porcentajes altos de captación desde los primeros días de tratamiento, los resultados coinciden con de Souza et al. (2021) que indicaron la mayor concentración de los metales durante las primeras 24 horas en la parte radicular de *E. crassipes*. Además, se observa que no existe una diferencia significativa en los días 15 y 25. Según Saha et al. (2017) la mayor eliminación de Cromo se puede atribuir a las diversas características que presenta *E. crassipes*, al tener un sistema radicular fibroso y denso, hojas anchas y presentar un rápido crecimiento. A continuación, la figura 21 muestra una comparación de la captación del metal en las tres diluciones realizado para ambas segmentaciones de la planta, la parte aérea (hojas, tallos y brotes) y la parte radicular.

Figura 21

Comparación de la remoción de Cr total en parte aérea y radicular.



La Figura 21 muestra que la captación del metal se dispone en un mayor porcentaje en la parte radicular de la planta a comparación de la parte aérea, presentando una captación de 99.29% en la dilución de 3.13% y 94.14% en la parte aérea a los 25 días, los hallazgos se relacionan con lo que indican Saha et al. (2017) que demostraron que el 50-60% de la acumulación total de Cr se presentaba en las raíces, debido a que el mecanismo de translocación está controlado por principalmente dos procesos, los cuales son la presión de la raíz y la transpiración de la hoja. Asimismo, indican que la alta acumulación de Cr en las células de la raíz se debe a la inmovilización del metal en las vacuolas, ya a que los iones metaloides penetran en las plantas por un proceso pasivo, principalmente por el intercambio de cationes que se produce en la pared celular, donde todos los metales pesados son absorbidos por la planta mediante la translocación y liberados por excreción, lo que demostraría la alta concentración del metal en la parte radicular.

CONCLUSIONES

PRIMERO: Se caracterizaron los parámetros del efluente de curtido, se obtuvo como sólidos suspendidos totales 390 mg/L, 19.5 uS/cm de conductividad eléctrica, 4.03 de potencial de hidrógeno. Asimismo, se realizó un análisis de metales pesados donde se halló una elevada concentración de Cromo total inicial de 631.0 mg/L, concluyendo que el potencial de hidrógeno y el Cromo total se encuentra excediendo los Límites Máximos Permisibles (LMP) debido a que no puede exceder los 0.5 mg/L. según el D.S. 010-2023 y los Valores Máximos Admisibles para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, con un valor de 10 mg/L según el D.S.N° 021-2009-VIVIENDA. Por último, el parámetro de sólidos suspendidos totales se encuentra por debajo de los VMA (500 mg/L) pero exceden los LMP (30 mg/L).

SEGUNDO: Se diseñó el sistema de fitorremediación para *Eichhornia crassipes*, para lo cual se halló una mejor adaptación de la especie en solución hidropónica de 10 ml de solución A y 5 ml de solución B durante 15 días. Además de ello, se realizaron ensayos de tolerancia de concentración del efluente en un 25%, 12.5%, 6.25%, 3.13%, 1.56% y 0.78%, encontrando que la especie tolera mejor el metal en un rango de dilución desde el 3.13% hasta el 0.78%.

TERCERO: Se evaluó la capacidad fitorremediadora de *Eichhornia crassipes*, donde se obtuvo un mayor porcentaje de remoción de Cromo total de 95.51% en el día 25 de experimentación a la dilución de 1.56%. Además de ello, se demostró que la planta logra una mayor remoción de Cr total en la parte radicular con 99.29% y 94.14% en la parte aérea ambas a la dilución de 3.13% en los 25 días de experimentación. Asimismo, se halló que el pH alcanzó valores neutros de 6.6, como también se halló una disminución del oxígeno disuelto y un 46% de remoción de sólidos suspendidos totales en la dilución de 0.78%.

RECOMENDACIONES

Realizar una evaluación inicial de la calidad de agua del lugar de recolección de la especie, debido a que se podrá determinar si las especies se encontraban adaptadas a medios contaminados con presencia de metales, ello con el fin de evaluar y mejorar el desempeño de la especie expuesta a otros medios contaminados.

Adaptar a *Eichhornia crassipes* en solución hidropónica durante un tiempo mínimo de 15 días, debido a que se analizó que presentó una mejor resistencia para la posterior introducción del contaminante en la fitorremediación. Además, se recomienda controlar eficazmente la entrada de luz superficial y las pérdidas por evaporación.

Analizar mediciones del porcentaje de remoción de Cr total en el agua en intervalos menores de 5 días, para poder emplear los datos en realizar gráficas de cinéticas de la fitorremediación y en tal sentido, conocer mejor el mecanismo del metal frente a la especie empleada.

Considerando la capacidad de fitorremediación de *E. crassipes*, los tratamientos biológicos como humedales artificiales podrían ser aplicados empleando la especie mencionada, ya que esta tecnología ofrece una alternativa para abordar los desafíos asociados a la gestión de aguas residuales. Además de ello, la especie estudiada podría acoplarse con otras macrófitas para mejorar aún más la efectividad del tratamiento.



REFERENCIAS

- Adesanya, T., Zvomuya, F., & Farenhorst, A. (2021). Phytoextraction of ciprofloxacin and sulfamethoxazole by cattail and switchgrass. *Chemosphere*, 279, 130534. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2021.130534>
- Alberts, M. E., Wong, J., Hindle, R., Degenhardt, D., Krygier, R., Turner, R. J., & Muench, D. G. (2021). Detection of naphthenic acid uptake into root and shoot tissues indicates a direct role for plants in the remediation of oil sands process-affected water. *Science of The Total Environment*, 795, 148857. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.148857>
- Alencar, B. T. B., Ribeiro, V. H. V., Cabral, C. M., dos Santos, N. M. C., Ferreira, E. A., Francino, D. M. T., Santos, J. B. dos, Silva, D. V., & Souza, M. de F. (2020). Use of macrophytes to reduce the contamination of water resources by pesticides. *Ecological Indicators*, 109, 105785. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2019.105785>
- Álvarez, A. M., Guerrón, D. B., & Montero Calderón, C. (2021). Natural zeolite as a chromium VI removal agent in tannery effluents. *Heliyon*, 7(9), e07974. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2021.E07974>
- Al-Solaimani, S. G., Abohassan, R. A., Alamri, D. A., Yang, X., Rinklebe, J., & Shaheen, S. M. (2022). Assessing the risk of toxic metals contamination and phytoremediation potential of mangrove in three coastal sites along the Red Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 176. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113412>
- Amalina, F., Razak, A., Krishnan, S., Zularisam, A. W., & Nasrullah, M. (2022). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for organic contaminants Removal in water – a review. *Journal of*

*Hazardous**Materials**Advances, 7,*100092. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100092>

Ansari, A. A., Naeem, M., Gill, S. S., & AlZuaibr, F. M. (2020). Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(4), 371–376. <https://doi.org/10.1016/J.EJAR.2020.03.002>

APHA, AWWA, W. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. <https://www.standardmethods.org/>

Atia, F. A. M., Al-Ghouti, M. A., Al-Naimi, F., Abu-Dieyeh, M., Ahmed, T., & Al-Meer, S. H. (2019). Removal of toxic pollutants from produced water by phytoremediation: Applications and mechanistic study. *Journal of Water Process Engineering*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100990>

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Autoridad Nacional Del Agua, p. 85. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/20>

AW, X., Z, L., WC, L., & ZH, Y. (2020). The effect of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on arsenic accumulation and the growth of rice plants (*Oryza sativa* L.). *Chemosphere*, 242, 125136. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2019.125136>

Bekeowei, R. A., & Bariweni, P. A. (2022). A study of aquatic macrophyte for remediation of chromium and cadmium in wastewater effluents in Yenagoa Metropolis, Niger Delta. *Journal of Applied and Natural Science*, 14(4), 1465–1470. <https://doi.org/10.31018/jans.v14i4.3808>

- Ben Bakrim, W., Ezzariai, A., Karouach, F., Sobeh, M., Kibret, M., Hafidi, M., Kouisni, L., & Yasri, A. (2022). *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms: A Comprehensive Review of Its Chemical Composition, Traditional Use, and Value-Added Products. *Frontiers in Pharmacology*,13(March), 1–21. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.842511>
- Benítez, R., Calero, V., Peña, E., & Marín, J. (2011). Evaluación de la cinética de la acumulación de Cromo en el Buchón de Agua (*Eichhornia crassipes*). 9, 8. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/781>
- Bronzato, G., Ziegler, S., Silva, R., Cesarino, I., & Leão, A. (2017). Characterization of the pre-treated biomass of *Eichhornia crassipes* (water hyacinth) for the second generation ethanol production. *Molecular Crystals And Liquid Crystals*, 655(1), 224- 235. <https://doi: 10.1080/15421406.2017.1360696>
- Carreño Sayago, F. (2016). Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2), 74. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.52271>
- Carreño Sayago, U., & Granada Torres, C. (2016). Design, Development and Evaluation of a Laboratory-Scale Phytoremediation System Using *Eichhornia Crassipes* for the Treatment. *TECCIENCIA*,12(22), 7-14.<https://doi: 10.18180/tecciencia.2017.22.2>
- China, C. R., Maguta, M. M., Nyandoro, S. S., Hilonga, A., Kanth, S. V., & Njau, K. N. (2020). Alternative tanning technologies and their suitability in curbing environmental pollution from the leather industry: A comprehensive review. *Chemosphere*, 254, 126804. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2020.126804>

- Das, S., & Mazumdar, K. (2016). Phytoremediation potential of a novel fern, *Salvinia cucullata*, Roxb. Ex Bory, to pulp and paper mill effluent: Physiological and anatomical response. *Chemosphere*, 163, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.08.013>
- De Oliveira, L. M., Lessl, J. T., Gress, J., Tisarum, R., Guilherme, L. R. G., & Ma, L. Q. (2015). Chromate and phosphate inhibited each other's uptake and translocation in arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. *Environmental Pollution*, 197, 240–246. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2014.11.009>
- de Souza, D. C., Fontaneli, A. C., Peron, A. P., & Froehner, S. (2021). Physiological Effects of Exposure to Copper and Chromium in Three Floating Aquatic Macrophyte Species. *Water, Air, and Soil Pollution*, 232(1). <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04960-w>
- Dhiman, S., & Mukherjee, G. (2021). Biotechnological approaches towards treatment and recycling of wastewater from tanneries and leather industry. *Microbial Ecology of Wastewater Treatment Plants*, 249–268. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822503-5.00022-9>
- Ebel, M., Evangelou, M. W. H., & Schaeffer, A. (2007). Cyanide phytoremediation by water hyacinths (*Eichhornia crassipes*). *Chemosphere*, 66(5), 816–823. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.06.041>
- Eid, E. M., Shaltout, K. H., Almuqrin, A. H., Aloraini, D. A., Khedher, K. M., Taher, M. A., Alfarhan, A. H., Picó, Y., & Barcelo, D. (2021). Uptake prediction of nine heavy metals by *Eichhornia crassipes* grown in irrigation canals: A biomonitoring approach. *Science of The Total Environment*, 782, 146887. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.146887>

Elkarrach, K., Omor, A., Atia, F., Laidi, O., Benlemlih, M., & Merzouki, M. (2023). Treatment of tannery effluent by adsorption onto fly ash released from thermal power stations: Characterisation, optimization, kinetics, and isotherms. *Heliyon*, 9(1), e12687. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E12687>

Environmental Protection Agency & Resource Conservation, O. (2014). Method 6020B Update V final 11-07-14.docx. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/6020b.pdf>

Environmental Protection Agency & Resource Conservation, O. (2019). Method 7199 determination of hexavalent chromium in drinking water, groundwater and industrial wastewater effluents by ion chromatography- <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/7199.pdf>

Environmental Protection Agency. (2020). SW-846 Test Method 7199: Determination of Hexavalent Chromium in Drinking Water, Groundwater, and Industrial Wastewater Effluents by Ion Chromatography. <https://www.epa.gov/hwsw846/sw-846-test-method-7199-determination-hexavalent-chromium-drinkingwater-groundwater-an>

Farid, M., Sajjad, A., Asam, Z. U. Z., Zubair, M., Rizwan, M., Abbas, M., Farid, S., Ali, S., Alharby, H. F., Alzahrani, Y. M., & Alabdallah, N. M. (2022). Phytoremediation of contaminated industrial wastewater by duckweed (*Lemna minor* L.): Growth and physiological response under acetic acid application. *Chemosphere*, 304, 135262. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2022.135262>

Flores, S. (2017). Determinación de la capacidad fitorremediadora de *Chenopodium Album* (Liccha), en agua sintética contaminada con Arsénico. [Tesis de pregrado, Universidad

Católica de Santa

María].

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_7023a4843105ec29fdeee5b0733114b3

Galan, P., & Matrone, C. B. (1999). Manual para inspectores. Control de efluentes industriales. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. Secretaria de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. <http://www.bibliotecas.unl.edu.ar/vufind/Record/160193.2.f>

García, L. M., Ferreira, F. P., Guillermo, H., Oyamada, K., Ro, S., Galeano, E. F., & Viera, M. R. (2019). Phytoremediation of chrome in tannery effluents using *Eichhornia Crassipes*. <https://doi.org/10.18004/rcfacen.2019.10.1.25>

Garg, A., Yadav, B. K., Das, D. B., & Wood, P. J. (2022). Biomonitoring and Phytoremediation of Cr (VI) Contaminated Water: Study on Bioaccumulation and Morphological Responses in *Eichhornia crassipes* . Journal of Environmental Engineering, 148(12). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ee.1943-7870.0002074](https://doi.org/10.1061/(asce)ee.1943-7870.0002074)

Gusti Wibowo, Y., Tyaz Nugraha, A., & Rohman, A. (2023). Phytoremediation of several wastewater sources using *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* in Indonesia. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 20, 100781. <https://doi.org/10.1016/J.ENMM.2023.100781>

Hanna Instruments. (2020). Manual de instrucciones H198194, HI98195, HI98196. Medidor multiparámetro para pH/mV, ORP, CE, TDS, Resistividad, Salinidad, o Agua de mar, oxígeno disuelto, presión atmosférica y temperatura. https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/support/manual/2020/09/Manual_HI_98194.pdf

- Hansa, A., Devi, A., Upadhyay, M., Gupta, H., Syam, K., Asgari Lajayer, B., & Sharma, R. (2023). Toxicological implications of industrial effluents on plants: a review focusing on phytoremediation techniques. In *International Journal of Environmental Science and Technology*. Institute for Ionics. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-05012-6>
- Hansen, É., de Aquim, P. M., Hansen, A. W., Cardoso, J. K., Ziulkoski, A. L., & Gutterres, M. (2020). Impact of post-tanning chemicals on the pollution load of tannery wastewater. *Journal of Environmental Management*, 269, 110787. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110787>
- Hansen, É., Monteiro de Aquim, P., & Gutterres, M. (2021). Current technologies for post-tanning wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 294, 113003. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.113003>
- Hasan, S. M. M., Akber, M. A., Bahar, M. M., Islam, M. A., Akbor, M. A., Siddique, M.A. B., & Islam, M. A. (2021). Chromium Contamination from tanning Industries and Phytoremediation Potential of Native Plants: A Study of Savar Tannery Industrial Estate in Dhaka, Bangladesh. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 106(6), 1024–1032. <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03262-z>
- Hayyat, M. U., Nawaz, R., Irfan, A., Al-Hussain, S. A., Aziz, M., Siddiq, Z., Ahmad, S., & Zaki, M. E. A. (2023). Evaluating the Phytoremediation Potential of *Eichhornia crassipes* for the Removal of Cr and Li from Synthetic Polluted Water. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph20043512>

- Herrera-Yari, C., Bejarano-Meza, M., Díaz-Galdos, M., Ramos-Quispe, T., & Villalba-Condori, K. (2021). Determination of the parameters for photocatalytic degradation from Chromium hexavalent to Chromium trivalent in a solar parabolic cylindrical concentrator in a simulated sample from tanning. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101299. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2020.101299>
- Hu, H., Li, X., Wu, S., & Yang, C. (2020). Sustainable livestock wastewater treatment via phytoremediation: Current status and future perspectives. *Bioresource Technology*, 315, 123809. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2020.123809>
- Joyia, F. A., Ashraf, M. Y., Shafiq, F., Anwar, S., Nisa, Z. un, Khaliq, B., & Malik, A. (2021). Phytotoxic effects of varying concentrations of leather tannery effluents on cotton and brinjal. *Agricultural Water Management*, 246, 106707. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2020.106707>
- Juyo, B. (2018). Evaluación de la capacidad de fitorremediación de *Rosmarinus officinalis* L. (Romero) en aguas contaminadas con Arsénico. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_9a10ddce6f43c947e87b74fbc7a87fbf
- Kannan, M., Elavarasan, G., Balamurugan, A., Dhanusiya, B., & Freedom, D. (2022). Hydroponic farming – A state of art for the future agriculture. *Materials Today: Proceedings*, 68, 2163–2166. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.08.416>

- Khalid Rehman Hakeem, & Rouf Ahmad Bhat. (2020). Bioremediation and Biotechnology, Vol 4 (R. A. Bhat & K. R. Hakeem, Eds.; Vol. 4). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-48690-7>
- Khan, O., Yadav, A. K., Khan, M. E., & Parvez, M. (2019). Characterization of bioethanol obtained from *Eichhornia Crassipes* plant; its emission and performance analysis on CI engine. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1648600>
- Kumar, L., Khushbu, Chugh, M., & Bharadvaja, N. (2022). Microbial remediation of tannery wastewater. *Development in Wastewater Treatment Research and Processes*, 303–328. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85657-7.00011-0>
- Kumar, V., Umrao, P. D., & Kaistha, S. D. (2022). Beneficial plant microbiome assisted chromium phytoremediation. In *Advances in Microbe-assisted Phytoremediation of Polluted Sites* (pp. 301–346). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823443-3.00018-1>
- Kurade, M. B., Ha, Y. H., Xiong, J. Q., Govindwar, S. P., Jang, M., & Jeon, B. H. (2021). Phytoremediation as a green biotechnology tool for emerging environmental pollution: A step forward towards sustainable rehabilitation of the environment. *Chemical Engineering Journal*, 415, 129040. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2021.129040>
- Lazo, A. (2017). Evaluación de la contaminación ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del Parque Industrial de Rio Seco, Arequipa. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2413>

- Li, Z., Xiao, H., Cheng, S., Zhang, L., Xie, X., & Wu, Z. (2014). A comparison on the phytoremediation ability of triazophos by different macrophytes. *Journal of Environmental Sciences*, 26(2), 315–322. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(13\)60417-9](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(13)60417-9)
- Lozada, E. (2019). Eficiencia de cuatro biomásas de *Eichhornia Crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35906>
- Maiti, S. K., & Kumar, A. (2016). Energy plantations, medicinal and aromatic plants on contaminated soil. In *Bioremediation and Bioeconomy* (pp. 29–47). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802830-8.00002-2>
- Mishra, S., & Bharagava, R. N. (2016). Toxic and genotoxic effects of hexavalent chromium in environment and its bioremediation strategies. *Journal of Environmental Science and Health - Part C Environmental Carcinogenesis and Ecotoxicology Reviews*, 34(1), 1–32. <https://doi.org/10.1080/10590501.2015.1096883>
- Mohanty, M., Pattnaik, M. M., Mishra, A. K., & Patra, H. K. (2023). Phytoefficacy of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laub for aqua-remediation of hexavalent chromium in chromite mine effluent of South Kaliapani, Odisha, India. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25294-0>
- Mojiri, A., Tajuddin, R. M., Ahmad, Z., Ziyang, L., Aziz, H. A., & Amin, N. M. (2018). Chromium(VI) and cadmium removal from aqueous solutions using the BAZLSC/cockle shell constructed wetland system: optimization with RSM. *International Journal of*

Environmental Science and Technology, 15(9), 1949–1956.

<https://doi.org/10.1007/s13762-017-1561-2>

Msemwa, G. G., Ibrahim, M. G., Fujii, M., & Nasr, M. (2022). Phytomanagement of textile wastewater for dual biogas and biochar production: A techno-economic and sustainable approach. *Journal of Environmental Management*, 322, 116097.

<https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2022.116097>

Mukesh, D., & Kumar, A. (2005). *Tannery Effluent 2Nd Edition.Pdf* (pp. 133–143).

<https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7838-4.50013-0>

Mustafa, H. M., & Hayder, G. (2021). Recent studies on applications of aquatic weed plants in phytoremediation of wastewater: A review article. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 355–365. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2020.05.009>

Nash, D. A. H., Abdullah, S. R. S., Hasan, H. A., Idris, M., Othman, A. R., Al-Baldawi, I. A., & Ismail, N. 'Izzati. (2020). Utilisation of an aquatic plant (*Scirpus grossus*) for phytoremediation of real sago mill effluent. *Environmental Technology & Innovation*, 19, 101033. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2020.101033>

OEFA. (2017). Informe N°086-2017-Oefa/De-Sdlb-Ceame. 950

Onofre, G. (2020). Evaluación el Bio-Tratamiento de fluidos residuales de la empresa laboratorio Portugal S.RL. Mediante la "*Eichhornia crassipes*" (Buchón de agua) para la remoción de elementos escotópicos (Cromo, Arsénico y Cadmio) y Materia Orgánica. [Tesis de pregrado].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12083/QUdeongf.pdf>

- Oruko, R. O., Selvarajan, R., Ogola, H. J. O., Edokpayi, J. N., & Odiyo, J. O. (2020). Contemporary and future direction of chromium tanning and management in sub Saharan Africa tanneries. *Process Safety and Environmental Protection*, 133, 369– 386. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2019.11.013>
- P.P, S., & Puthur, J. T. (2021). Heavy Metal Phytoremediation by Bioenergy Plants and Associated Tolerance Mechanisms. *Soil and Sediment Contamination*, 30(3), 253274. <https://doi.org/10.1080/15320383.2020.1849017>
- Panigrahi, J., Pattnaik, P., Mukherjee, A. K., & Dash, S. R. (2022). The predictive model to maintain pH levels in hydroponic systems. *AI, Edge and IoT-Based Smart Agriculture*, 329–343. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823694-9.00025-6>
- Panneerselvam, B., & Priya K, S. (2021). Phytoremediation potential of water hyacinth in heavy metal removal in chromium and lead contaminated water. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/03067319.2021.1901896>
- Parwin, R., & Paul, K. K. (2019). Efficiency of *Eichhornia crassipes* in the treatment of raw kitchen wastewater. *SN Applied Sciences*, 1(4). <https://doi.org/10.1007/S42452-019-0400-0>
- Pin, L. A., Pennink, B. J. W., Balsters, H., & Sianipar, C. P. M. (2021). Technological appropriateness of biomass production in rural settings: Addressing water hyacinths (*E. crassipes*) problem in Lake Tondano, Indonesia. *Technology in Society*, 66, 101658. <https://doi.org/10.1016/J.TECHSOC.2021.101658>

- Pineda, S. (2019). “Evaluación del potencial de fitorremediación de *Isolepis cernua* y *Nasturtium aquaticum* para el tratamiento secundario de efluentes de curtiembre del Parque Industrial Rio Seco – Arequipa”. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9664>
- Poma, V., & Valderrama, A. (2014). Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de Cadmio (II) y Mercurio (II) con la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). In *Rev Soc Quím Perú* (Vol. 80, Issue 3). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000300003&lng=es&nrm=iso
- Prasad, S., Yadav, K. K., Kumar, S., Gupta, N., Cabral-Pinto, M. M. S., Rezanía, S., Radwan, N., & Alam, J. (2021). Chromium contamination and effect on environmental health and its remediation: A sustainable approaches. *Journal of Environmental Management*, 285, 112174. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.112174>
- Rai, P. K. (2019). Heavy metals/metalloids remediation from wastewater using free floating macrophytes of a natural wetland. *Environmental Technology and Innovation*, 15, 100393. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100393>
- Ramírez-Estrada, A., Mena-Cervantes, V. Y., Fuentes-García, J., Vazquez-Arenas, J., Palma-Goyes, R., Flores-Vela, A. I., Vazquez-Medina, R., & Altamirano, R. H. (2018). Cr(III) removal from synthetic and real tanning effluents using an electro-precipitation method. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(1), 1219–1225. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2018.01.038>

- Rani, N., Singh, B., & Shimrah, T. (2017). Chromium (VI) removal from aqueous solutions using *Eichhornia* as an adsorbent. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 7(4), 461– 467. <https://doi.org/10.2166/wrd.2016.094>
- Raza, M., Nosheen, A., Yasmin, H., Naz, R., Usman Shah, S. M., Ambreen, J., & El-Sheikh, M. A. (2023). Application of aquatic plants alone as well as in combination for phytoremediation of household and industrial wastewater. *Journal of King Saud University - Science*, 35(7), 102805. <https://doi.org/10.1016/J.JKSUS.2023.102805>
- Rodríguez-Lara, J. W., Cervantes-Ortiz, F., Arámbula-Villa, G., Mariscal-Amaro, L. A., Aguirre-Mancilla, C. L., & Andrio-Enríquez, E. (2022). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): A review. *Agronomy Mesoamerican*, 33(1). <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.44201>
- Sabreena, Hassan, S., Bhat, S. A., Kumar, V., Ganai, B. A., & Ameen, F. (2022). Phytoremediation of Heavy Metals: An Indispensable Contrivance in Green Remediation Technology. In *Plants* (Vol. 11, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/plants11091255>
- Saha, P., Shinde, O., & Sarkar, S. (2017). Phytoremediation of industrial mines wastewater using water hyacinth. *International Journal of Phytoremediation*, 19(1), 87. <https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1216078>
- Saira, G. C., & Shanthakumar, S. (2023). Zero waste discharge in tannery industries – An achievable reality? A recent review. *Journal of Environmental Management*, 335, 117508. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2023.117508>
- Sampieri, R., Fernández, C., & Lucio, M. (2017). *Metodología de la investigación*. Sexta Edición. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

- Sanmuga Priya, E., & Senthamil Selvan, P. (2017). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)– An efficient and economic adsorbent for textile effluent treatment – A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S3548–S3558.
<https://doi.org/10.1016/J.ARABJC.2014.03.002>
- Saranya, D., & Shanthakumar, S. (2020). An integrated approach for tannery effluent treatment with ozonation and phycoremediation: A feasibility study. *Environmental Research*, 183, 109163. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2020.109163>
- Sarkar, M., Rahman, A. K. M. L., & Bhoumik, N. C. (2017). Remediation of chromium and copper on water hyacinth (*E. crassipes*) shoot powder. *Water Resources and Industry*, 17(March 2015), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2016.12.003>
- Sayago, U. F. C., Castro, Y. P., Rivera, L. R. C., & Mariaca, A. G. (2020). Estimation of equilibrium times and maximum capacity of adsorption of heavy metals by *E. crassipes* (review). *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2).
<https://doi.org/10.1007/s10661-019-8032-9>
- Shaibur, M. R., Tanzia, F. K. S., Nishi, S., Nahar, N., Parvin, S., & Adjadeh, T. A. (2022). Removal of Cr (VI) and Cu (II) from tannery effluent with water hyacinth and arum shoot powders: A study from Jashore, Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 7, 100102. <https://doi.org/10.1016/J.HAZADV.2022.100102>
- Shen, X., Dai, M., Yang, J., Sun, L., Tan, X., Peng, C., Ali, I., & Naz, I. (2021). A critical review on the phytoremediation of heavy metals from environment: Performance and challenges. *Chemosphere*, 132979. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2021.132979>

Sharma, R., Saini, H., Paul, D. R., Chaudhary, S., & Nehra, S. P. (2021). Removal of organic dyes from wastewater using *Eichhornia crassipes*: a potential phytoremediation option. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(6), 7116–7122. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10940-8>

Shekhar Sarker, S., Akter, T., Parveen, S., Tushar Uddin, Md., Kanti Mondal, A., & Asaduzzaman Sujon, S. M. (2023). Microalgae-based green approach for effective chromium removal from tannery effluent: A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 105085. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.105085>

Shukla, A., Yadav, M., Singh, M., & Singh, S. P. (2022). Phytoremediation of heavy metal-containing wastewater. In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering* (pp. 179–195). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-99907-6.00013-x>

Singh, J., Kumar, V., Kumar, P., & Kumar, P. (2022). Kinetics and prediction modeling of heavy metal phytoremediation from glass industry effluent by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(6), 5481–5492. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03433-9>

Standard Methods Committee of the American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation. 5520 oil and grease In: *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. (2017). 10.2105/SMWW.2882.107

Standard Methods Committee of the American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation. 2540 solids In: *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. (2017). 10.2105/SMWW.2882.030

Standard Methods Committee of the American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation. 5210 biochemical oxygen demand (bod) In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. (2017). 10.2105/SMWW.2882.102

Singh, A., Varma, A., Prasad, R., & Porwal, S. (2022). Bioprospecting uncultivable microbial diversity in tannery effluent contaminated soil using shotgun sequencing and bio-reduction of chromium by indigenous chromate reductase genes. *Environmental Research*, 215. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114338>

SMEWW, Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. (2018). Standard Methods. <https://www.standardmethods.org/>

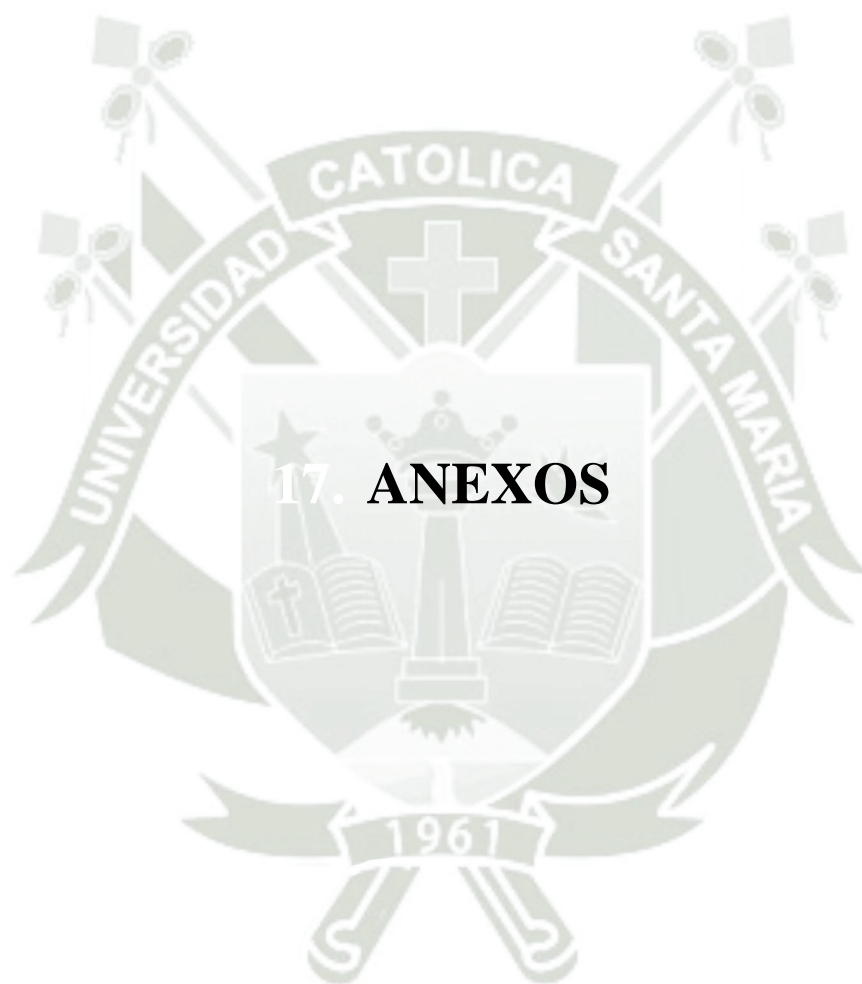
Srivastava, A., Chahar, V., Sharma, V., Swain, K. K., Hoyler, F., Murthy, G. S., Scherer, U. W., Rupp, H., Knolle, F., Maekawa, M., & Schnug, E. (2019b). Study of Toxic Elements in River Water and Wetland Using Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as Pollution Monitor . *Global Challenges*, 3(6), 1800087. <https://doi.org/10.1002/gch2.201800087>

Tabinda, A. B., Irfan, R., Yasar, A., Iqbal, A., & Mahmood, A. (2020). Phytoremediation potential of *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* to remove chromium and copper. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 41(12), 1514–1519. <https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1540662>

Tan, H. W., Pang, Y. L., Lim, S., & Chong, W. C. (2023). A state-of-the-art of phytoremediation approach for sustainable management of heavy metals recovery. *Environmental Technology and Innovation*, 30. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103043>

- Tasca, A., & Puccini, M. (2019). Leather tanning: Life cycle assessment of retanning, fatliquoring and dyeing. *Journal Of Cleaner Production*, 226, 720-729. [https://doi: 10.1016/j.jclepro.2019.03.335](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.335)
- Tejada, K. (2022). Ecotoxicidad aguda y riesgo ambiental del agua residual del proceso completo de curtido de pieles empleando bioindicadores acuáticos. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de San Agustín]. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14387>
- Ulaganathan, A., Robinson, J. S., Rajendran, S., Geevaretnam, J., Shanmugam, S., Natarajan, A., Abdulrahman I, A., & Karthikeyan, P. (2022). Potentially toxic elements contamination and its removal by aquatic weeds in the riverine system: A comparative approach. *Environmental Research*, 206. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112613>
- Xiao, H., Peng, S., Liu, X., Jia, J., & Wang, H. (2021). Phytoremediation of nutrients and organic carbon from contaminated water by aquatic macrophytes and the physiological response. *Environmental Technology and Innovation*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101295>
- Yadav, P., Yadav, A., Srivastava, J. K., & Raj, A. (2021). Reduction of pollution load of tannery effluent by cell immobilization approach using *Ochrobactrum intermedium*. *Journal of Water Process Engineering*, 41, 102059. <https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2021.102059>
- Yan, L., Le, Q. Van, Sonne, C., Yang, Y., Yang, H., Gu, H., Ma, N. L., Lam, S. S., & Peng, W. (2021). Phytoremediation of radionuclides in soil, sediments and water. *Journal of Hazardous Materials*, 407, 124771. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2020.124771>
- Yang, Y., Ma, H., Chen, X., Zhu, C., & Li, X. (2020). Effect of incineration temperature on chromium speciation in real chromium-rich tannery sludge under air atmosphere. *Environmental Research*, 183, 109159. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2020.109159>

- Younas, F., Niazi, N. K., Bibi, I., Afzal, M., Hussain, K., Shahid, M., Aslam, Z., Bashir, S., Hussain, M. M., & Bundschuh, J. (2022). Constructed wetlands as a sustainable technology for wastewater treatment with emphasis on chromium-rich tannery wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 422, 126926. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2021.126926>
- Zapana, J. S. P., Arán, D. S., Bocardo, E. F., & Harguinteguy, C. A. (2020). Treatment of tannery wastewater in a pilot scale hybrid constructed wetland system in Arequipa, Peru. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(11), 4419–4430. <https://doi.org/10.1007/S13762-020-02797-8/METRICS>
- Zhou, Y. Q., Li, S. Y., Shi, Y. D., Lv, W., Shen, T. B., Huang, Q. L., Li, Y. K., & Wu, Z. L. (2013). Phytoremediation of Chromium and Lead Using Water Lettuce *Pistia stratiotes* L.). *Applied Mechanics and Materials*, 401–403, 2071–2075. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.401-403.2071>



17. ANEXOS

Anexo I: Cuadros Estadísticos

Evaluación de la calidad de remoción de Cromo total en el agua

a) Pruebas estadísticas a los 5 días de experimentación

Tabla 26.

Pruebas de normalidad para % remoción de Cr total en agua a los 5 días.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.878427	0.148649

La **Tabla 26**, muestra que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que % de remoción proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Tabla 27.

Verificación de varianza Leve para % remoción de Cr total en agua a los 5 días.

	Prueba	Valor-P
Levene	0.935601	0.442925

La **Tabla 27**, muestra que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 28.

Prueba de Kruskal-Wallis para % remoción de Cr total en agua a los 5 días.

Dilución	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0.78	3	5.66667
1.56	3	7.33333

3.13	3	2.0
Estadístico = 5.95556 Valor-P = 0.0509058		

En la **Tabla 28**, se observa que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 29.

Análisis de varianza para el % de remoción de Cr total en agua a los 5 días.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	758.49	2	379.245	15.08	0.0046
Intra grupos	150.911	6	25.1519		
Total (Corr.)	909.402	8			

La **Tabla 29**, muestra el Análisis de varianza para la remoción de Cr total en agua a los 5 días, identificando que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

b) Pruebas estadísticas a los 15 días de experimentación

Tabla 30.

Pruebas de normalidad para % remoción de cr total en agua a los 15 días.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.897185	0.232079

La **Tabla 30**, muestra que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que % de remoción proviene de una distribución

normal con 95% de confianza.

Tabla 31.

Verificación de varianza Levene para % remoción de Cr total en agua a los 15 días.

	Prueba	Valor-P
Levene	2.49466	0.162758

La **Tabla 31**, muestra que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 32.

Prueba de Kruskal-Wallis para % remoción de Cr total en agua a los 15 días.

Dilución	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0.78	3	4.0
1.56	3	8.0
3.13	3	3.0

Estadístico = 5.6 Valor-P = 0.0608101

En la **Tabla 32**, se observa que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 33.

Análisis de varianza para el % de remoción de Cr total en agua a los 15 días.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	315.394	2	157.697	3.48	0.0993
Intra grupos	272.069	6	45.3448		
Total (Corr.)	587.463	8			

La **Tabla 33**, muestra el Análisis de varianza para la remoción de Cr total en agua a los 15 días, identificando que el valor-P de la prueba-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

c) Pruebas estadísticas a los 25 días de experimentación

Tabla 34.

Pruebas de normalidad para % remoción de Cr total en agua a los 25 días.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.789216	0.0159123

La **Tabla 34**, muestra que el valor-P más pequeño de las pruebas es menor a 0.05, se puede rechazar la idea de que % de remoción proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Tabla 35.

Verificación de varianza Levene para % remoción de Cr total en agua a los 25 días.

Prueba	Valor-P
Levene	0.569243

La **Tabla 35**, muestra que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 36.

Prueba de Kruskal-Wallis para % remoción de Cr total en agua a los 25 días.

Dilución	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0.78	3	6.0
1.56	3	7.0
3.13	3	2.0

Estadístico = 5.6 Valor-P = 0.0608101

En la **Tabla 36**, se observa que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 37.

Análisis de varianza para el % de remoción de Cr total en agua a los 25 días.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1678.65	2	839.323	30.25	0.0007
Intra grupos	166.471	6	27.7451		
Total (Corr.)	1845.12	8			

La **Tabla 37**, muestra el Análisis de varianza para la remoción de Cr total en agua a los 25 días, identificando que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

d) Pruebas estadísticas a los 35 días de experimentación

Tabla 38.

Pruebas de normalidad para % remoción de Cr total en agua a los 35 días.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.834935	0.0505868

La **Tabla 38**, muestra que el valor-P más pequeño de las pruebas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que % de remoción proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Tabla 39.

Verificación de varianza Levene para % remoción de Cr total en agua a los 35 días.

	Prueba	Valor-P
Levene	0.796769	0.493311

La **Tabla 39**, muestra que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 40.

Prueba de Kruskal-Wallis para % remoción de Cr total en agua a los 35 días.

Dilución	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0.78	3	2.0
1.56	3	7.0
3.13	3	6.0

Estadístico = 5.6 Valor-P = 0.0608101

En la **Tabla 40**, se observa que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 41.

Análisis de varianza para el % de remoción de Cr total en agua a los 35 días.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	357.408	2	178.704	31.20	0.0007
Intra grupos	34.3652	6	5.72753		
Total (Corr.)	391.773	8			

La **Tabla 41**, muestra el Análisis de varianza para la remoción de Cr total en agua a los 25 días, identificando que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

Evaluación de la remoción de Cromo total en la parte aérea de la planta

a) Pruebas estadísticas a los 5 días de experimentación

Tabla 42.

Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte aérea a los 5 días.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.846493	0.0676154

La **Tabla 42**, muestra que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que % de captación proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Tabla 43.

Verificación de varianza Leve para % captación de Cr total en parte aérea a los 5 días.

	Prueba	Valor-P
Levene	0.645923	0.55711

La **Tabla 43**, muestra que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 44.

Prueba de Kruskal-Wallis para % captación de Cr total en parte aérea a los 5 días.

Dilución	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0.78	3	3.0
1.56	3	4.0
3.13	3	8.0

Estadístico = 5.6 Valor-P = 0.0608101

En la **Tabla 44**, se observa que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 45.

Análisis de varianza para el % de captación de Cr total en parte aérea a los 5 días.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	594.168	2	297.084	13.42	0.0061
Intra grupos	132.853	6	22.1421		
Total (Corr.)	727.021	8			

La **Tabla 45**, muestra el Análisis de varianza para la captación de Cr total en parte aérea a

los 5 días, identificando que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

b) Pruebas estadísticas a los 15 días de experimentación

Tabla 46.

Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte aérea a los 15 días.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.978185	0.950447

La **Tabla 46**, muestra que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que % de captación proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Tabla 47.

Verificación de varianza Levene para % captación de Cr total en parte aérea a los 15 días.

	Prueba	Valor-P
Levene	0.30096	0.750659

La **Tabla 47**, muestra que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 48.

Prueba de Kruskal-Wallis para % captación de Cr total en parte aérea a los 15 días.

Dilución	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0.78	3	3.33333
1.56	3	4.0
3.13	3	7.66667

Estadístico = 4.35556 Valor-P = 0.113293

En la **Tabla 48**, se observa que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 49.

Análisis de varianza para el % de captación de Cr total en parte aérea a los 15 días.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	406.167	2	203.083	2.97	0.1268
Intra grupos	410.15	6	68.3584		
Total (Corr.)	816.317	8			

La **Tabla 49**, muestra el Análisis de varianza para la captación de Cr total en parte aérea a los 15 días, identificando que el valor-P de la prueba-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

c) Pruebas estadísticas a los 25 días de experimentación

Tabla 50.

Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte aérea a los 25 días.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.921891	0.402183

La **Tabla 50**, muestra que el valor-P más pequeño de las pruebas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que % de captación de Cr total proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Tabla 51.

Verificación de varianza Levene para % captación de Cr total en parte aérea a los 25 días.

	Prueba	Valor-P
Levene	0.217945	0.810267

La **Tabla 51**, muestra que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 52.

Prueba de Kruskal-Wallis para % remoción de Cr total en parte aérea a los 25 días.

Dilución	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0.78	3	3.33333
1.56	3	4.66667
3.13	3	7.0

Estadístico = 2.75556 Valor-P = 0.252138

En la **Tabla 52**, se observa que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 53.

Análisis de varianza para el % de captación de Cr total en parte aérea a los 25 días.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	222.526	2	111.263	1.96	0.2213
Intra grupos	340.671	6	56.7785		
Total (Corr.)	563.197	8			

La **Tabla 53**, muestra el Análisis de varianza para la captación de Cr total en parte aérea a los 25 días, identificando que el valor-P de la prueba-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

d) Pruebas estadísticas a los 35 días de experimentación

Tabla 54.

Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte aérea a los 35 días.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.952329	0.709279

La **Tabla 54**, muestra que el valor-P más pequeño de las pruebas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que % de captación proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Tabla 55.

Verificación de varianza Levene para % captación de Cr total en parte aérea a los 35 días.

	Prueba	Valor-P
Levene	0.521713	0.618161

La **Tabla 55**, muestra que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia

estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 56.

Prueba de Kruskal-Wallis para % captación de Cr total en parte aérea a los 35 días.

Dilución	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0.78	3	2.0
1.56	3	6.66667
3.13	3	6.33333

Estadístico = 5.42222 Valor-P = 0.0664629

En la **Tabla 56**, se observa que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 57.

Análisis de varianza para el % de remoción de Cr total en agua a los 35 días.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1022.7	2	511.349	6.12	0.0355
Intra grupos	500.946	6	83.491		
Total (Corr.)	1523.64	8			

La **Tabla 57**, muestra el Análisis de varianza para la captación de Cr total en parte aérea a los 25 días, identificando que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

Evaluación de la remoción de Cromo total en la parte radicular de la planta

a) Pruebas estadísticas a los 5 días de experimentación

Tabla 58.

Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte radicular a los 5 días.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.804795	0.0236133

La **Tabla 58**, muestra que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0.05, se puede rechazar la idea de que % de Remoción proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Tabla 59.

Verificación de varianza Leve para % captación de Cr total en parte radicular a los 5 días.

	Prueba	Valor-P
Levene	1.57779	0.281447

La **Tabla 59**, muestra que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 60.

Prueba de Kruskal-Wallis para % captación de Cr total en parte radicular a los 5 días.

Dilución	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0.78	3	3.0
1.56	3	4.0
3.13	3	8.0

Estadístico = 5.6 Valor-P = 0.0608101

En la **Tabla 60**, se observa que el valor-P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 61.

Análisis de varianza para el % de captación de Cr total en parte radicular a los 5 días.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7.85882	2	3.92941	13.57	0.0059
Intra grupos	1.7378	6	0.289633		
Total (Corr.)	9.59662	8			

La **Tabla 61**, muestra el Análisis de varianza para la captación de Cr total en parte radicular a los 5 días, identificando que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

a) Pruebas estadísticas a los 15 días de experimentación

Tabla 62.

Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte radicular a los 15 días.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.905717	0.282263

La **Tabla 62**, muestra que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que % de captación proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Tabla 63. *Verificación de varianza Levene para % captación de Cr total en parte aérea a los 15*

días.

	Prueba	Valor-P
Levene	2.00682	0.215119

La **Tabla 63**, muestra que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 64.

Prueba de Kruskal-Wallis para % captación de Cr total en parte radicular a los 15 días.

Dilución	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0.78	3	3.0
1.56	3	4.0
3.13	3	8.0

Estadístico = 5.6 Valor-P = 0.0608101

En la **Tabla 64**, se observa que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 65.

Análisis de varianza para el % de captación de Cr total en parte radicular a los 15 días.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5.44082	2	2.72041	8.22	0.0191
Intra grupos	1.98647	6	0.331078		
Total (Corr.)	7.42729	8			

La **Tabla 65**, muestra el Análisis de varianza para la captación de Cr total en parte radicular a los 15 días, identificando que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia

estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

b) Pruebas estadísticas a los 25 días de experimentación

Tabla 66.

Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte radicular a los 25 días.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.88061	0.156691

La **Tabla 66**, muestra que el valor-P más pequeño de las pruebas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que % de captación de Cr total proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Tabla 67.

Verificación de varianza Levene para % captación de Cr total en parte radicular a los 25 días.

	Prueba	Valor-P
Levene	0.781151	0.499449

La **Tabla 67**, muestra que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 68.

Prueba de Kruskal-Wallis para % remoción de Cr total en parte radicular a los 25 días.

Dilución	Tamaño Muestra	Rango Promedio
-----------------	-----------------------	-----------------------

0.78	3	2.66667
1.56	3	4.33333
3.13	3	8.0

Estadístico = 5.95556 Valor-P = 0.0509058

En la **Tabla 68**, se observa que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 69.

Análisis de varianza para el % de captación de Cr total en parte radicular a los 25 días.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	222.526	2	111.263	1.96	0.2213
Intra grupos	340.671	6	56.7785		
Total (Corr.)	563.197	8			

La **Tabla 69**, muestra el Análisis de varianza para la captación de Cr total en parte radicular a los 25 días, identificando que el valor-P de la prueba-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

c) Pruebas estadísticas a los 35 días de experimentación

Tabla 70. *Pruebas de normalidad para % captación de Cr total en parte radicular a los 35 días.*

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.934445	0.518329

La **Tabla 70**, muestra que el valor-P más pequeño de las pruebas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de qué % de captación proviene de una distribución normal con 95%

de confianza.

Tabla 71.

Verificación de varianza Levene para % captación de Cr total en parte radicular a los 35 días.

	Prueba	Valor-P
Levene	0.413961	0.67856

La **Tabla 71**, muestra que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 72.

Prueba de Kruskal-Wallis para % captación de Cr total en parte radicular a los 35 días.

Dilución	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0.78	3	2.66667
1.56	3	7.33333
3.13	3	5.0

Estadístico = 4.35556 Valor-P = 0.113293

En la **Tabla 72**, se observa que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 73.

Análisis de varianza para el % de remoción de Cr total en radicular a los 35 días.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	10.8844	2	5.44221	2.91	0.1306
Intra grupos	11.2114	6	1.86857		
Total (Corr.)	22.0958	8			

La Tabla **73**, muestra el Análisis de varianza para la captación de Cr total en parte radicular a los 35 días, identificando que el valor-P de la prueba-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.



Anexo II: Marco legal aplicable

Tabla 74.

Valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales No domésticas

PARÁMETROS	UNIDAD	VMA
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	1000
Solidos Suspendidos Totales	mg/l	500
Aceites y Grasas	mg/l	100
Cromo hexavalente	mg/l	0.5
Cromo total	mg/l	10
Sulfatos	mg/l	500
Sulfuros	mg/l	5
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	80
pH		6-9
Temperatura		< 35

Nota: Adaptado de D.S.N° 021-2009-VIVIENDA

Tabla 75.

Límites máximos permisibles en el sector curtiembre

PARÁMETROS	UNIDADES DE MEDIDA	LMP
pH		6-9
Temperatura	°C	<35
Solidos Suspendidos Totales	mg/l	30
Aceites y Grasas	mg/l	10
DBO5	mg/l	30
DQO	mg/l	50
Sulfuros	mg/l	0.5
Cromo VI	mg/l	0.1
Cromo Total	mg/l	0.5
N-NH4	mg/l	10
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1000

Nota: Adaptado de D.S.N° 010-2023-PRODUCE

Anexo III: Fotografías

Figura 22.

Recolección de la muestra del botal de curtido.



Figura 23.

Toma de muestra por parámetro en el monitoreo de agua



Figura 24.

Lugar y recolección de Eichhornia crassipes



Figura 25.

Ensayos de tolerancia a la concentración del efluente (25%, 12.5% y 6.25%).



Figura 26.

Ensayos de tolerancia a la concentración del efluente (6.25%, 3.13%, 1.56% y 0.78%).



Figura 27.

Sistema de fitorremediación final a la concentración (3.13%, 1.56% y 0.78%).



Figura 28.

Evaluación de calidad de agua con multiparámetro y recolección de muestras



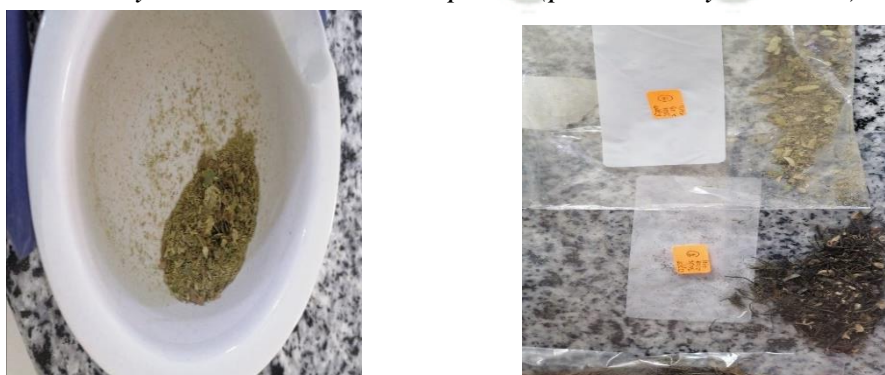
Figura 29.

Segmentación y secado de la planta (aérea y radicular).



Figura 30.

Molienda y almacenamiento de la planta (parte aérea y radicular).



Anexo IV: Determinación de la especie en laboratorio especializado



INSTITUTO CIENTÍFICO MICHAEL OWEN DILLON (IMOD)

Investigación, Conservación, Educación y Transformación de Recursos

Reconocido por Resolución de Dirección General Nro. 140-2016-SERFOR/DGGSPFFS



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN DE MUESTRAS N° 001-2022

El Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD).

HACE CONSTAR:

Que la muestra presentada por la Srta. **Stefani Camila Gonzáles León**, estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica de Santa María, recolectada en el distrito de Mejía, provincia de Islay, departamento de Arequipa con coordenadas de 17°07'16.4"S 71°53'21.9"W, y fue determinada taxonómicamente en las instalaciones del Herbario del Instituto Científico Michael Owen Dillon, "Herbario Sur Peruano" (HSP), y corresponde a:

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Commelinales Mirb. ex Bercht. & J. Presl

Familia: Pontederiaceae Kunth

Género: *Eichhornia* Kunth

Especie: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

La clasificación se ha realizado según la propuesta por: *Angiosperm Phylogeny Group (APG) IV* en "An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV" (2016).

Se expide la presente, a solicitud de las interesadas, para los fines que estimen conveniente.

Arequipa, 31 de enero del 2022



Dr. Blgo. Víctor Quipuscoa Silvestre
C. B. P. N° 2484

Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD)
Herbario Sur Peruano (HSP)
vquipuscoas@hotmail.com
vquipuscoa@imod.org.pe



Dirección: Av. Jorge Chávez No. 610 Cercado, Arequipa - Perú

Página web: <http://www.imod.org.pe/>

Correo: imod.per@gmail.com

Anexo V: Resultados de laboratorios acreditados ante el INACAL



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 01

INFORME DE ENSAYO: 22415/2021


UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

- Nro. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) Arequipa Arequipa Arequipa

**"PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE BIOMASA DE
EICHHORNIA CRASSIPES (JACINTO DE AGUA) APLICADO EN LA
FITOREMEDIACIÓN DE CROMO TOTAL EN AGUAS RESIDUALES
DE UNA INDUSTRIA CURTIDORA"**

Emitido por: Doris Quicara Choquepiunta

Fecha de Emisión: 12/05/2021


Doris Quicara Choquepiunta
CQP: 790
Personal Signatario - Químico

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 4

Revisión: 11
Fecha de Revisión: 24/09/2020

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-029



Registro N°LE - 029

FDT 001 - 02

INFORME DE ENSAYO: 22415/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 11

Parámetro	Ref. Mé.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (+/-)
001 DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE							
Conductividad*	2206	26/04/2021	uS/cm	---	---	19,5	---
pH*	2209	26/04/2021	Unidades pH	---	---	4,03	---
Temperatura de la Muestra*	2210	26/04/2021	°C	---	---	19,2	---
003 ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS							
Cromo Hexavalente*	18590	01/05/2021	mg/L	0,0009	0,0054	0,0683	7,0E-3
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	1828	24/04/2021	mg/L	2	5	1790	NE
Demanda Química de Oxígeno	12336	30/04/2021	mg O2/L	2	5	8823	1054
Sólidos Suspendidos Totales	20513	26/04/2021	mg/L	3	5	390	14,89
Sulfuros	11652	28/04/2021	mg/L	0,0010	0,0020	< 0,0010	NE
005 ENSAYOS POR CROMATOGRFÍA							
Acetates y Grasas	12261	02/05/2021	mg/L	1,0	5,0	152,7	4,3E+0
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Totales por ICP MS							
Plata (Ag)	20237	27/04/2021	mg/L	0,00008	0,00030	0,00039	3,1E-4
Aluminio (Al)	20237	27/04/2021	mg/L	0,003	0,011	10,11	6,8E-1
Arsénico (As)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0001	0,0006	0,1414	7,2E-3
Boro (B)	20237	27/04/2021	mg/L	0,003	0,012	19,34	7,4E-1
Bario (Ba)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0006	0,0014	0,2230	1,3E-2
Berilio (Be)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0002	0,0004	0,0018	5,8E-4
Bismuto (Bi)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0002	0,0004	< 0,0002	NE
Calcio (Ca)	20237	27/04/2021	mg/L	0,10	0,25	731,9	2,7E+1
Cadmio (Cd)	20237	27/04/2021	mg/L	0,00010	0,00025	0,00186	3,4E-4
Cobalto (Co)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0002	0,0004	0,0256	1,5E-3
Cromo (Cr)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0007	0,0012	631,0	NE
Cobre (Cu)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0003	0,0009	2,044	9,6E-2
Hierro (Fe)	20237	27/04/2021	mg/L	0,016	0,048	11,49	7,3E-1
Mercurio (Hg)	20237	27/04/2021	mg/L	0,00005	0,00010	0,00122	1,6E-4
Potasio (K)	20237	27/04/2021	mg/L	0,02	0,05	355,5	1,5E+1
Litio (Li)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0007	0,0013	1,432	1,1E-1
Magnesio (Mg)	20237	27/04/2021	mg/L	0,002	0,012	908,5	3,3E+1
Manganeso (Mn)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0002	0,0005	11,19	4,2E-1
Molibdeno (Mo)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0002	0,0004	0,0201	2,8E-3
Sodio (Na)	20237	27/04/2021	mg/L	0,01	0,02	12504	4,0E+2
Níquel (Ni)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0002	0,0004	0,0996	6,1E-3
Fósforo (P)	20237	27/04/2021	mg/L	0,05	0,13	45,51	2,6E+0
Plomo (Pb)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0002	0,0004	0,1891	8,9E-3
Antimonio (Sb)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0002	0,0004	0,0048	6,4E-4
Selenio (Se)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0006	0,0014	0,0030	1,5E-3
Silicio (Si)	20237	27/04/2021	mg/L	0,10	0,39	30,20	1,8E+0
Estaño (Sn)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0002	0,0005	0,0151	1,4E-3
Estroncio (Sr)	20237	27/04/2021	mg/L	0,00020	0,00049	6,532	3,1E-1

Pág. 2 de 4

Revisión: 11
Fecha de Revisión: 24/09/2020

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-029



Registro N°LE - 029

FDT 001 - 02

INFORME DE ENSAYO: 22415/2021

N° ALS LS						206663/2021-1.0	
Fecha de Muestreo						23/04/2021	
Hora de Muestreo						08:57:00	
Tipo de Muestra						Agua Residual Industrial	
Identificación						C1	
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (+/-)
Titanio (Ti)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0005	0,0013	0,0679	5,8E-3
Talio (Tl)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0002	0,0004	< 0,0002	NE
Uranio (U)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0002	0,0004	0,0005	4,1E-4
Vanadio (V)	20237	27/04/2021	mg/L	0,0002	0,0004	0,4120	2,2E-2
Zinc (Zn)	20237	27/04/2021	mg/L	0,008	0,020	3,246	2,0E-1

Observaciones

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Los resultados que se encuentren por debajo del Límite de Cuantificación, no aplican para comparativos de consistencia.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Perú S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No Aplica para datos proporcionados por el cliente.
- Ref. Mét.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- En relación a la estimación de incertidumbre
 - +/-: Símbolo que denota la definición del intervalo de confianza en el cual se encuentra inmerso el valor reportado.
 - Valores de incertidumbre altos respecto al valor reportado, se dan para concentraciones cuyo orden de magnitud es próximo al límite de cuantificación.
 - El valor de estimación de la Incertidumbre indicado en las muestras del presente informe, corresponden solo a la etapa del análisis.
 - Si el valor de incertidumbre es expresado como:
 - NE = No estimable, para concentraciones menores al límite de cuantificación/mayores al rango máximo de trabajo, en los cuales no se puede asegurar la exactitud.
 - = No cuenta con incertidumbre de la medición, por ser analizados por un laboratorio tercero y/o datos proporcionados por el cliente.

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
C1	Cliente	Agua Residual Industrial	23/04/2021	23/04/2021	8190430.94N 223293.41E	19K	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
12261	LME	Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed.2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
18590	LME	Cromo Hexavalente*	EPA 7199, Revisión 0 December 1996. (Validado, 2019)	Determination of Hexavalent Chromium in Drinking Water, Groundwater and Industrial Wastewater Effluents by Ion Chromatography.
1828	AQP	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 Days BOD Test
12336	LME	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method

Pág. 3 de 4

Revisión: 11
Fecha de Revisión: 24/09/2020

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-029



Registro N°LE - 029

FDT 001 - 02

INFORME DE ENSAYO: 22415/2021

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
20237	LME	Metales Totales por ICP MS	EPA Method 6020B Rev. 2 July (2014) (Validado Modificado, 2018)	Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry
20513	AQP	Sólidos Suspendedos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed, 2017. (Validado).	Solids: Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
11652	LME	Sulfuros (Skalar)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 S2-E 23rd. Ed (Validado, 2019)	Sulfide Gas Dialysis, Automated Methylene Blue Method

CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 22415/2021, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web www.alsglobal.com e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
C1	206663/2021-1.0	mlnquts&2366602

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

COMENTARIOS

AQP: Av. Dolores 167 - Jose Luis Bustamante y Rivero - Arequipa.

LME: Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency.

"SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

"ASTM": American Society for Testing and Materials.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS LS Perú S.A.C., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS LS Perú S.A.C.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

ALS LS Perú S.A.C. deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente.

Si ALS LS Perú S.A.C. no realizó el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal como se recibió.

Pág. 4 de 4

Revisión: 11
Fecha de Revisión: 24/09/2020

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com



INFORME DE ENSAYOS N° 6336 - 2022

PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 0
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido ligeramente turbio.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Muestras en condiciones de laboratorio. El agua fue diluida en un efluente de curtido con agua destilada para fitorremediación
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 100 mL c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.9°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.



INFORME DE ENSAYOS N° 6336- 2022
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 0 C1 - 1A / Fecha y hora de muestreo: 19-10-2022 10:15	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	7.39	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 0 C1 - 2B / Fecha y hora de muestreo: 19-10-2022 10:15	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	7.62	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 0 C2 - 1A / Fecha y hora de muestreo: 14-10-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	27.74	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 0 C2 - 1B / Fecha y hora de muestreo: 14-10-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	28.56	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 0 C3 - 1A / Fecha y hora de muestreo: 27-10-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	29.02	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 0 C3 - 1B / Fecha y hora de muestreo: 27-10-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	31.05	mg/L

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 2 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS Nº 6336- 2022
PÁGINA 3 DE 3

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022



Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 6337- 2022

PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 5
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido ligeramente turbio.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Muestras en condiciones de laboratorio. El agua fue diluida en un efluente de curtido con agua destilada para fitorremediación.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 100 mL c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.9°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.



INFORME DE ENSAYOS N° 6337- 2022
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 5 C1 - 2A / Fecha y hora de muestreo: 26-10-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1.46	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 5 C1 - 2B / Fecha y hora de muestreo: 26-10-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	0.90	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 5 C2 - 2A / Fecha y hora de muestreo: 19-10-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	2.75	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 5 C2 - 2B / Fecha y hora de muestreo: 19-10-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	4.22	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 5 C3 - 2A / Fecha y hora de muestreo: 02-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	11.80	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 5 C3 - 2B / Fecha y hora de muestreo: 02-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	8.13	mg/L



INFORME DE ENSAYOS N° 6337- 2022
PÁGINA 3 DE 3

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022



Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



INFORME DE ENSAYOS N° 6338- 2022
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 15
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido ligeramente turbio.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Muestras en condiciones de laboratorio. El agua fue diluida en un efluente de curtido con agua destilada para fitorremediación
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 100 mL c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.9°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.



INFORME DE ENSAYOS N° 6338- 2022
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 15 C1 - 3A / Fecha y hora de muestreo: 07-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1.29	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 15 C1 - 3B / Fecha y hora de muestreo: 07-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1.02	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 15 C2 - 3A / Fecha y hora de muestreo: 27-10-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	2.59	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 15 C2 - 3B / Fecha y hora de muestreo: 27-10-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1.59	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 15 C3 - 3A / Fecha y hora de muestreo: 11-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	3.13	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 15 C3 - 3B / Fecha y hora de muestreo: 11-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	10.36	mg/L



INFORME DE ENSAYOS Nº 6338- 2022
PÁGINA 3 DE 3

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed, 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022

Bigo/Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG Página 2 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 6339- 2022
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 25
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido ligeramente turbio.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Muestras en condiciones de laboratorio. El agua fue diluida en un efluente de curtido con agua destilada para fitorremediación.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 100 mL c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.9°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.



INFORME DE ENSAYOS N° 6339- 2022
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 25 C1 - 4A / Fecha y hora de muestreo: 17-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1.33	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 25 C1 - 4B / Fecha y hora de muestreo: 17-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	0.29	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 25 C2 - 4A / Fecha y hora de muestreo: 07-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1.55	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 25 C2 - 4B / Fecha y hora de muestreo: 07-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1.20	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 25 C3 - 4A / Fecha y hora de muestreo: 21-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	11.55	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 25 C3 - 4B / Fecha y hora de muestreo: 21-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	9.69	mg/L



INFORME DE ENSAYOS N° 6339- 2022
PÁGINA 3 DE 3

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022



Miguel Valdivia Martínez
Bigo Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



INFORME DE ENSAYOS N° 6340-2022
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 35
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido ligeramente turbio.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Muestras en condiciones de laboratorio. El agua fue diluida en un efluente de curtido con agua destilada para fitorremediación.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 100 mL c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.ºC.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 6340- 2022
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 35 C1 - 5A / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1.70	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 35 C1 - 5B / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1.44	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 35 C2 - 5A / Fecha y hora de muestreo: 17-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1.41	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 35 C2 - 5B / Fecha y hora de muestreo: 17-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1.68	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 35 C3 - 5A / Fecha y hora de muestreo: 01-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	2.68	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL - TRATAMIENTO DÍA 35 C3 - 5B / Fecha y hora de muestreo: 01-11-2022 10:30	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1.21	mg/L

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 2 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 6340- 2022

PÁGINA 3 DE 3

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022.

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022



Blgd. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 6357- 2022
PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - DÍA 0
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Hojas molidas color marrón claro.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Las hojas fueron molidas en el laboratorio.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 8 g c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa PET transparente con cierre hermético, cerrada y rotulada. A temperatura ambiente
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1984-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 6357-2022
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - DÍA 0 Tratamiento a 0 días / Blanco A / Fecha: 02-12-2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	223.67	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - DÍA 0 Tratamiento a 0 días / Blanco B / Fecha: 02-12-2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	90.73	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 09/01/2023



Miguel Valdivia Martínez
Bigc. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



INFORME DE ENSAYOS N° 6358- 2022
PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. SIN URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DIA 0
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Raíces molidas de color marrón oscuro.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Las raíces fueron molidas en el laboratorio.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 8 g c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa PET transparente con cierre hermético, cerrada y rotulada. A temperatura ambiente
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1984-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.



INFORME DE ENSAYOS Nº 6358-2022
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DIA 0 Tratamiento a 0 días / Blanco A / Fecha: 02-12-2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	269.00	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DIA 0 Tratamiento a 0 días / Blanco B / Fecha: 02-12-2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	327.68	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 09/01/2023

Blgo. Miguel Valdía Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



INFORME DE ENSAYOS Nº 6348- 2022
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 5 DÍAS
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Hojas molidas color marrón claro.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Las hojas fueron molidas en el laboratorio.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 8 g c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa PET transparente con cierre hermético, cerrada y rotulada. A temperatura ambiente
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO Nº	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG Página 1 de 2

Av. Quíñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS Nº 6348- 2022
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 5 DÍAS Tratamiento a 5 días / 05 ppm / A / Fecha: 26/10/2022	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	820.37	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 5 DÍAS Tratamiento a 5 días / 05 ppm / B / Fecha: 26/10/2022	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	344.90	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 5 DÍAS Tratamiento a 5 días / 10 ppm / A / Fecha: 20/10/2022	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	817.95	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 5 DÍAS Tratamiento a 5 días / 10 ppm / B / Fecha: 20/10/2022	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	540.90	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 5 DÍAS Tratamiento a 5 días / 20 ppm / A / Fecha: 02/11/2022	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1594.18	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 2 de 2

Av. Quíñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 6348- 2022
PÁGINA 3 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 5 DÍAS Tratamiento a 5 días / 20 ppm / B / Fecha: 02/11/2022	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	3328.24	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022



Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 6352- 2022
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. SIN URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 5
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Raíces molidas de color marrón oscuro.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Las raíces fueron molidas en el laboratorio.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 8 g c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa PET transparente con cierre hermético, cerrada y rotulada. A temperatura ambiente
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.



INFORME DE ENSAYOS Nº 6352-2022
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 5 Tratamiento a 5 días / 05 ppm / A / Fecha: 26/10/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	11011.99	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 5 Tratamiento a 5 días / 05 ppm / B / Fecha: 26/10/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	7854.05	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 5 Tratamiento a 5 días / 10 ppm / A / Fecha: 20/10/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	16987.31	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 5 Tratamiento a 5 días / 10 ppm / B / Fecha: 20/10/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	19146.75	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 5 Tratamiento a 5 días / 20 ppm / A / Fecha: 02/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	25351.75	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 2 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 6352- 2022
PÁGINA 3 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 5 Tratamiento a 5 días / 20 ppm / B / Fecha: 02/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	21150.32	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022



Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



INFORME DE ENSAYOS N° 6349- 2022

PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 15 DÍAS
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Hojas molidas color marrón claro.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Las hojas fueron molidas en el laboratorio.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 8 g c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa PET transparente con cierre hermético, cerrada y rotulada. A temperatura ambiente
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS Nº 6349- 2022

PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 15 DÍA Tratamiento a 15 días / 05 ppm / A / Fecha: 07/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	700.51	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 15 DÍA Tratamiento a 15 días / 05 ppm / B / Fecha: 07/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	518.19	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 15 DÍA Tratamiento a 15 días / 10 ppm / A / Fecha: 26/10/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	640.57	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 15 DÍA Tratamiento a 15 días / 10 ppm / B / Fecha: 26/10/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	666.00	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 15 DÍA Tratamiento a 15 días / 20 ppm / A / Fecha: 11/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1358.45	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011



INFORME DE ENSAYOS N° 6349- 2022
PÁGINA 3 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 15 DÍA Tratamiento a 15 días / 20 ppm / B / Fecha: 11/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	2137.34	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022



Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



INFORME DE ENSAYOS N° 6353- 2022
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 15
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Raíces molidas de color marrón oscuro.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Las raíces fueron molidas en el laboratorio.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 8 g c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa PET transparente con cierre hermético, cerrada y rotulada. A temperatura ambiente
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 6353-2022
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 15 Tratamiento a 15 días / 05 ppm / A / Fecha: 07/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	7736.56	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 15 Tratamiento a 15 días / 05 ppm / B / Fecha: 07/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	11395.59	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 15 Tratamiento a 15 días / 10 ppm / A / Fecha: 26/10/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	16358.83	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 15 Tratamiento a 15 días / 10 ppm / B / Fecha: 26/10/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	16842.69	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 15 Tratamiento a 15 días / 20 ppm / A / Fecha: 11/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	32065.08	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011



INFORME DE ENSAYOS N° 6353 - 2022
PÁGINA 3 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 15 Tratamiento a 15 días / 20 ppm / B / Fecha: 11/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	44880.39	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022



[Firma manuscrita]
Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



INFORME DE ENSAYOS N° 6350- 2022
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 25 DÍAS
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Hojas molidas color marrón claro.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Las hojas fueron molidas en el laboratorio.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 8 g c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa PET transparente con cierre hermético, cerrada y rotulada. A temperatura ambiente
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.



INFORME DE ENSAYOS Nº 6350-2022
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 25 DÍA Tratamiento a 25 días / 05 ppm / A / Fecha: 17/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	348.52	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 25 DÍA Tratamiento a 25 días / 05 ppm / B / Fecha: 17/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1035.20	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 25 DÍA Tratamiento a 25 días / 10 ppm / A / Fecha: 07/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1014.09	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 25 DÍA Tratamiento a 25 días / 10 ppm / B / Fecha: 07/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1368.84	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 25 DÍA Tratamiento a 25 días / 20 ppm / A / Fecha: 21/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	1914.23	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011



INFORME DE ENSAYOS Nº 6350-2022
PÁGINA 3 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 25 DÍA Tratamiento a 25 días / 20 ppm / B / Fecha: 21/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	3383.57	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022



Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



INFORME DE ENSAYOS N° 6354- 2022
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 25
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Raíces molidas de color marrón oscuro.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Las raíces fueron molidas en el laboratorio.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 8 g c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa PET transparente con cierre hermético, cerrada y rotulada. A temperatura ambiente
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-08-F-05-4E Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 6354- 2022
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 25 Tratamiento a 25 días / 05 ppm / A / Fecha: 17/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	7492.90	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 25 Tratamiento a 25 días / 05 ppm / B / Fecha: 17/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	7892.23	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 25 Tratamiento a 25 días / 10 ppm / A / Fecha: 07/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	17559.57	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 25 Tratamiento a 25 días / 10 ppm / B / Fecha: 07/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	16078.30	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 25 Tratamiento a 25 días / 20 ppm / A / Fecha: 21/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	29216.91	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011



INFORME DE ENSAYOS Nº 6354- 2022
PÁGINA 3 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 25 Tratamiento a 25 días / 20 ppm / B / Fecha: 21/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	29091.86	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022

Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



INFORME DE ENSAYOS N° 6351 - 2022
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: JACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 35 DÍAS
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Hojas molidas color marrón claro.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Las hojas fueron molidas en el laboratorio.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 8 g c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa PET transparente con cierre hermético, cerrada y rotulada. A temperatura ambiente
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.



INFORME DE ENSAYOS N° 6351 - 2022
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 35 DÍA Tratamiento a 35 días / 05 ppm / A / Fecha: 28/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	524.63	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 35 DÍA Tratamiento a 35 días / 05 ppm / B / Fecha: 28/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	263.76	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 35 DÍA Tratamiento a 35 días / 10 ppm / A / Fecha: 17/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	458.66	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 35 DÍA Tratamiento a 35 días / 10 ppm / B / Fecha: 17/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	882.53	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 35 DÍA Tratamiento a 35 días / 20 ppm / A / Fecha: 30/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	823.77	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011



INFORME DE ENSAYOS N° 6351 - 2022
PÁGINA 3 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	ACINTO DE AGUA - PARTE AÉREA - TRATAMIENTO A 35 DÍA Tratamiento a 35 días / 20 ppm / B / Fecha: 30/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	3805.95	mg/Kg

ABREVIATURAS :
mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022



[Signature]
Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



INFORME DE ENSAYOS N° 6355-2022
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
PRODUCTO DECLARADO	: JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 35
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Raíces molidas de color marrón oscuro.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Las raíces fueron molidas en el laboratorio.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 8 g c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa PET transparente con cierre hermético, cerrada y rotulada. A temperatura ambiente
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1982-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 02/12/2022

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.



INFORME DE ENSAYOS N° 6355 - 2022
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 35 Tratamiento a 35 días / 05 ppm / A / Fecha: 28/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	8130.33	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 35 Tratamiento a 35 días / 05 ppm / B / Fecha: 28/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	5410.68	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 35 Tratamiento a 35 días / 10 ppm / A / Fecha: 17/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	19352.19	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 35 Tratamiento a 35 días / 10 ppm / B / Fecha: 17/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	11956.82	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 35 Tratamiento a 35 días / 20 ppm / A / Fecha: 30/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	21346.78	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011



INFORME DE ENSAYOS Nº 6355-2022
PÁGINA 3 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	JACINTO DE AGUA - PARTE RADICULAR - DÍA 35 Tratamiento a 35 días / 20 ppm / B / Fecha: 30/11/2022.	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	28166.46	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

: BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2022 al 16/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/12/2022




Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe