

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Microorganismos eficaces y fitorremediación en
humedales mixtos artificiales para el tratamiento de
aguas residuales de curtiembre del Parque Industrial
Río Seco - Arequipa, 2021**

Rosa Jhoselyn Ccarhuarupay Medrano
Jose Angel Checcya Salhua
Maritza Salhua Apfata

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Arequipa, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

MICROORGANISMOS EFICACES Y FITORREMEDIACIÓN EN HUMEDALES MIXTOS ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE DEL PARQUE INDUSTRIAL RIO SECO - AREQUIPA, 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	27%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	1library.co Fuente de Internet	1%
6	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	1%

9	Submitted to Universidad de Manizales Trabajo del estudiante	<1 %
10	libros.cecar.edu.co Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Liberty University Trabajo del estudiante	<1 %
12	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
17	Submitted to ipn Trabajo del estudiante	<1 %
18	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
19	Submitted to Universidad de las Islas Baleares Trabajo del estudiante	<1 %
20	docplayer.es	

Fuente de Internet

<1 %

21

repository.pedagogica.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

22

Carlos R. Minué, Adriel I. Jocou. " The genus (Aizoaceae, Sesuvioideae) in the Southern Cone ", Hacquetia, 2021

Publicación

<1 %

23

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

24

renatiqa.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

Submitted to Ministerio de Educación de Perú - COAR

Trabajo del estudiante

<1 %

26

www.redalyc.org

Fuente de Internet

<1 %

27

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

28

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

29

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

30

revistas.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

31

www.repositorio.unu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

32

Submitted to Colegio Nueva York

Trabajo del estudiante

<1 %

33

Nilüfer Ülgüdür, Tuba H. Ergüder, Sibel Uludağ-Demirer, Göksel N. Demirer. "High-rate anaerobic treatment of digestate using fixed film reactors", Environmental Pollution, 2019

Publicación

<1 %

34

www.mysciencework.com

Fuente de Internet

<1 %

35

Manuela Bog, K. Sowjanya Sree, Joerg Fuchs, Phuong T.N. Hoang et al. " A taxonomic revision of sect. (Lemnaceae) ", TAXON, 2020

Publicación

<1 %

36

Submitted to ebsu

Trabajo del estudiante

<1 %

37

repository.usta.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

38

G.C. Saira, S. Shanthakumar. "Zero waste discharge in tannery industries – An achievable reality? A recent review", Journal of Environmental Management, 2023

Publicación

<1 %

39

residuoselectronicosal.org

Fuente de Internet

<1 %

40

www.mag.go.cr

Fuente de Internet

<1 %

41

revistas.upb.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

42

Submitted to unbosque

Trabajo del estudiante

<1 %

43

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

44

publisher.uthm.edu.my

Fuente de Internet

<1 %

45

repositorio.upeu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

46

pesquisa.bvsalud.org

Fuente de Internet

<1 %

47

repository.javeriana.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

48

Erazo Castillo José, Paredes Peralta Diana, Maldonado Alvarado Edison, Erazo Castillo José. "Entrepreneurial Technology and Innovation in the Canton of Alausí", ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M., 2022

Publicación

<1 %

49 Nurlaila Nurlaila, Nukhak Nufita Sari, Ronny Mulyawan, Hikma Ellya, Rila Rahma Apriani, Said Muhammad Saman. "Pengenalan Konsep Buffer Zone di Desa Teluk Sinar, Kabupaten Hulu Sungai Utara", PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat, 2023
Publicación

50 recercat.cat
Fuente de Internet

51 repositorio.unsch.edu.pe
Fuente de Internet

52 repositorio.unal.edu.co
Fuente de Internet

53 Submitted to Infile
Trabajo del estudiante

54 repositorio.une.edu.pe
Fuente de Internet

55 tch.pw
Fuente de Internet

56 Submitted to unap
Trabajo del estudiante

57 Submitted to Universidad Santo Tomas
Trabajo del estudiante

58 data.sedema.cdmx.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

59

repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

60

repositorio.unaj.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

61

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

62

repositorio.upagu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

63

felixmevetic.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

64

repositorio.udl.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

65

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

66

stadium.unad.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

67

Submitted to Universidad Carlos III de Madrid

Trabajo del estudiante

<1 %

68

bibliotecadigital.udea.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

69

grad.uprm.edu

Fuente de Internet

<1 %

70	repositorio.ucundinamarca.edu.co Fuente de Internet	<1 %
71	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
72	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
73	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
74	valmont.com Fuente de Internet	<1 %
75	www.fondodeculturaeconomica.com Fuente de Internet	<1 %
76	www.sirac.info Fuente de Internet	<1 %
77	apps.who.int Fuente de Internet	<1 %
78	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
79	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
80	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
81	prezi.com Fuente de Internet	<1 %

82	repositorio.unemi.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
83	ridum.umanizales.edu.co Fuente de Internet	<1 %
84	unividafup.edu.co Fuente de Internet	<1 %
85	w.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
86	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
87	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
88	www.gtz.org.mx Fuente de Internet	<1 %
89	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
90	Sara González Orenge. "Mecanismos de tolerancia a estrés salino e hídrico en plantas endémicas, raras o amenazadas.", Universitat Politecnica de Valencia, 2021 Publicación	<1 %
91	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
92	fepafem.org.ve Fuente de Internet	<1 %

93	internationalevaluation.com Fuente de Internet	<1 %
94	manualzz.com Fuente de Internet	<1 %
95	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
96	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
97	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
98	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
99	www.unicef.org Fuente de Internet	<1 %
100	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
101	Zareen Abbas, Britt-Marie Steenari, Oliver Lindqvist. "A study of Cr(VI) in ashes from fluidized bed combustion of municipal solid waste: leaching, secondary reactions and the applicability of some speciation methods", Waste Management, 2001 Publicación	<1 %
102	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Apagado

Excluir coincidencias Apagado

Excluir bibliografía Apagado

1. ASESOR:

Dr. José Vladimir Cornejo Tueros

2. AGRADECIMIENTO

Principalmente, agradecemos a Dios por su guía en este camino y por brindarnos salud y vida.

A nuestras familias, hermanos y abuelos, por su motivación y fortaleza.

A nuestro asesor, el Dr. José Vladimir Cornejo Tueros, por ser parte de esta tesis, y de manera especial a la Dra. Ysabel Díaz Valencia, por los conocimientos y enseñanzas impartidos.

Además, por sus consejos de perseverancia y sobre alcanzar nuestras metas y objetivos, hemos logrado culminar satisfactoriamente este proyecto y formar la base de nuestro desarrollo profesional.

MARITZA & JOSÉ ÁNGEL & ROSA JHOSELYN

3. DEDICATORIA

A mi madre Eugenia Salhua y a mi padre Lino Checya, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, sobre todo, por su amor.

JOSE ANGEL

A mi hermana Eva luz en el cielo; mi compañera del alma, quien me enseñó a nunca rendirme e inspirarme a cumplir mis metas y sueños. A mi madre Dominga Apfata y mi padre Ernesto Salhua, por sus sabios consejos y esfuerzo a lo largo de estos años, a mis hermanos por su apoyo y amor constante; los amo y adoro mucho.

MARITZA

A mis padres Rudy y Juan José, a mis hermanos Jhon y Steven que siempre han estado junto a mí a lo largo de mi carrera, brindándome sabiduría, fuerza, apoyo y aliento para no rendirme. A mis abuelos Nicolasa, Alberto, Pedro y Alejandrina que me han dado fortaleza, cariño y amor. A toda mi familia los quiero mucho.

ROSA JHOSELYN

4. ÍNDICE

ASESOR	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I	17
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	17
1.1 Planteamiento y Formulación del Problema	17
1.1.1 Planteamiento del Problema	17
1.1.2 Formulación del Problema	18
1.2 Objetivos	19
1.2.1 Objetivo General	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
1.3 Justificación e Importancia	20
1.3.1 Aspecto Teórico	20
1.3.2 Aspecto Práctico	20
1.3.3 Aspecto Metodológico	20
1.3.4 Importancia	21
1.4 Hipótesis y Variables	21
1.4.1 Hipótesis General	21
1.4.2 Hipótesis Específicas	21
1.4.3 Variables	22
1.4.4 Variable Independiente	22
1.4.5 Variable Dependiente	22
CAPÍTULO II	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1 Antecedentes de la Investigación	23
2.1.1 Antecedentes Nacionales	23
2.1.2 Antecedentes Internacionales	24
2.2 Bases Teóricas	25
2.2.1 Calidad del agua	25

2.2.2	Aguas residuales	26
2.2.3	Aguas residuales industriales	27
2.2.4	Industrias de curtiembre del Parque Industrial Río Seco (PIRS)-Arequipa	27
2.2.5	Características contaminantes de los efluentes de la industria de curtiembre	29
2.2.6	Tratamiento de aguas residuales por biorremediación	33
2.3	Definición de Términos Básicos	40
CAPÍTULO III		41
METODOLOGÍA		41
3.1	Método, tipo y alcance de la investigación	41
3.1.1	Método general de la investigación	41
3.1.2	Tipo de investigación	41
3.1.3	Nivel de investigación	41
3.1.4	Diseño de la investigación	42
3.2	Población y muestra	42
3.2.1	Población	42
3.2.2	Muestra	42
3.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
3.3.1	Lugar y fecha de experimentación	43
3.3.2	Instrumentos	43
3.3.3	Material biológico	46
3.3.4	Colecta de las aguas residuales	47
3.3.5	Activación de EM	47
3.3.6	Instalación del experimento	49
3.3.7	Aplicación de EMa 20%	51
3.3.8	Toma de muestras para la determinación de parámetros físicos y químicos de las aguas residuales de curtiembre del PIRS	53
3.3.9	Diseño estadístico	55
3.3.10	Análisis estadístico de datos	56
3.3.11	Aspectos éticos	56
CAPÍTULO IV:		57
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		57
4.1	Presentación de resultados	57
4.1.1	Valores basales de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E. de las aguas residuales de curtiembre en tratamiento	57
4.1.2	Efecto del tratamiento por 11 y 23 días con 20% de EMa sobre Cr Total, Cr VI, DBO53	

4.1.3	Efecto del tratamiento por 10 y 22 días de fitorremediación en humedales mixtos	
	(54	
4.1.4	Valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E. de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM y fitorremediación en humedales mixtos artificiales, por efecto del tratamiento con 20% de EM durante 11 y 23 días	68
4.1.5	Cuantificación de los parámetros físicos y químicos en las aguas residuales de curtiembre por efecto de los diferentes tratamientos del sistema mixto de bio y fitorremediación	71
4.2	Discusión de resultados	73
CAPÍTULO V:		78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		78
5.1	Conclusiones	78
5.2	Recomendaciones	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		80
ANEXOS		87

5. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esguerrimiento de efluentes de curtiembre en PIRS..	28
Figura 2. Proceso de curtiembre de empresa Curtiembre Pacheco S.R. LTDA	30
Figura 3. Diferentes etapas del proceso de curtido de cuero vacuno en Curtiembre Pacheco S.R.L.TDA.31	
Figura 4. Ubicación del Centro de Investigación DIVA-VIDA	43
Figura 5. Fotografías del equipo de medición de parámetros físicos	44
Figura 6. Plantilla para colocar parámetros fisicoquímicos diarios	45
Figura 7. Aclimatación de especies y adición de solución nutritiva de HOAGLAND	46
Figura 8. Recolección de aguas residuales industriales de curtiembre	47
Figura 9. Activación de los microorganismos eficaces	48
Figura 10. Mezcla de aguas residuales por proceso	49
Figura 11. Muestreo para determinaciones en laboratorio BHIOS	50
Figura 12. Sistema de humedales artificiales instalados y con sus respectivas plantas biorremediadoras	51
Figura 13. Aplicación de EMA 20 % a cada balde, para el tratamiento de biorremediación	52
Figura 14. Traspaso a primer nivel para tratamiento de fitorremediación	52
Figura 15. Aplicación de EMA 20% para segundo tratamiento de biorremediación	53
Figura 16. Cooler con muestras y gel pack para su preservación	55

6. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad en gramos de cada especie usada	45
Tabla 2. Proporciones de EM, melaza y agua de clorada para la preparación de EMa 20%	47
Tabla 3. Proporciones de las Aguas Residuales colectadas por etapa de curtido para 150 L de Aguas Residuales a tratar	49
Tabla 4. Fechas de muestreo	52
Tabla 5. Tratamientos	54
Tabla 6. Valores basales contrastados con los valores de las normas ambientales vigentes para aguas residuales de curtiembre	57
Tabla 7. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre a los 11 y 23 días de tratamiento con EMa 20%. Se muestra resultados de comparación por la prueba de U Mann Whitney ($\alpha=0.05$)	57
Tabla 8. Prueba de normalidad para los parámetros fisicoquímicos de los días 11 y 23 días de tratamiento con 20% de EM biorremediación	58
Tabla 9. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre a los 10 y 22 días de tratamiento por fitorremediación con E. crassipes + L. minuta y E. crassipes + L. gibba posterior al tratamiento con EMa 20%. Se muestra resultados de comparac	59
Tabla 10. Prueba de Normalidad de parámetros fisicoquímico 10 y 22 días de tratamiento con especie E crassipes + L. gibba fitorremediación	60
Tabla 11. Prueba de normalidad de parámetros fisicoquímico 10 y 22 días de tratamiento con especie E crassipes + L. minuta fitorremediación	61
Tabla 12. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre entre 11,10 días y 23,22 días de tratamiento por fitorremediación con E. crassipes + L. minuta. Se muestra resultados de comparación por la prueba de Wilcoxon y t-Student ($\alpha=0.05$)	62
Tabla 13. Prueba de normalidad de parámetros fisicoquímico 11,10 días y 23,22 de tratamiento con especie E crassipes + L. minuta	63
Tabla 14. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre entre 11,10 días y 23,22 días de tratamiento por fitorremediación con E. crassipes + L. gibba. Se muestra resultados de comparación por la prueba de Wilcoxon y t-Student ($\alpha=0.05$)	65
Tabla 15. Prueba de normalidad de parámetros fisicoquímico 11,10 días y 23,22 de tratamiento con especie E crassipes + L. gibba	65
Tabla 16. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre a los 32 y 68 días de tratamiento por biorremediación con E. crassipes + L. minuta y E. crassipes + L. gibba posterior al tratamiento con EMa 20% y fitorremediación	68
Tabla 17. Prueba de normalidad de parámetros fisicoquímico 32 y 68 días de tratamiento con especie E. crassipes + L. minuta biorremediación	68
Tabla 18. Prueba de normalidad de parámetros fisicoquímico 32 y 68 días de tratamiento con especie E. crassipes + L. gibba biorremediación	69

Tabla 19. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre tratadas por sistema mixto con E. crassipes + L. minuta y EMa 20% por 21, 32,45 Y 68 días. Se muestra resultados de comparación por la prueba de Kruskal-Wallis y ANOVA ($\alpha=0.05$) 70

Tabla 20. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre tratadas por sistema mixto con E. crassipes + L. gibba y EMa 20% por 21, 32,45 Y 68 días. Se muestra resultados de comparación por la prueba de Kruskal-Wallis y ANOVA ($\alpha=0.05$) 71

7. RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el efecto del tratamiento con Microorganismos Eficaces (EMA) y la Fitorremediación en Sistemas Mixtos de Humedales Artificiales (*E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*) sobre la calidad de las aguas residuales de curtiembre en cuanto a los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E.. Se colectaron 144 litros de aguas residuales de la curtiembre “Pacheco”. Se trataron en EMA 20% y dos sistemas mixtos de fitorremediación con *E. crassipes* + *L. minuta* y *E. crassipes* + *L. gibba* en tiempos de 32 días (11 días con EMA 20%, 10 días de fitorremediación y 11 días con 20% de EMA) y de 68 días (23 días con 20% de EMA, 22 días de fitorremediación y 23 días con 20% de EMA). Los resultados mostraron que el tratamiento con EMA 20% presenta mejores efectos a los 11 días. La fitorremediación con *E. crassipes* + *L. gibba* fue más efectiva que *E. crassipes* + *L. minuta* a los 10 días para Cr total y Cr VI. La segunda aplicación de EMA al 20% favoreció en la reducción de Cr total y Cr VI. En conclusión, el tratamiento más eficiente es la biorremediación con EMA 20%, logrando una reducción significativa con respecto al basal para Cr Total de 92.38% (de 48.69 a 3.71 mg/L), Cr VI de 92.55% (de 39.85 a 2.97 mg/L) y DBO₅ de 19% (de 4190 a 3394 mg/L), a los 32 días.

Palabras claves: Fitorremediación, humedales artificiales, curtiembre, aguas residuales, microorganismos eficaces, *E. crassipes*, *L. minuta kunth*, *L. gibba*.

8. ABSTRACT

The objective of this research work is to determine the effect of treatment with Effective Microorganisms (EMA) and Phytoremediation in Mixed Systems of Constructed Wetlands (*E. crassipes* + *L. minuta*, and *E. crassipes* + *L. gibba*) on the quality of wastewater from the tannery in terms of the parameters of Total Cr, Cr VI, BOD5, pH, T°, STD and C.E.. 144 liters of wastewater from the "Pacheco" tannery were collected. They were treated with 20% EMA and two mixed phytoremediation systems with *E. crassipes* + *L. minuta* and *E. crassipes* + *L. gibba* for 32 days (11 days with 20% EMA, 10 days of phytoremediation and 11 days with 20% EMA) and 68 days (23 days with 20% EMA, 22 days of phytoremediation and 23 days with 20% EMA). The results showed that the treatment with EMA 20% presents better effects at 11 days. Phytoremediation with *E. crassipes* + *L. gibba* was more effective than *E. crassipes* + *L. minuta* at 10 days for total Cr and Cr VI. The second application of EMA at 20% favored the reduction of total Cr and Cr VI. In conclusion, the most efficient treatment is bioremediation with EMA 20%, achieving a significant reduction compared to baseline for Total Cr of 92.38% (from 48.69 to 3.71 mg/L), Cr VI of 92.55% (from 39.85 to 2.97 mg /L) and BOD5 of 19% (from 4190 to 3394 mg/L), at 32 days.

Key words: Phytoremediation, constructed wetlands, tannery, wastewater, effective microorganisms, *E. crassipes*, *L. minuta*, *L. gibba*.

9. INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico, la urbanización y la industrialización están causando problemas al medio ambiente y a los ecosistemas (1). En el Parque Industrial de Río Seco (PIRS), las industrias de curtido de pieles descargan sus efluentes directamente al alcantarillado, sin más tratamiento previo que la retención en pozos de sedimentación. Estas aguas residuales no son aptas para ningún tipo de uso por su elevada concentración de cromo, materia orgánica, sólidos disueltos, color y olor intenso (2).

Los efluentes en las curtiembres del PIRS, son descargados hacia dos pozas de oxidación construidas por el Gobierno Regional (GR). Ante el colapso de ambas pozas, el GR intentó canalizarlas hacia otro punto para su tratamiento. Sin embargo, el canal también colapsó y actualmente las aguas de curtiembre escurren a través del pueblo de Río Seco, las canteras de sillar, la quebrada de Añashuayco, alcanzando la zona agrícola de Uchumayo (3).

Es evidente la ineficiencia del sistema de tratamiento primario que se trató de implementar en el PIRS. El mismo, debido a su elevado costo en infraestructura y mantenimiento, no es controlado o supervisado ni por los empresarios del cuero ni por la autoridad regional. Asimismo, tratar los efluentes contaminados por estas industrias en un solo punto, requeriría una mayor infraestructura que no colapse por el alto volumen de agua residual que se genera constantemente en este sector, y que, además, presenta una elevada carga contaminante.

Ante esta problemática, el tratamiento de las aguas residuales dentro de las instalaciones de cada curtiembre se presenta como una alternativa que reduce la carga contaminante de sus efluentes y permite la liberación de aguas residuales tratadas utilizables en programas de forestación de la zona. Por lo tanto, es necesario encontrar tratamientos ecoamigables, aceptables para la población y sobre todo de bajo costo, para que los empresarios puedan implementarlos.

La tecnología de la biorremediación surge en este escenario como una alternativa viable. Dentro de ésta, la biotecnología de los Microorganismos Eficaces (EMTM) y la fitorremediación han demostrado ser eficientes en el tratamiento de efluentes industriales y domésticos (4). Los EM aplican un consorcio de microorganismos que producen sustancias bioactivas para contrarrestar agentes tóxicos y otros microorganismos patógenos, manteniendo el equilibrio natural sin dañar los ecosistemas estando libres de contaminantes (5). La fitorremediación, a través de humedales artificiales, logra la remoción de contaminantes mediante absorción por plantas (6).

La biorremediación, como toda biotecnología, involucra un gran número de variables con un alto grado de no linealidad, debido a la implicación de muchas variables biológicas, físicas y químicas. Por lo tanto, la optimización de procesos requiere una evaluación previa, especialmente si se propone utilizar dos métodos integrados, como son la tecnología de los EM y la fitorremediación. Como resultado, se podrá identificar y eliminar aquellas características

del proceso que no son favorables para la biorremediación, de acuerdo con las características del recurso contaminado. (7)

Por lo mencionado anteriormente, la presente tesis evalúa el comportamiento de un sistema biorremediación con EM y fitorremediación en humedales artificiales en función del tiempo. Por lo tanto, la pregunta de investigación que se pretende responder es: ¿De qué manera el tratamiento con microorganismos eficaces y la fitorremediación en humedales mixtos (*E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*) artificiales influye sobre la calidad de las aguas residuales de curtiembre en sus valores de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E.? Como respuesta a la pregunta de investigación, se hipotetiza que el tratamiento con microorganismos eficaces y la fitorremediación en humedales mixtos (*E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*) artificiales influirá positivamente en la calidad de las aguas residuales de curtiembre tratadas, en cuanto a los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E. Para comprobar la hipótesis formulada, se plantea como objetivo general: Determinar el efecto del tratamiento con microorganismos eficaces y la fitorremediación en humedales mixtos (*E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*) artificiales sobre la calidad de las aguas residuales de curtiembre tratadas, en cuanto a sus parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E.

La ejecución de la presente investigación contribuye a ampliar el conocimiento actual sobre el efecto sinérgico de las dos biotecnologías evaluadas en el tratamiento de efluentes de curtiembre en relación con la variación que causa sobre los parámetros evaluados. El sistema de tratamiento propuesto es una alternativa aplicable en la práctica para el tratamiento eficiente de efluentes de curtiembre. A partir de los resultados obtenidos, presenta oportunidades de mejora mediante futuras investigaciones. A diferencia de la mayoría de los trabajos de investigación realizados, la metodología desarrollada implica el uso de aguas residuales del proceso completo de curtido en sistemas pilotos bajo condiciones ambientales similares a las que se presentan en el PIRS, de manera que permite la extrapolación de resultados y escalamiento del prototipo de acuerdo con la planta de curtido en la que se pretenda instalar.

Finalmente, el presente informe de tesis cuenta con cuatro capítulos donde se describe de manera ordenada, secuencial y detallada, todo el proceso de investigación. El primer capítulo aborda el planteamiento de estudio, el segundo capítulo introduce el marco teórico, antecedentes de investigaciones y bases teóricas que permitan la comprensión de todo el proceso de investigación realizado. El tercer capítulo muestra la metodología del estudio, finalmente, el cuarto capítulo presenta los resultados y la discusión de la investigación, culminando con conclusiones y recomendaciones de la investigación y fuentes bibliográficas utilizadas.

10. CAPÍTULO I

11. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

11.1 Planteamiento y Formulación del Problema

11.1.1 Planteamiento del Problema

La contaminación del agua es una de las mayores preocupaciones para la humanidad, ya que tiene un impacto negativo en los ecosistemas. Un alto contenido de metales pesados en los efluentes que entran en contacto con cuerpos de agua puede provocar la degradación de ríos, afectar a animales y vegetales, e incluso causar daños directos a la salud humana. (1)

La presencia de metales pesados, con el transcurso de los años, se ha incrementado en el medio ambiente a raíz de la acción antrópica, afectando negativamente a los ecosistemas. Solo como un ejemplo tenemos que cada año se liberan 91,000 TM de Cr VI en el agua, aire y suelo (1).

La contaminación causada por la industria curtiembre en Arequipa se considera una amenaza para la salud pública y el medio ambiente. La carga contaminante de sus aguas residuales incluye cromo, que se considera un metal perjudicial que pone en peligro la integridad de los ecosistemas, así como cantidades significativas de materia orgánica, sólidos suspendidos, sólidos disueltos y otros agentes químicos (3).

En el Parque Industrial de Río Seco (PIRS) de Arequipa, se ha registrado la liberación de efluentes de curtiembre con concentraciones promedio de cromo VI en 637 mg/L, superando con creces el valor establecido de 2 mg/L que establece la norma de los límites máximos permitidos (LMP) según el DS N° 003-2002-PRODUCE (2).

El Gobierno Regional de Arequipa, en un intento de mitigar esta problemática, implementó pozas de oxidación, pero éstas colapsaron debido a que su capacidad fue superada por el volumen de descargas de efluentes. Se intentó canalizar las aguas residuales a una nueva zona de tratamiento, pero los canales colapsaron y actualmente las aguas residuales de curtiembre se discurren en un pequeño riachuelo que cruza el área urbana de “Río Seco, la quebrada y las canteras de Añashuayco”, llegando hacia la zona agrícola de Uchumayo (3).

El intento de tratar los efluentes de las curtiembres en un solo punto y de manera colectiva, resultó infructífero. Esto se debe a los grandes volúmenes de aguas residuales que se deben represar y a la distinta naturaleza de la carga contaminante que registran los efluentes de cada planta, ya que esto obedece al particular proceso de curtido que se desarrolla en cada empresa. Esta realidad sugiere intentar el tratamiento de efluentes en cada empresa de curtido previo a su descarga al alcantarillado. Por lo tanto, se requiere encontrar un proceso de tratamiento amigable con el ambiente, estéticamente aceptable y, sobre todo, de bajo costo de implementación y fácil mantenimiento, que permita al empresario del curtido lo adopte e implemente (5).

La biorremediación, a través de biotecnologías como los Microorganismos Eficaces (EMTM) y la fitorremediación mediante humedales artificiales, se presentan como una alternativa de solución a la problemática descrita. Sin embargo, como toda biotecnología, presentan un elevado número de variables, debido a las vastas reacciones biológicas, físicas y químicas implicadas. Por lo tanto, se requiere evaluar con anticipación el efecto de la utilización conjunta de estos dos métodos integrados, con la finalidad de identificar las características y condiciones del proceso que favorecen o no en la biorremediación, de acuerdo con las características del efluente tratado (7).

11.1.2 Formulación del Problema

11.1.2.1 Problema General

¿De qué manera el tratamiento con microorganismos eficaces y la fitorremediación en humedales mixtos artificiales (*E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*) influye sobre la calidad de las aguas residuales de curtiembre en los valores de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E.?

11.1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E. en las aguas residuales de curtiembre de Río Seco-Arequipa, ¿2021?
- ¿Cuál es el efecto del tratamiento por 11 y 23 días con 20% de EM – Agua, sobre los valores de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre?
- ¿Cuál es el efecto del tratamiento por 10 y 22 días de fitorremediación en humedales mixtos artificiales (*E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*), sobre los

valores de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM-Agua?

- ¿Cuál es el efecto del tratamiento por 11 y 23 días con 20% de EM sobre los valores de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM-Agua y fitorremediación en humedales mixtos artificiales?

11.2 Objetivos

11.2.1 Objetivo General

Determinar el efecto del tratamiento con microorganismos eficaces y la fitorremediación en humedales mixtos *artificiales* (*E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*) sobre la calidad de las aguas residuales de curtiembre tratadas en cuanto a los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E.

11.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E., en las aguas residuales de curtiembre de Río Seco-Arequipa, 2021.
- Cuantificar la variación en los valores de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre, por efecto del tratamiento por 11 y 23 días con 20% de EM – Agua.
- Cuantificar la variación en los valores de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM, por efecto del tratamiento por 10 y 22 días de fitorremediación en humedales mixtos artificiales (*E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*).
- Cuantificar la variación en los valores de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM y fitorremediación en humedales mixtos artificiales, por efecto del tratamiento con 20% de EM durante 11 y 23 días.

11.3 Justificación e Importancia

11.3.1 Aspecto Teórico

El propósito de este estudio es avanzar en la comprensión de la sinergia entre la aplicación de microorganismos eficaces y los sistemas de humedales artificiales. Con el objetivo de

proporcionar datos concretos para futuros estudios destinados a optimizar los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las curtiembres.

11.3.2 Aspecto Práctico

Esta investigación ofrece a las empresas una solución alternativa económicamente viable a través de la combinación de biorremediación y fitorremediación, que es de bajo costo, ya que no requiere infraestructura compleja, reparaciones o mantenimiento continuo. Además, no utiliza productos químicos y es sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

11.3.3 Aspecto Metodológico

Existen limitadas investigaciones con la metodología empleada en la experimentación de este trabajo. El diseño experimental considera la utilización de dos biotecnologías de biorremediación (Tecnología EM y fitorremediación) y aprovecha su interacción sinérgica para tratar los efluentes de todo el proceso de curtido, bajo condiciones ambientales similares a las que presenta el PIRS, lo que permite la extrapolación y escalado del piloto desarrollado, de acuerdo con las condiciones de la planta de curtido que adopte su implementación.

11.3.4 Importancia

El valor de esta investigación es una alternativa accesible económicamente, fácil de desarrollar y ambientalmente amigable, por lo que es de fácil aceptación por la población circundante. La implementación del sistema propuesto, en base a los resultados mostrados en el presente informe, permitirá reducir la concentración del contaminante de los efluentes en cada planta de curtido. Así, estas aguas residuales tratadas podrán ser vertidas al medio, siendo potencialmente utilizables en programas de forestación. En consecuencia, se mitigará la degradación de los ecosistemas afectados y de la salud de la población humana circundante. Finalmente, pone en evidencia el potencial de la aplicación de biotecnologías para la sostenibilidad de las actividades productivas.

11.4 Hipótesis y Variables

11.4.1 Hipótesis General

El tratamiento con microorganismos eficaces y la fitorremediación en humedales mixtos artificiales (*E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*) influirá positivamente en la

calidad de las aguas residuales de curtiembre tratadas en cuanto a los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E.

11.4.2 Hipótesis Específicas

- Los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E. de las aguas residuales de curtiembre en evaluación, se encontrarán por encima de los LMP (Límites Máximos Permisibles) establecidos por el D.S. N° 003-2002-PRODUCE
- El tratamiento por 11 y 23 días con 20% de EM – Agua variará los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre tratadas.
- Se observará una mayor variación en los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E. de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM, por efecto del tratamiento por 10 y 22 días de fitorremediación en humedales mixtos artificiales (*E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*).
- Se observará una mayor variación en los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E. de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM y fitorremediación en humedales mixtos artificiales, por efecto del tratamiento con 20% de EM durante 11 y 23 días.

11.4.3 Variables

11.4.4 Variable Independiente

Sistema de tratamiento con microorganismos eficaces y humedales artificiales mixtos. Los microorganismos eficaces provienen del producto comercial EM-Agua en una concentración del 20%. Los humedales mixtos contendrán dos combinaciones diferentes:

- *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) + *Lemna minuta* (lenteja de agua)
- *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) + *Lemna gibba* (lenteja de agua).

Los tiempos de tratamiento total son de 32 y 68 días, divididos en 3 fases:

- Biorremediación con EM-agua 20% por 11 y 23 días.
- Fitorremediación en humedales artificiales posterior a la biorremediación por 10 y 22 días.

Biorremediación con EM- agua 20% posterior a la fitorremediación por 11 y 23 días.

11.4.5 Variable Dependiente

Calidad de las aguas residuales de curtiembre, en base a los Parámetros fisicoquímicos:

- Cromo total (Cr total) cuantificado en mg/L.
- Cromo hexavalente (Cr VI) cuantificado en mg/L.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) cuantificado en mg/L.
- Potencial de Hidrogeniones (pH), cuantificado en unidades de 0 a 14.
- Temperatura (T°) cuantificado en °C.
- Conductividad Eléctrica (C.E.) cuantificada en mS/cm.
- Sólidos Totales Disueltos (STD) cuantificados en ppm.

12. CAPÍTULO II

13. MARCO TEÓRICO

21.1 Antecedentes de la Investigación

21.1.1 Antecedentes Nacionales

En la tesis titulada “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”, evaluaron los efectos sobre la calidad de las aguas residuales de curtiembre del tratamiento con humedales artificiales, con el propósito de que cumplan con la norma vigente. Los efluentes se acopiaron de una empresa de curtiembre situada en PIRS, y se utilizaron en diferentes porcentajes de dilución: 50% (D50), 75% (D-75), 100% (Sin Dilución-SD) y Control (SV), con tiempos de Retención Hidráulica (TRH) 2 y 4 días para el HFSS y FWS respectivamente. De acuerdo con los resultados, se concluyó que la utilización de estas especies en humedales artificiales, fueron efectivas para la remoción en cuanto a Cromo total (12.98 - 3.25 mg/L), Demanda Bioquímica de Oxígeno (688.6 - 610.0 mg/L) y Demanda Química de Oxígeno (3757.16 - 1066.6 mg/L); asimismo, la especie de *I. cernua* presenta mejores porcentajes de supervivencia (96.0%) que *N. aquaticum* (50.3%) (3).

En la tesis “Eficiencia del Jacinto de agua *E. crassipes* y lenteja de agua *L. minor* en la remoción de cadmio en aguas residuales” evaluó la capacidad de remoción de cadmio y los cambios

morfológicos por exposición de Jacinto de agua *E. crassipes* y lenteja de agua *L. minor*. Los resultados los llevó a concluir que utilizando la especie *E. crassipes* hubo una reducción promedio de 2mg/L a 0.19mg/L de Cd, que representa una eficiencia de 83.57% considerada como muy alta. La especie *L. minor* produjo una variabilidad de la concentración de cadmio de 2mg/L a 1.38mg/L que representa una eficiencia de remoción de 39.35 %, clasificada como media (7).

21.1.2 Antecedentes Internacionales

En el artículo “Fitorremediación de aguas residuales de pintura en emulsión utilizando *Azolla pinnata*, *Eichhornia crassipes* y *L. minor*”, evaluaron Potencial de Hidrogeniones (pH) y Conductividad Eléctrica (CE); Sólidos totales (TS), sólidos disueltos totales (TDS), sólidos totales en suspensión (TSS), sólidos volátiles totales (TVS), demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), aceite y grasas; frente a los metales pesados Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Zinc (Zn), Cromo (Cr) y Arsénico (As). Después del tratamiento de fitorremediación se obtuvo que la especie con mayor reducción de Cd es la *Azolla Pinnata*. *E. crassipes* evidenció afinidad por Hg; y *L. minor* por el Cr. Se observó una disminución de metales considerablemente sin embargo en los parámetros físicos químicos fue lo contrario ya que se encontraban por encima del estándar Nacional para descargas de efluentes (8).

En la tesis “Comparación de eficiencia de humedales en la remoción de contaminantes en aguas residuales municipales con especies caña brava, Jacinto de agua y lenteja de agua, basada en dos investigaciones”, señala que los valores máximos del pH se vieron con la especie *E. crassipes* pH 7.60, los valores más bajos de C.E. fueron obtenidos con la especie *C. indica* (800 uS/cm), el OD disminuyó a 156 mg/L con la especie *E. crassipes*, el OPR con la especie *C. indica* llegó a un valor de -17.7 mV, la salinidad a un valor mínimo de 211 mh/L y los STD a un valor de 315 mg/L. Los parámetros químicos como el DBO y DQO disminuyeron significativamente con la especie *L. minor*. Concluye que el tratamiento de aguas residuales con la utilización de plantas es eficaz, entre las tres especies *L. minor* mostró reducciones máximas de CE, TDS, DBO, DQ, dureza y salinidad, el pH bajó en los tres tratamientos. *E. crassipes* murió en los 15 primeros días, señalando que factores externos como la temperatura, el pH, la radiación solar, determinan el desarrollo de las plantas y su capacidad de absorber los metales (9).

En la tesis "Diseño, desarrollo y evaluación de una tecnología de fitorremediación a escala de laboratorio utilizando *E. crassipes* para el tratamiento de aguas contaminadas con cromo", se diseñó un tratamiento con nuevas tecnologías y se evaluó su efectividad para reducir el contenido de cromo (Cr) en aguas residuales de curtiembres. Se caracterizaron las aguas de

curtiembre que se descargan al alcantarillado de la empresa San Benito del Sur y se instalaron tres humedales artificiales (2a, 2b y 2c) con una concentración del 20% de agua de curtiembre y un 80% de agua destilada. El trabajo duró 20 días y se midieron los parámetros de cromo cada dos días y la DBO antes y después del tratamiento. Dentro del humedal se colocaron 11.5 litros de agua contaminada con 612 mg/L de cromo y una DBO de 1000 mg/L a 1200 mg/L. Al final, se logró una concentración de 200 mg/L de DBO y una remoción del 70% de cromo (180 mg/L). Se concluyó que la especie *Eichhornia crassipes* almacenó aproximadamente un 70% (4200 mg) del cromo en sus raíces y hojas, demostrando ser una especie útil en el proceso de fitorremediación (10).

En la tesis “Fitorremediación de cromo en efluente de curtiembre empleando *Eichhornia crassipes*” utilizó plantas de *E. crassipes* recolectadas en el río de Paraguay. Se obtuvo como resultado que las plantas de *Eichhornia crassipes* se adaptaron y reprodujeron de manera eficiente, las concentraciones máximas que toleran las plantas llegaron a ser 17.8 mg/L de Cr III, señalando que la especie *E. crassipes* acumula y distribuye los metales dentro de sus tejidos. Las mayores concentraciones de Cr, fueron letales para la especie. También determina que no hubo oxidación del cromo (Cr III a Cr VI) (11).

21.2 Bases Teóricas

21.2.1 Calidad del agua

El agua, por definición, químicamente se compone de dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O). Su estructura molecular es H₂O. Visto desde la biología, el agua es vital para el desarrollo humano y ecológico, siendo indispensable su disponibilidad en todo el mundo para cubrir las necesidades de los ecosistemas (12).

Sin embargo, es de vital importancia tener en cuenta no solo la disponibilidad de agua, sino también la calidad del agua disponible. La Organización Mundial de la Salud (OMS) nos informa de que el 25% de las hospitalizaciones se deben a agua insalubre, lo que indica que gran parte de la población mundial no tiene acceso a un saneamiento adecuado. En consecuencia, es necesario que este preciado elemento, además de estar disponible, cumpla los requisitos de la normativa en cuanto a sus características físicas, químicas y biológicas que la hagan apta para su uso (12).

El término "calidad del agua" se convierte en el referente principal para decidir si el agua disponible puede o no ser utilizada para una determinada actividad. Es decir, dependiendo de los límites permisibles de requerimientos y de cumplir con los parámetros de potabilidad que garanticen su inocuidad, desinfección libre de gérmenes y compuestos tóxicos, se puede

determinar si el agua disponible es apta para el consumo humano, el uso en actividades productivas y también para los ecosistemas (12).

Dentro de este contexto, conservar la calidad del agua disponible dentro de los parámetros adecuados para sus fines de utilización implica que las aguas residuales de las distintas actividades sean previamente tratadas antes de ser vertidas nuevamente a los ecosistemas. La finalidad es que no contaminen fuentes de agua superficiales y subterráneas ni al suelo a su paso (12).

21.2.2 Aguas residuales

Son cualquier agua cuyos parámetros de calidad se hayan alterado y que contiene una mezcla de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Las aguas residuales provienen de las actividades domésticas, comerciales, industriales, químicas, mineras, agropecuarias, entre otras. Para cuidar nuestro medio ambiente y la salud pública, todas las descargas de aguas residuales deben ser tratadas para evitar la contaminación de ecosistemas, cuerpos de agua, acuíferos subterráneos, etc. (13).

De acuerdo con su fuente y origen las aguas residuales se clasifican en:

- a) Aguas residuales domésticas o urbanas.** Procedentes de las necesidades fisiológicas como las excretas domésticas, comerciales e institucionales, denominadas *aguas negras*; de la higiene personal y la preparación de alimentos, denominadas *aguas grises*. Todas estas aguas se descargan en el alcantarillado como aguas jabonosas (13).
- b) Aguas residuales municipales:** Son aguas residuales domésticas o urbanas, incluyendo las aguas de origen industrial o drenaje pluvial. Estas aguas deben cumplir con los requisitos establecidos por los LMP de la normativa vigente, para poder ser vertidas al alcantarillado (13).
- c) Aguas residuales industriales:** Provenientes de actividades agrícolas, pecuarias, mineras, agroindustriales, químicas, textiles, entre otras. Es decir, se considera todas las aguas generadas como resultado de procesos productivos (13).

21.2.3 Aguas residuales industriales

En las industrias, el agua se utiliza para lavar, beber, enfriar y producir vapores en las calderas, etc. Las aguas residuales generadas en estas operaciones tienen diferentes tipos de contaminantes que causan contaminación en el medio ambiente y en las masas de agua cercanas (14).

La calidad de las aguas residuales depende del tipo de industria, ya que dependiendo del proceso que realice una industria, las aguas residuales presentarán diferente cambio en su composición. Por lo tanto, requieren ser tratadas antes de ser reutilizadas o vertidas en cuerpos receptores de aguas naturales o en sistemas de alcantarillado (14).

Como consecuencia de las diferentes actividades agrícolas, industriales, mineras, comerciales, etc., las aguas residuales resultantes de estos procesos contienen materia orgánica e inorgánica en forma suspendida, coloidal, disuelta. Además, contienen contaminantes tóxicos que representan un riesgo crítico para los ecosistemas y la salud de la población (15).

21.2.4 Industrias de curtiembre del Parque Industrial Río Seco (PIRS)-Arequipa

Las industrias de curtiembre a nivel mundial son un tema apremiante para resolver. Cada país tiene diferentes regulaciones en cuanto a su normativa con respecto a las industrias de curtiembre, por lo que los impactos generados también difieren (14).

Europa es considerada como el primer fabricante de cuero, por lo que tiene el mayor consumo de carne. En lo que respecta a las aguas residuales de curtiembres, en países como Italia ya se ofrece tecnología planificada para gestionar el manejo de sus efluentes contaminantes (14).

A nivel de Latinoamérica, Argentina, Colombia, Venezuela, Perú se caracterizan por su ganadería y producción de cuero. Sin embargo, respecto a sus industrias de curtiembre, no cuentan con un control adecuado de sus efluentes. La causa principalmente del factor economía, ya que muchas de estas empresas formales e informales, pequeñas y artesanales, no cuentan con tecnologías adecuadas para manejar sus efluentes. Como consecuencia, no cumplen las normativas ambientales generando impactos negativos significativos directamente en los cuerpos receptores e indirectamente en la población humana aledaña (14).

Este problema ambiental cada día se hace más significativo, considerando que el proceso de curtido utiliza 1 m³ (1 000 litros) de agua por cuero. Adicionalmente, se usa agentes químicos como el cromo (Cr), el cual es transformado y disgregado en cromo hexavalente (Cr VI), soda cáustica y sulfatos. Además, estas aguas residuales también se caracterizan por contener alta carga de materia orgánica de los desechos de la piel procesada, por lo que el tratamiento de las descargas de industrias de curtiembre se hace difícil y costoso (14).

En Perú, en el departamento de Arequipa, se refleja la realidad descrita anteriormente. Existen empresas formales e informales de industrias de curtiembre que no se sujetan al cumplimiento de la normativa ambiental vigente, como son los Límites Máximos Permisibles (LMP). Por lo tanto, aunque estas industrias son penalizadas con altas sanciones económicas, las aguas continúan sin tratamiento (16). El problema persiste y se agrava.

Como evidencia, con la Resolución Directoral N° 421-2011-ANA AAA/C-O, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) sancionó al Gobierno regional de Arequipa y a los empresarios del

Parque industrial del Río Seco y APYMECO, por los vertimientos ocasionados por sus descargas residuales sin ningún previo tratamiento, ya que de acuerdo a informes de OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental), superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) afectando las zonas y población aledaña del Río Seco y zonas ecosistémicas y turísticas como la quebrada de Añashuayco (donde se encuentran las canteras de sillar) (17). La población de la zona no tiene conocimiento de la gravedad de estos efluentes que se observan como riachuelos atravesando sus calles (Fig. 1).



Figura 1. Escurrimiento de efluentes de curtiembre en PIRS. A) Aguas residuales aflorando de los registros fuera de la curtiembre; B) Pozas de oxidación colapsadas sin mantenimiento; C) Canal de conducción de efluentes de curtiembre del PIRS colapsado. D) Escurrimiento de los efluentes a través de Río Seco. Elaboración propia.

21.2.5 Características contaminantes de los efluentes de la industria de curtiembre

El curtido implica una combinación compleja de procesos mecánicos y químicos (Fig. 2). En el centro del proceso se encuentra la operación de curtido en sí misma en la que materiales orgánicos o inorgánicos se unen químicamente a la estructura proteica del cuero para protegerlo del deterioro. El proceso de curtido tiene dos métodos predominantes de operación: el curtido al cromo, en el que la piel se trata con sustancias como las sales de cromo ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$,

K₂Cr₂O₇, etc.), y el curtido vegetal, en el cual se utilizan extractos curtientes vegetales de la corteza de varios árboles. (18)

Todas las descargas de aguas residuales son nocivas para el medio ambiente debido a su composición de sustancias químicas, materiales orgánicos e inorgánicos. A medida que el proceso de tratamiento de cuero avanza, se adhieren químicos y ácidos que ayudan a obtener un cuero de mejor calidad, como la sal amoniacal, que se fija directamente en la piel y sirve para el mantenimiento. Para la descomposición de los pelos del cuero se usa el sulfuro de sodio, agente químico que puede corroer las tuberías de los alcantarillados (19). El procedimiento pre y post curtido en ambos tipos de procesos es casi el mismo, e incluye las etapas que se detallan a continuación (Fig. 3):

- **Etapa de Ribera:** En esta etapa, se realiza la limpieza de la piel, retirando residuos de sangre, bacterias y otras suciedades. Luego, se procede al proceso de remojo, en el cual se añaden desengrasantes y humectantes. Finalmente, se lleva a cabo la rehumectación de la piel mediante la aplicación de surfactantes. (16)
- **Etapa de Pelambre:** Consiste en la eliminación del pelo, en este proceso se usa el sulfuro de sodio (Na₂S) y cal para disolver la epidermis, las proteínas no fibrosas y la grasa. Las aguas residuales de depilación (denominado encalado) presentan un elevado valor de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sulfuros, demanda química de oxígeno (DQO), cloruros que contribuyen del 60 al 70% de la carga contaminante total generada por las curtiembres, y forman una gran cantidad de lodos. En un encalado típico, por cada 1000 kg de cuero crudo se producen entre 5000 y 7000 kg de efluentes totales. (16)
- **Etapa de Descarne:** Es la etapa donde se trabaja con máquinas descarnadoras, para eliminar carne y demás restos. Se aplica sulfato de amonio para extraer agentes encalantes. (16)
- **Etapa de Piquelado:** Se acidifica la piel con ácido sulfúrico (H₂SO₄) y ácido fórmico (HCOOH) hasta tener una acidez aproximada de 2.8 (pH), así los agentes curtientes ingresen debidamente en su estructura. (16)

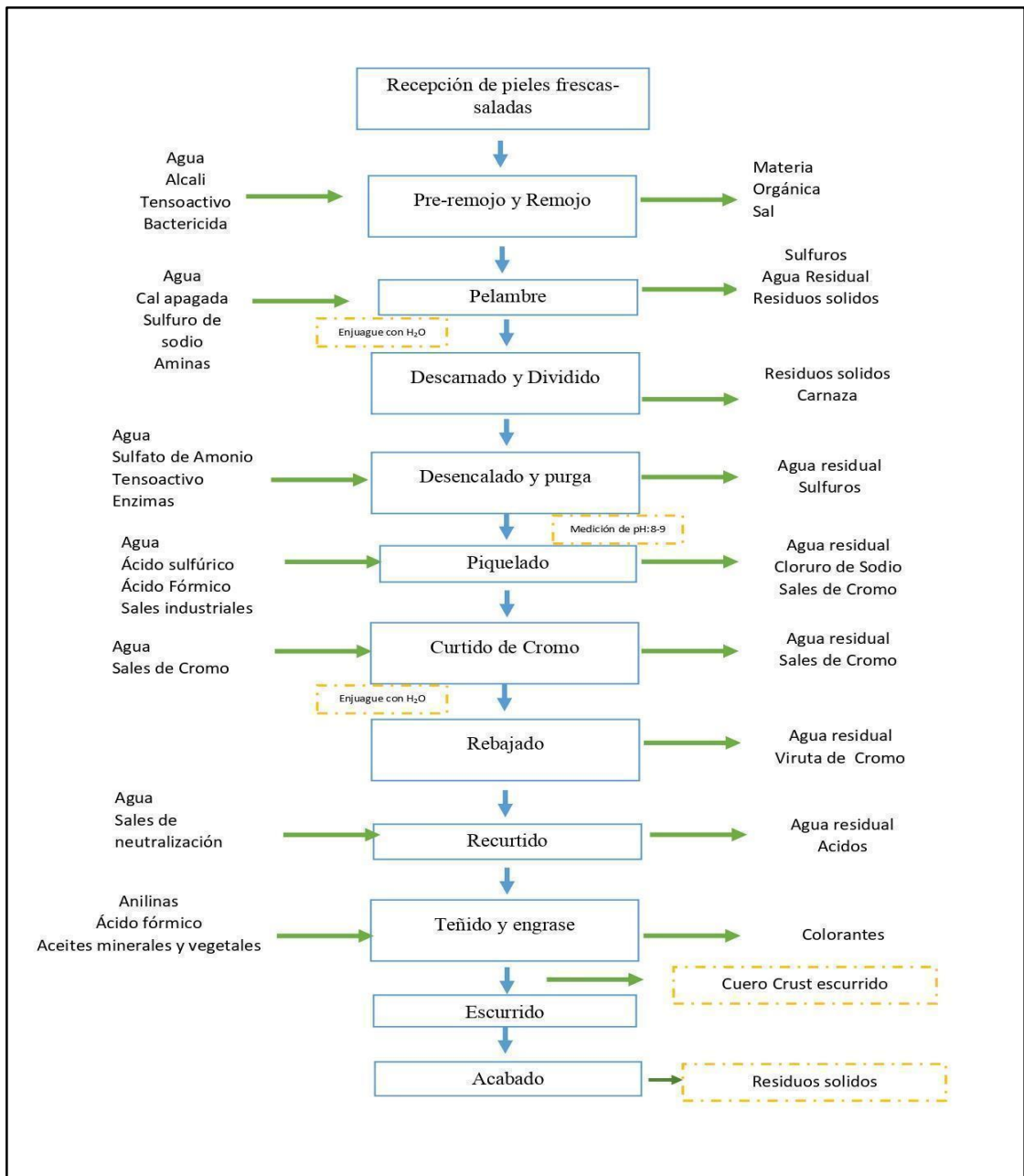


Figura 2. Proceso de curtiembre de empresa Curtiembre Pacheco S.R. LTDA. Tomado de “Resolución Directoral N° 00296-2020-PRODUCE/Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria” (20).



Figura 3. Diferentes etapas del proceso de curtido de cuero vacuno en Curtiembre Pacheco S.R.L.TDA. A) y B) Recepción de pieles, colocadas en las parihuelas; C) Lavado y remojo de pieles en los botaes; D) Lavado y eliminación de pelos, Pelambre y encalado en los dos botaes; E) Descarnado y corte de pieles; F) y G) Pieles curtidas, re-curtidas; H) Secado al vacío; I) Teñido, engrase, acabado. Elaboración propia.

- **Etapa de curtido:** Los agentes curtientes minerales o vegetales penetran en la estructura para estabilizar las fibras. Mayormente se utilizan sales minerales a base de cromo como el sulfato de cromo ($\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$), el sulfato básico de cromo ($\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$) o el óxido de cromo (Cr_2O_3) que hidrolizan en medio acuoso. Como resultado, la piel adquiere flexibilidad, suavidad y es más resistente. (16)

- **Etapa de re-curtido, teñido y engrase:** El cuero, una vez curtido, recibe el toque final para lograr el color y el contenido de humedad deseados. El proceso general finaliza con el secado y el acabado, lo que logra que el producto final tenga las propiedades deseadas. (16)

12.2.5.1 Parámetros indicadores de contaminación de las aguas residuales de curtiembre

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):** Este parámetro es elevado en estas aguas residuales debido a que la materia orgánica residual del proceso de precurtido es degradada por microorganismos. Por lo general, se ha reportado que se encuentra entre 8400 mg/L y 340 mg/L en los valores de las aguas residuales (11).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Su valor es alto debido a que este término hace referencia a la medición de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica o sustancias químicas en suspensión de los efluentes de curtiembre. Los valores reportados son de 3600 mg/L a 8400 mg/L. (8)
- **Sales Cloruros (Salinidad, STD, C.E.):** En las industrias de curtiembre, la piel (cuero) del ganado bovino es la materia prima y es transportada desde los camales hasta la industria de curtiembre. Al llegar, las pieles son depositadas y almacenadas en ambientes frescos para mantener y preservar su calidad. Se necesita un agente químico que ayude a preservar los cueros y evitar que entren en estado de descomposición, por lo que se adicionan sales de cloruro. Existen procesos en los que se le adiciona cloruro de sal y se realiza el remojo y el curtido, lo que eleva los valores de los parámetros de las aguas residuales. Los valores reportados para la salinidad están entre 785 mg/L-687 mg/L, para los sólidos totales disueltos en el rango de 300 ppt- 24.2 ppt, y para la conductividad eléctrica en el rango de 540 μ s/cm-368.3 μ s/cm. (8)
- **Metales Pesados (Cr):** Las diferentes concentraciones del elemento cromo en el agua se consideran las más altas en comparación con otros parámetros, ya que se clasifica dentro de los 10 metales más pesados a nivel mundial. El cromo forma varios compuestos y entre ellos se encuentra el Cr VI, considerado el más tóxico debido a su mayor movilidad y solubilidad. El Cr III es considerado menos tóxico en dosis relativamente bajas. Como efecto ambiental, las concentraciones relativamente altas de cromo afectan directamente el desarrollo y crecimiento de las plantas, provocando un estrés oxidativo. El cromo se considera una amenaza potencial para la seguridad alimentaria e inocuidad. En el curtido de cuero se utilizan Cr III y Cr VI, por lo que sus valores son elevados en las aguas residuales, siendo la preocupación más

importante el cromo VI debido a su mayor toxicidad para el ambiente y sus efectos adversos en la salud (21, 22). Los valores reportados de las aguas residuales son: Cr 400 mg/L - 0.17 mg/L (11, 21).

12.2.5.2 Tratamiento de aguas residuales de curtiembre

La remediación de las aguas de curtiembre tiene como objetivo reducir en gran parte los parámetros físicos (temperatura, pH, conductividad, etc.), químicos (metales pesados, DBO, DQO, etc.) y biológicos (materia orgánica, bacterias, coliformes, etc.), con el fin de tener valores por debajo de los estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana (18). Existen diferentes métodos para tratar aguas residuales, que pueden clasificarse como tratamiento físico-químicos (primarios) y tratamiento mediante procesos biológicos (secundarios-terciarios) (21).

- **Tratamiento primario:** Consiste en remover la materia suspendida, como sustancias grandes, basura u otros objetos, los cuales son separados. Este tratamiento permite quitar los sólidos suspendidos totales, para luego ser dispuestos como relleno, a excepción de sustancias disueltas en el agua. Asimismo, la materia orgánica más pequeña se sedimenta y los líquidos restantes pasan al siguiente proceso de tratamiento. La materia orgánica separada conocida como lodo pasa a tener otro tipo de tratamiento muy diferente a la sustancia líquida. (16)
- **Tratamiento secundario:** En este tratamiento predominan los tratamientos en los que, como complemento del tratamiento primario, se realizan reacciones bioquímicas. Este tratamiento exige la aplicación de bacterias aeróbicas o anaeróbicas adecuadas en espacios para su mejor desarrollo. Existen procesos en los cuales se utilizan tanques con o sin oxígeno. Estos ambientes aumentan la eficiencia del tratamiento. Un ejemplo es cuando tenemos microorganismos aerobios, se mantiene una aireación constante para su desarrollo y para que metabolice la materia orgánica de manera inocua. (16)
- **Tratamiento terciario:** El tratamiento terciario consiste en realizar procesos especializados y acondicionados según las necesidades de la industria, lo que implica un coste elevado (16).

21.2.6 Tratamiento de aguas residuales por biorremediación

En los años 80 se originó la palabra biorremediación, que se refiere a una remediación en la que se utilizan sistemas de microorganismos vivos para degradar de forma natural materia orgánica, compuestos orgánicos, etc. Este tratamiento puede utilizarse para tratar aguas

residuales, aguas superficiales, aguas subterráneas y gases de emisiones industriales (22). Teniendo como finalidad obtener ambientes sanos para que los microorganismos se desarrollen, crezcan y así generar sistemas biológicos que purifiquen, descontaminen y neutralicen olores nauseabundos, recuperando ambientes contaminados.

Este método puede ser utilizado *in situ* y *ex situ* en ambientalmente dañados. Además, este tratamiento se caracteriza por los bajos costes, sostenible con el ambiente a comparación de otras tecnologías alternas (22). A pesar de eso, para que la aplicación sea factible, este tratamiento requiere que se tenga una evaluación previa del lugar contaminado, con la finalidad de eliminar las alternativas del proceso que no califican en la biorremediación del sitio contaminado (23).

Las recientes investigaciones demuestran que los microorganismos eficientes surgen como una opción de tratamiento de aguas y suelos contaminados, esto se debe a que la contaminación estos últimos años han estado aumentando como consecuencia de la sobrepoblación y la industrialización. Se demostró que la aplicación de estos microorganismos en suelos y aguas contaminadas, degradan los compuestos químicos y biológicos, por lo que también se utiliza para la remediación de lodos activos (22).

12.2.6.1 Microorganismos eficaces (EM Agua)

Los microorganismos eficientes EM (Efficient Microorganism) consisten en productos formulados líquidos, que contienen un consorcio de más de 80 especies de microorganismos aeróbicos, anaeróbicos e incluso especies fotosintéticas. Su logro principal es que pueden coexistir como comunidades microbianas e incluso pueden complementarse (24).

Los EM tienen propiedades útiles y su uso es amplio. Se utilizan tratamientos de suelos, neutralizan olores, tratamiento de aguas residuales y también son utilizados para saneamiento de los desechos de residuos sólidos. Actualmente, se están estudiando por sus propiedades que posee para el medio ambiente y en el tratamiento de diferentes enfermedades del hombre, esto debido a que pueden producir sustancias bioactivas que ayuden a eliminar agentes tóxicos, estos microorganismos mantienen un equilibrio natural debido a que está libre de contaminantes y es amigable con el ecosistema (24).

A. Composición de EM

El producto EM está compuesto por una mezcla de microorganismos como: *Lactobacillus*, que degradan y descomponen la materia orgánica en un periodo de tiempo corto; levaduras que actúan como estimuladores para acelerar el crecimiento y desarrollo de las plantas; bacterias fotosintéticas que neutralizan olores de amoníaco y ácido sulfhídrico. Estas propiedades de los EM, permite aplicarlos en el tratamiento de diferentes formas de contaminación (24).

12.2.6.2 Fitorremediación

Este término hace referencia al uso y manejo de especies vegetativas con la finalidad de restaurar y mitigar sitios o suelos contaminados, aguas residuales industriales contaminadas. Las especies vegetativas utilizadas absorben, degradan y destruyen los diversos contaminantes (25). Esta técnica es benéfica porque es eco-sustentable y ambientalmente sostenible (26).

El objetivo principal de esta técnica es captar, absorber, bioacumular y fito-extraer compuestos contaminantes de sitios deteriorados para que, después de tiempos prolongados se lleguen a descontaminar y purificar. Además, este tratamiento no necesita de muchos recursos económicos para su ejecución, por lo que se facilita su uso, a comparación de otros métodos de tratamiento que en algunos casos se requiere de una tecnología para remediar sitios contaminados por ende su costo es muy altos, trabajar con fitorremediación es económicamente viable, asequible y ecoamigable. (27)

Una de las desventajas de este método es el tiempo necesario para restaurar los lugares contaminados, ya que se requieren largos periodos de tiempo para el desarrollo de las especies vegetativas. Las plantas bioacumulan y absorben los contaminantes tóxicos y se distribuye entre sus órganos como; raíces, tallos, hojas y frutos. Asimismo, dependiendo de la cantidad de contaminante que puedan acumular, se les clasifica como hiperacumuladoras ($> 1\text{g/kg}$ de peso) y acumuladoras ($<1\text{g/kg}$ de peso); y ambos tipos pueden utilizarse para la remediación de contaminantes tóxicos *in situ* y *ex situ*. (26)

Existe una amplia gama de estrategias para la fitorremediación como:

- **Fitoextracción o Fitoacumulación:** Es una técnica que tienen algunas plantas mediante la capacidad de acumular contaminantes tóxicos como metales pesados en sus raíces, tallos hasta llegar a los tejidos de los brotes y hojas. Para finalmente eliminar metales trazas como Cr, Cd, Cu, Ag, etc. ya que hay una máxima acumulación de metales en las partes altas de las plantas por lo que existe la biomasa que se puede secar, e incinerar (26).
- **Fitovolatilización:** En este proceso, las plantas absorben contaminantes tóxicos del suelo, convirtiéndolos en moléculas para finalmente liberarlos a la atmósfera. Dichos químicos se volatilizan mediante la transpiración de la planta, hojas en menores cantidades, además transforman compuestos orgánicos en sustancias de menor toxicidad (26).
- **Fitoestabilización:** Para este proceso, las plantas secuestran y absorben los metales en sus raíces, además que reducen la movilidad de ciertos metales tóxicos, por lo que se minimiza la lixiviación del suelo contaminado (26).

- **Fitorreducción:** Esta técnica es empleada para reducir la concentración de los metales tóxicos, ya que algunas plantas tienen la capacidad de digerir contaminantes tóxicos y peligrosos mediante sus enzimas de raíz-suelo (21).
- **Rhizo/Fito-Filtración:** A lo largo de este proceso, las plantas absorben los metales pesados en sus raíces en entornos acuáticos. Además, esta técnica es beneficiosa en ambientes costeros, ya que hay un mayor crecimiento de plantas acuáticas y éstas tienen una elevada biomasa de raíces (26).
- **Fitodegradación:** Cuando la planta se encarga de absorber y transformar la sustancia en otra de menor toxicidad (21).

A. Macrofitas

A esta especie de vegetal se les denomina macrófitas, debido a que pueden sobrevivir en áreas inundadas de manera permanente como los humedales, y son importantes en los ecosistemas acuáticos debido a su mayor crecimiento y desarrollo. Estas características, los vuelven en la especie que tienen mayor eficiencia para remediar sitios contaminados con bajo consumo de energía. (28)

La mayoría de las variedades de plantas son necesarias para los humanos, debido a que pueden consumirse como alimento, en otros casos puede ser la materia prima de diferentes industrias y sobre todo que la especie macrófita puede absorber contaminantes por sus raíces y proveer oxígeno mediante el proceso de la fotosíntesis. (28)

En contraste, existen cuerpos de agua hechos por el hombre que podrían crear problemas, porque pueden dificultar el uso humano que le dan al agua, impidiendo el flujo y la navegación natural, creando entornos favorables para propagación de enfermedades, plagas, aparición de vectores que afecten la salud humana. Por esta razón, es imperioso mantener el equilibrio en los ecosistemas acuáticos naturales y emplear humedales artificiales para tratamientos de fitorremediación. (28)

B. Humedales artificiales

Estos humedales en la actualidad están siendo usados con mayor frecuencia ya que constituyen una opción viable para el tratamiento de ambientes contaminados (29). Estos sistemas se caracterizan por imitar los procesos de los humedales naturales, pueden ser construidos in situ, son económicamente viables, razones que los convierte en una excelente alternativa para limpiar el ambiente (30).

Los humedales artificiales son sistemas controlados donde se utilizan plantas para descontaminar aguas residuales. Dentro del sistema se desarrollarán grandes cultivos vegetales

basados en Cama de grava impermeable. La acción de las grandes plantas hace posible Interacciones físicas, químicas y biológicas complejas, El agua residual entrante se purifica de forma gradual y lenta. La limpieza de residuos se realiza en un sistema de tres partes. Principalmente: Recuperación, tratamiento y evacuación a sitios de retorno. (31)

La mayor importancia de este sistema es la interacción entre el desarrollo de las plantas y la con los microorganismos aplicados al sistema, por lo que el método de tratamiento es posible siempre y cuando nuestras aguas residuales estén filtradas separando la materia orgánica para posteriormente biorremediar (32).

C. Caracterización de las macrófitas utilizadas como fitorremediadoras.

a) *Eichhornia crassipes*

Esta especie se caracteriza por ser una planta acuática conocida comúnmente como “lirio de agua”, “camalote”, “Jacinto de agua” o “buchón de agua”. Se encuentra normalmente en cuerpos de agua no muy corrientes. La especie *Eichhornia crassipes* presenta estolones, bulbos y rizomas en su estructura. Para su germinación es necesario la intensa luminosidad y temperaturas entre los 28° a 36°C. Como especie fitorremediadora, se ha reportado que elimina en un 97% la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), tiene un eficiente potencial de reproducción, crecimiento y desarrollo, y una elevada tolerancia y extracción de diferentes metales pesados. (32)

En cuanto a su distribución geográfica, el jacinto de agua tiene una alta capacidad adaptativa. Se origina en América del Sur, en países de la Amazonia, y su distribución abarca los países de Centroamérica, Norteamérica, algunos trópicos de Europa. En África se ha propagado en los ríos Nilo y Congo, en el continente asiático la encontramos en países como Indonesia e India, y se ha reportado también en Australia (32).

Presenta diferentes aplicaciones, entre las cuales con mayor frecuencia se usa como abono, como protección para los peces durante temporadas de temperaturas extremas, en las industrias de papel, y ha mostrado eficiencia en el tratamiento de aguas residuales (32).

Su ubicación taxonómica es como sigue:

Reino: **Plantae**

División: **Magnoliophyta**

Clase: **Liliopsida**

Orden: **Commelinales**

Familia: **Pontederiaceae**

Género: ***Eichhornia***

Especie: ***Eichhornia crassipes***

b) *Lemna minuta kunth*

Es una planta de hábito acuático que pertenece a la familia de las Araceas, se desarrolla rápido y debido a esto estas plantas van provocando la eutrofización en la mayoría de los cuerpos de agua con un cierto grado de contaminación a nivel mundial (33).

Conocida como “lenteja de agua”, se encuentra distribuida en los estanques, lagunas y lagos. Esta especie tiene diminutas raíces, hojas y tallos en su estructura. Se caracterizan por mantenerse siempre flotando sobre el agua en los estanques y su reproducción es rápida mediante sus propágulos sexuales formando poblaciones inmensas. (33)

L. minuta es un indicativo que ayuda a diagnosticar la calidad de los ecosistemas del entorno (34). Su distribución geográfica es extensa, desde sus primeras invasiones en Reino Unido, Europa central, también se invadió Suiza y Europa del Este, además de invadir el río Danubio. Por lo tanto, su expansión es amplia en Europa, y en la actualidad se extiende en España (33).

Reino: **Plantae**

División: **Magnoliophyta**

Clase: **Liliopsida**

Orden: **Alismatales**

Familia: **Araceae**

Género: ***Lemna***

Especie: ***Lemna minuta***

c) *Lemna gibba*

Es una especie de la familia Lemnáceas, también llamada como chichicastle, lenteja de agua o duckweed, que habita en aguas calmadas y vertientes lentas. Se divide en dos partes: raíz y frondas. Sus frondas tienen un tamaño de 2.4 mm, sus flores cilíndricas son pequeñas y presentan un doble perigonio. Se desarrolla en aguas dulces y cálidas, por lo que es una especie cosmopolita, con una reproducción activa. Su crecimiento se da por flotación en la superficie del agua, gracias a su tejido grueso esponjoso. Se le dio el nombre de “gibba” por la gibosidad de sus frondas, absorben nutrientes de manera óptima a través de la raíz y en condiciones de temperatura entre 18°C a 29°C, duplican su biomasa en un tiempo de 7 días. (35)

Se distribuye en regiones templadas y subtropicales de todo el mundo, excepto en Australia (35).

Reino: **Plantae**

División: **Magnoliophyta**

Clase: **Liliopsida**

Orden: **Alismatales**

Familia: ***Lemnáceas***

SubFamilia: ***Lemnoideae***

Tribu: ***Lemneae***

Género: ***Lemna***

Especie: *Lemna gibba*

21.3 Definición de Términos Básicos

- Biorremediación: Proceso mediante el cual todo tratamiento tiende a usar microorganismos (bacterias y hongos), enzimas o plantas para reducir o remediar los daños causados por la contaminación. (31)
- Fitorremediación: Este tratamiento usa en sus procesos plantas para la absorción de contaminantes localizados en el aire, agua y suelo. (16)
- Aguas residuales: Son todas aquellas aguas provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas, todas estas aguas tienen una composición diferente o variada. (32)
- PIRS: Parque Industrial de Río Seco.
- Contaminación: Compuesto químico o una mezcla de sustancias tóxicas distribuidos en lugares no deseables (aire, agua, suelo). (36)
- Monitoreo de aguas: Proceso de observación y seguimiento del desarrollo y variaciones de parámetro que se toman en cuenta en una investigación experimental. (36)
- pH: Parámetro físico que representa la acidez o alcalinidad de una mezcla o solución. (37)
- Demanda biológica de oxígeno (DBO₅): Indica la cantidad de oxígeno que consume un organismo al degradar materia orgánica. (38)
- Cromo: Metal pesado, contaminante con diferentes estados de oxidación, siendo el Cr³⁺ menos dañino que el Cr⁶⁺ que es conocido como cancerígeno. Este elemento es usado en varios procesos industriales tales, como el curtido de pieles. (33)

14. CAPÍTULO III

15. METODOLOGÍA

31.1 Método, tipo y alcance de la investigación

31.1.1 Método general de la investigación

El método general de la investigación es hipotético-deductivo, ya que se formulan hipótesis de investigación que deben ser confirmadas durante el experimento. (39)

31.1.2 Tipo de investigación

Por la finalidad es aplicada, dado que se basa en conocimientos previos de la biorremediación, pretende aplicar bases teóricas de tecnologías de microorganismos eficaces y plantas fitorremediadoras para mejorar la problemática ambiental de las aguas residuales de industrias curtidoras. (39)

31.1.3 Nivel de investigación

El nivel de la investigación es explicativo, ya que se asume la existencia de una relación entre la variable independiente (La aplicación de microorganismos eficaces antes y después de la fitorremediación en humedales mixtos *E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*, en diferentes periodos de tiempo) y variable dependiente (calidad del agua residual de curtiembre); pretendiendo hallar las causas y efectos de esta relación. (39)

31.1.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental, ya que se refiere a un estudio en el que se manipula intencionalmente la variable independiente y se analiza los efectos que la manipulación tiene sobre la variable dependiente.

Dentro del diseño experimental, se encuentra en el grupo de trabajos pre-experimentales, ya que se tiene un solo grupo de estudio del cual se obtendrán datos de entrada (basales), luego el grupo será sometido a tratamiento y se obtendrán datos de salida de corte horizontal.

G : O1 ----- X ----- O2

Donde:

G : Grupo de estudio

O1 : Observación de entrada (basales)

X : Tratamiento

O2 : Observación de salida.

31.2 Población y muestra

31.2.1 Población

Aguas residuales del proceso de curtido de la curtiembre Pacheco del Parque Industrial de Río Seco.

31.2.2 Muestra

Se colectó un total de 144 litros de aguas residuales del proceso de curtido de la empresa “CURTIEMBRE PACHECO S.R.LTDA.” que está localizado en el Parque Industrial de Río Seco, los 144 litros son distribuidos en 8 tanques equitativamente, cada tanque contiene un total de 18 litros de agua residual.

31.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

31.3.1 Lugar y fecha de experimentación

Área de estudio: El proyecto de investigación se realizó dentro de las instalaciones DIVA – VIDA Centro de Producción e Investigación en Ciencias Biológicas y Ambientales E.I.R.L, ubicado en el distrito de Cerro Colorado, provincia y departamento de Arequipa.

La experimentación se realizó desde julio de 2021 hasta enero de 2022.



Figura 4. Ubicación del Centro de Investigación DIVA-VIDA. Adaptado de Google Maps (40).

31.3.2 Instrumentos

13.3.2.1 Instrumentos de recolección de datos

El registro de datos se realizó tres veces al día utilizando el Multiparámetro HANNA 98130 para los parámetros de pH, C.E, T°, STD. Los instrumentos utilizados para la toma de datos contaban con calibración de fábrica (Anexo N°3). Los horarios de toma de datos fueron: Mañana (7:01am-8:30am), Tarde (12:00pm -2:00pm) y Noche (6:00pm - 7:00pm). Los datos fueron registrados en la plantilla personalizada (Fig.6), que considera datos parámetros físicos (T°, CE, STD y pH).



Figura 5. Fotografías del equipo de medición de parámetros físicos. Elaboración propia.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: MICROORGANISMOS EFICACES Y FITORREMEDIACIÓN EN HUMEDALES MIXTOS ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE DEL PARQUE INDUSTRIAL RIO SECO - AREQUIPA, 2021

FECHA DE INICIO	Toma de Datos	Fecha	Responsables					
		Hora						
23/09/2021	Registro de Termohigrómetro	TEMP. (°C)		Tem. Máx. (°C)		Temp. Mín. (°C)		
		H. R. (%)		H. R. Máx (%)		H. R. Mín. (%)		
Registro de Multiparámetro								
Parámetros	Tratamientos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	M[20%] Ec y LP	M[20%] Ec y LA	M[20%] Ec y LP	M[20%] Ec y LA	M[20%] Ec y LP	M[20%] Ec y LA	M[20%] Ec y LP	M[20%] Ec y LA
pH								
CE (mS/cm)								
SDT (ppt)								
SALT (ppt)								
SALT (%)								
Temp. (°C)								
pH								
CE (mS/cm)								
SDT (ppt)								
SALT (ppt)								
SALT (%)								
Temp. (°C)								
Observaciones:								

Figura 6. Plantilla para colocar parámetros fisicoquímicos diarios. Elaboración propia.

31.3.3 Material biológico

Se trabajó con las especies *Lemna gibba*, la cual se recolectó a orillas del Lago Titicaca Puno; *Lemna minuta*, colectada en el distrito de Characato, Arequipa; *Eichhornia crassipes* colectada en Tambo, Islay.

Se dispuso 16 contenedores para distribuir el material vegetal y mantenerlo en aclimatación durante 7 días. El siguiente paso fue agregarle solución de Hoogland para suplir el requerimiento nutricional de las plantas.



Figura 7. Aclimatación de especies y adición de solución nutritiva de HOAGLAND.

Elaboración propia.

Transcurridos 7 días más, se acondicionaron los humedales con las especies correspondientes para cada tratamiento utilizando agua de clorada (7L) en un contenedor de 15 L de capacidad (Tabla 1)

Tabla 1. Cantidad en gramos de cada especie usada

Humedal	<i>Lemna gibba</i>	<i>Lemna minuta</i>	<i>Eichhornia crassipes</i>
Ec+Lg	45gr	-	20 unidades
Ec+Lm	-	45gr	20 unidades

Nota: Identificación de especies, constancia de determinación (Ver Anexo 4). Elaboración propia.

31.3.4 Colecta de las aguas residuales

Se hizo la recolección de 150 L de aguas residuales de la curtiembre de los diferentes procesos de la empresa Pacheco S.R.Ltda. El agua fue recolectada en diferentes fechas, debido a que el

curtido de pieles es un proceso secuencial en el que cada etapa tiene un tiempo de duración diferente. El agua colectada fue almacenada en baldes herméticamente tapados con su respectivo rótulo para ser transportados al Centro de Investigación (Figura 8).



Figura 8. Recolección de aguas residuales industriales de curtiembre. Elaboración propia.

31.3.5 Activación de EM

De acuerdo con la ficha técnica del producto EM-AGUA para la activación de los Microorganismos Eficaces, se realizó el cálculo según la cantidad de agua residual a tratar como se muestra en la Tabla 2. Posteriormente se procedió a calentar agua de clorada a una temperatura de 50 a 60 °C para diluir la melaza, luego se adicionó la cantidad de EM respectiva completando finalmente el volumen de agua correspondiente (Figura 9). La mezcla se colocó en un envase hermético y se almacenó por 7 días a temperatura ambiente. Aproximadamente a los 4 días de incubación, se abrió ligeramente los contenedores para permitir la liberación de los gases de fermentación. Al término de los 7 días de incubación los EMA presentaron un olor agrídulce agradable y un pH cercano a 6 estando listos para su aplicación.



Figura 9. Activación de los microorganismos eficaces. A) Dilución de la melaza con agua tibia dechlorada; B) Adición del producto EM-AGUA; Mezcla homogénea de Melaza, agua dechlorada y EM-Agua; D) Almacenamiento en un recipiente herméticamente cerrado y etiquetado. Elaboración propia.

Tabla 2. *Proporciones de EM, melaza y agua dechlorada para la preparación de EMa 20%*

Relación para la preparación de EM PARA 1440ml de EMa	
Porcentaje de EM	EM 20%
Cantidad de em (litros)	280ml EM
Cantidad de melaza (litros)	280ml Melaza
Cantidad de agua (litros)	880ml Agua s/Cl
Total de EMa	1440ml EMa

Nota: Elaboración propia.

31.3.6 Instalación del experimento

Para el desarrollo del experimento se construyó una estructura en tres niveles utilizando placas de OSB de 18 mm. Las medidas de la estructura son altas 1.26m, largo 2.60 m, ancho 1.20m. La estructura se colocó bajo sombra, utilizando como cubierta para el techo malla Rachel al 50% de sombra con la finalidad de proteger de los rayos solares a los sistemas de humedales de los rayos solares.

Se mezclaron las aguas residuales colectadas (Fig10) de acuerdo como se indica en la Tabla 3. Posterior a la mezcla y antes de la aplicación de los EMA para el tratamiento inicial de Biorremediación, se realizó la toma de datos iniciales de pH, temperatura (T°), sólidos totales disueltos (STD) y conductividad eléctrica (C.E.); así como también se realizó la extracción de muestras para las determinaciones de Cromo total (Cr), Cromo hexavalente (Cr VI) y Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) realizadas por el laboratorio BHIOS (Fig11). Posteriormente las aguas residuales mezcladas fueron repartidas en baldes de 20 L de capacidad con tapa colocando en cada uno 18 L (Figura 12) sistema completo instalado.



Figura 10. Mezcla de aguas residuales por proceso. Elaboración propia.

Tabla 3. *Proporciones de las Agua Residuales colectadas por etapa de curtido para 150 L de Aguas Residuales a tratar*

Procesos	Porcentaje	500 litros	150 litros
Pre-remojó	15,6	78	23,4
Remojó	9,4	47	14,1
Pelambre	10,2	51	15,3
Lavado 1	15,6	78	23,4
Lavado 2	7,8	39	11,7
Desencalado	7,8	39	11,7
Purga y desengrase	3,9	19,5	5,85
Curtido	3,9	19,5	5,85
Recurtido	15,6	78	23,4
Engrase	7,8	39	11,7
Teñido	2,4	12	3,6

Nota: Elaboración propia.



Figura 11. Muestreo para determinaciones en laboratorio BHIOS. Elaboración propia.



Figura 12. Sistema de humedales artificiales instalados y con sus respectivas plantas biorremediadoras. Elaboración propia.

31.3.7 Aplicación de EMa 20%

Luego de la toma de muestra para los datos basales se procedió a dar inicio al experimento con la primera aplicación de EMa 20% (Figura13). Esta aplicación se repitió en un intervalo de 7 días para cada uno de los baldes contenedores. A los 11 días de iniciado el tratamiento con EMa, se realiza el traspaso de las aguas residuales a las bandejas de los humedales mixtos (*L. gibba* + *E. crassipes*; *L. minuta kunth* + *E. crassipes*). Posteriormente y pasado 5 días las aguas residuales fueron traspasadas al segundo nivel de humedales por otros 5 días transcurriendo un total de 21 días de tratamiento (Figura 14). A su vez, se trabajó con un periodo de tratamiento de 45 días para lo cual las aguas residuales de mantuvieron en los baldes por un periodo de 23 días posterior al cual las aguas fueron traspasadas al primer nivel de humedales y luego de 11 días pasaron al segundo nivel de humedales donde permanecieron por 11 días más hasta completar un periodo total de 45 días. Finalmente, después de los 21 y 45 días de tratamiento se recibieron las aguas de los humedales en baldes para una nueva aplicación de EMa 20% por un periodo de 11 y 23 días más completando un periodo de tratamiento total de 32 y 68 días.



Figura 13. Aplicación de EMA 20 % a cada balde, para el tratamiento de biorremediación.

Elaboración propia.



Figura 14. Traspaso a primer nivel para tratamiento de fitorremediación. Elaboración propia.



Figura 15. Aplicación de EMA 20% para segundo tratamiento de biorremediación. Elaboración propia.

31.3.8 Toma de muestras para la determinación de parámetros físicos y químicos de las aguas residuales de curtiembre del PIRS

Para la determinación de Cr total, Cr VI y DBO₅ se realizaron los muestreos según el cronograma que se muestra en la Tabla N°4; a los 11 días y 23 días (Después del tratamiento de biorremediación), 21 días y 45 días (Después del tratamiento de fitorremediación), 32 días y 68 días (Después del segundo tratamiento de biorremediación).

Tabla 4. *Fechas de muestreo*

Nombre de la muestra	Codificación	Fecha	Cr total	Cr VI	Demanda bioquímica de oxígeno	Total de muestras
Agua Residual de Curtiembre	EM20/Ec+Lg/21 días	14/10/2021	3	3	3	9
Agua Residual de Curtiembre	EM20/Ec+Lm/21 días	14/10/2021	3	3	3	9

Agua Residual de Curtiembre	EM20/Ec+Lg/32 días	25/10/2021	3	3	3	9
Agua Residual de Curtiembre	EM20/Ec+Lm/32 días	25/10/2021	3	3	3	9
Agua Residual de Curtiembre	EM 20/ Ec+Lg/ 45 días	08/11/2021	3	3	3	9
Agua Residual de Curtiembre	EM 20/ Ec+Lm/ 45 días	08/11/2021	3	3	3	9
Agua Residual de Curtiembre	EM 20/ Ec+Lg/EM20/ 68 días	30/11/2021	3	3	3	9
Agua Residual de Curtiembre	EM 20/ Ec+Lm/EM20/ 68 días	30/11/2021	3	3	3	9

Nota: Elaboración propia (2021).

BHIOS Laboratorios está acreditado con un sistema de aseguramiento de la calidad de acuerdo con la NTP ISO/IEC 17025: La lista metodológica está acreditada por INACAL. El material para el muestreo fue recepcionado en el laboratorio dentro de un cooler herméticamente cerrado y enfriado con gel pack para preservar los reactivos de cada recipiente como se visualiza en la Figura 16. Junto con las muestras se entregó al laboratorio la hoja de custodia con información de cada muestra debidamente etiquetada (Anexo 5).



Figura 16. Cooler con muestras y gel pack para su preservación. Elaboración propia.

31.3.9 Diseño estadístico

Se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCR) con arreglo factorial 1x2x2. El primer factor corresponde a la concentración de EM (20%) aplicado antes y después de la fitorremediación. El segundo factor corresponde a dos humedales mixtos artificiales con *E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*. El tercer factor corresponde a en las diferentes fases (11, 21, y 32 días; y 23, 45 y 68 días) Se trabajó con 3 repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 12 unidades experimentales. Los tratamientos se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. *Tratamientos*

N°	Código	Descripción
1	T1corto	EM 20% /Tiempo 11 días
2	T2corto	EM 20% /Humedal Ec+Lg; Ec+lm/Tiempo 21 días
3	T3corto	EM 20% / Humedal Ec+Lg; Ec+lm /Tiempo 32 días
4	T4largo	EM 20% / Tiempo 23 días
5	T5largo	EM 20% / Humedal Ec+Lg; Ec+lm /Tiempo 45 días
6	T6largo	EM 20% / Humedal Ec+Lg; Ec+lm /Tiempo 68 días

Nota: Elaboración propia.

31.3.10 Análisis estadístico de datos

Se utilizó el programa estadístico SPSS versión 25 (IBM SSPS Statistics 25). Se sometió los datos a prueba de normalidad para determinar si presentan o no una distribución normal, aplicando la prueba de Shapiro-Wilk cuando se trabajó con menos de 30 datos y Kolmogorov-Smirnov que se utiliza cuando se trabajó con más de 30 datos. Si los datos presentaban distribución normal la comprobación de hipótesis se realizó con las pruebas paramétricas de T de Student y ANNOVA según correspondiera. Si los datos no presentaban distribución normal la comprobación de hipótesis se realizó con las pruebas no paramétricas de Wilcoxon, U Mann Whitney, Kruskal Wallis y Freedman, según correspondía. Para todas las pruebas se utilizó un nivel de significancia de 0.05.

31.3.11 Aspectos éticos

Los datos presentados corresponden completamente a los resultados de los análisis obtenidos a partir de las muestras analizadas. No existe modificación o manipulación de datos. Asimismo, la información proporcionada en esta tesis muestra las referencias relevantes en las citas escritas a la propiedad intelectual de los autores consultados, con el fin de evitar cualquier tipo de plagio.

16. CAPÍTULO IV:

17. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

41.1 Presentación de resultados

41.1.1 Valores basales de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E. de las aguas residuales de curtiembre en tratamiento

En la Tabla 6, se muestran los valores basales de los parámetros fisicoquímicos del agua residual de curtiembre, los mismos que se comparan con los valores establecidos por la normativa peruana de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3: subcategoría D1: riego de vegetales), los Límites Máximos Permisibles para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel de efluentes para alcantarillado (Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE) y los valores máximos admisibles para aguas no domésticas (Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA). Ciertos límites no se encuentran en nuestra normativa peruana, por lo que se esperan estándares de todo el mundo, como la normativa ecuatoriana (NORMA TÉCNICA PARA CONTROL DE DESCARGAS LÍQUIDAS NT002) y la norma de República Dominicana (NORMA DE CALIDAD DEL AGUA Y CONTROL DE DESCARGA Ag-cc 01).

Se obtuvieron valores para los parámetros: pH y Temperatura, los cuales se encuentran dentro de los valores establecidos por la normativa nacional e internacional consultada, aunque todos los demás parámetros superan significativamente los valores normados. Así, el parámetro de C.E. supera en más de 11 veces el ECA y 39.7 veces el valor establecido por la Norma Internacional para agua de riego agrícola. Los STD superan en 27.8 veces la Norma de Costa Rica y 30.89 veces la norma ecuatoriana. El Cr Total supera más de 24 veces el LMP y 486.9 veces el ECA establecido en la norma peruana, así como el Cr VI supera en más de 99 veces el LMP de la Norma Peruana y 398.5 veces la Norma ecuatoriana. Por último, el DBO5 supera en 8.38 veces el LMP y 279.3 veces el ECA, ambos de la norma peruana vigente. En comparación, las aguas residuales superan los estándares de la normativa peruana e internacional, y al ser liberadas al alcantarillado sin previo tratamiento genera un serio riesgo ambiental.

Tabla 6. Valores basales contrastados con los valores de las normas ambientales vigentes para aguas residuales de curtiembre

Parámetros	Basal	LMP	VMA	ECA	Norma Ecu/RD
pH	7.77	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
C.E.(mS/cm)	27.8	-	-	2.5	0.7
STD ppt	13.9	-	-	-	450/500
Temperatura T °C	22.1	<35	<35	Δ3	-
Cr (mg/L)	48.69	2	10	0,1	-
Cr VI (mg/L)	39.85	0.4	0.5	-	0.1
DBO ₅	4190	500	500	15	-

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS.

41.1.2 Efecto del tratamiento por 11 y 23 días con 20% de EMa sobre Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre

En la Tabla 7 se presentan los resultados de cada parámetro físico y químico a los 11 y 23 días de tratamiento con EMa 20%. Se observa que los datos de todos los parámetros no presentan una distribución normal (Tabla 7). Asimismo, se evidencia que el tiempo de tratamiento influyó en la mayoría de los parámetros evaluados a excepción de la temperatura, en la que no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre el periodo de 11 y 23 días de tratamiento (Tabla 8). El pH y la C.E. fueron ligeramente más elevados en el mayor periodo de tratamiento. Cr Total, Cr VI y DBO₅ presentaron valores considerablemente mayores en el tratamiento de 23 días; mientras que, el valor de STD fue menor en el mayor tiempo de tratamiento (Anexo 21).

Tabla 7. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre a los 11 y 23 días de tratamiento con EMa 20%. Se muestra resultados de comparación por la prueba de U Mann Whitney ($\alpha = 0.05$)

Parámetros	11 días	23 días	U Mann Whitney	Decisión
pH	7.38±0.37	7.61±0.42	0.000	Acepta H ₁
C.E.	26.76±1.88	27.27±2.26	0.000	Acepta H ₁

STD	16.61±14.77	13.77±0.98	0.007	Acepta H ₁
Temperatura	19.54±3.59	19.73±3.43	0.466	Acepta H ₀
Cr Total	23.54±11.93	72.44±13.86	0.004	Acepta H ₁
Cr VI	21.38±11.56	61.58±11.78	0.004	Acepta H ₁
DBO ₅	3133.33±1578.17	4768.67±227.01	0.004	Acepta H ₁

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS.

Tabla 8. Prueba de normalidad para los parámetros fisicoquímicos de los días 11 y 23 días de tratamiento con 20% de EM biorremediación

Prueba de Normalidad						
Parámetro	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	0.05	3600	0	0.967	3600	0.000
CE	0.188	3600	0	0.9	3600	0.000
STD	0.179	3600	0	0.537	3600	0.000
Temperatura	0.111	3600	0	0.955	3600	0.000
Cr Total	0.228	36	0	0.862	36	0.000
Cromo VI	0.196	36	0.001	0.847	36	0.000
DBO ₅	0.142	36	0.065	0.901	36	0.004

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS.

41.1.3 Efecto del tratamiento por 10 y 22 días de fitorremediación en humedales mixtos (*E. crassipes* + *L. minuta*, y *E. crassipes* + *L. gibba*) artificiales sobre Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E. de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con Ema

En la Tabla 9 se presentan los resultados de los parámetros físicos y químicos a los 10 y 22 días de tratamiento de fitorremediación con especies *E. crassipes* + *L. gibba* y *E. crassipes* + *L. minuta*. Se observa que ninguno de los parámetros evaluados presenta distribución normal en el tratamiento de *E. crassipes* + *L. gibba* (Tabla 10). En el tratamiento de *E. crassipes* + *L. minuta* los valores de pH, C.E, STD y T° no presentan distribución normal, mientras que los valores de Cr Total, Cr VI y DBO₅ presentan una distribución normal (Tabla 11). De acuerdo con la prueba no paramétrica U Mann Whitney (Tabla 9) en el tratamiento con *E. crassipes* + *L. minuta*

los parámetros C.E., STD y T° presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre 10 y 22 días, siendo los valores mayores a los 10 días de tratamiento. Los valores de pH no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$). De acuerdo a la prueba de t-Student, los valores de DBO₅ no mostraron diferencia significativa entre los tiempos de tratamiento; pero si se encontró diferencia en los valores de Cr Total y Cr VI entre los tiempos de tratamiento, siendo mayores a los 22 días de tratamiento (Anexo 22).

En el tratamiento con *E. crassipes* + *L. gibba* de acuerdo con la prueba de U Mann Whitney (Tabla 9), existe diferencia en los parámetros de pH, C.E, STD, T° entre los tratamientos de 10 y 22 días, siendo mayores los valores a los 10 días. De acuerdo con la prueba de t-Student existe diferencia significativa entre 10 y 22 días en los valores de Cr Total y Cr VI siendo mayores a los 22 días de tratamiento. No se observó diferencias significativas en los valores de DBO₅ (Anexo 22).

Tabla 9. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre a los 10 y 22 días de tratamiento por fitorremediación con *E. crassipes* + *L. minuta* y *E. crassipes* + *L. gibba* posterior al tratamiento con EMA 20%. Se muestra resultados de comparac

Parámetro	<i>E. crassipes</i> + <i>L. minuta</i>				<i>E. crassipes</i> + <i>L. gibba</i>			
	10 días	22 días	U Man Whit ney	Decisi ón	10 días	22 días	P valo r	Decisió n
pH	8.14 ±0.65	8.34 ±0.38	0.082	Acepta Ho	8.62±0.2 2	8.34±0.3 5	0.00 0	Acepta H1
C.E.	26.76 ±2.91	23.16 ±7.13	0.000	Acepta H1	25.78±3. 64	24.06±7. 63	0.00 5	Acepta H1
STD	13.39 ±1.47	11.51 ±3.62	0.000	Acepta H1	12.93±1. 85	11.94±3. 79	0.00 2	Acepta H1
T°	20.37 ±3.59	17.13 ±5.32	0.000	Acepta H1	18.13±4. 49	17.12±5. 55	0.01 6	Acepta H1
Cr Total	7.41 ±2.59	41.50±33 .90	0.008 *	Acepta H1	5.72±1.0 9	44.9±18. 29	0.02 1*	Acepta H1
Cr VI	6.26±2.2 4	13.89±11 .36	0.021 *	Acepta H1	4.57±0.8 7	23.54±1. 88	0.00 0*	Acepta H1
DBO ₅	3665.00± 127.67	2142,966 7± 1820,87	0.146 *	Acepta H0	3688.33± 550.46	2830.00± 222.71	0.06 7*	Acepta H0

Nota: (*) Prueba t-Student. Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS.

Tabla 10. Prueba de Normalidad de parámetros fisicoquímico 10 y 22 días de tratamiento con especie *E crassipes* + *L. gibba* fitorremediación

Pruebas de normalidad							
Tiempo (Días)		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Parámetro	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	Sig.
pH	Fito10	0,223	90	0,000			
	Fito22	0,120	198	0,000			
CE	Fito10	0,181	90	0,000			
	Fito22	0,111	198	0,000			
STD	Fito10	0,175	90	0,000			
	Fito22	0,109	198	0,000			
T°	Fito10	0,115	90	0,005			
	Fito22	0,164	198	0,000			
Cr Total	Fito10				0,971	3	0,673
	Fito22				0,986	3	0,772
Cromo VI	Fito10				0,969	3	0,662
	Fito22				0,994	3	0,850
DBO ₅	Fito10				0,918	3	0,446
	Fito22				0,976	3	0,702

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS (2022).

Tabla 11. Prueba de normalidad de parámetros fisicoquímico 10 y 22 días de tratamiento con especie *E crassipes* + *L. minuta* fitorremediación

Pruebas de normalidad							
Parámetro	Tiempo (Días)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	Fito10	0,223	90	0,000			
	Fito22	0,120	198	0,000			

CE	Fito10	0,181	90	0,000		
	Fito22	0,111	198	0,000		
STD	Fito10	0,175	90	0,000		
	Fito22	0,109	198	0,000		
T°	Fito10	0,115	90	0,005		
	Fito22	0,164	198	0,000		
Cr Total	Fito10				0,967	3 0,651
	Fito22				0,963	3 0,628
Cromo VI	Fito10				0,820	3 0,162
	Fito22				0,956	3 0,595
DBO ₅	Fito10				0,959	3 0,609
	Fito22				0,951	3 0,572

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS (2022).

En cuanto a la relación entre los resultados de biorremediación y fitorremediación, en la Tabla 12 se muestra los valores del parámetro físicos y químicos de las aguas residuales después del tratamiento de biorremediación con EMa 20% y fitorremediación con *E. crassipes* + *L. minuta* en dos diferentes periodos de tiempo (21 y 45 total de días). Para la comparación entre 11 días de biorremediación y 10 días de fitorremediación se utilizó la prueba de Wilcoxon para pH, C.E, T° y STD debido a que no presentaban distribución normal (Tabla 13), mientras que se utilizó la prueba de t-Student para los parámetros de Cr Total, Cr VI y DBO₅ debido a que presentaban distribución normal (Tabla 13).

Se observa que en los parámetros físicos el pH y STD presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el tratamiento de 11 días con EMa 20% y 10 días de tratamiento por fitorremediación. T° y C.E no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$). Los parámetros de Cr Total, Cr VI y DBO₅ estadísticamente no presentan diferencias significativas entre sí, sin embargo, es evidente la reducción en el contenido de Cr después del tratamiento de fitorremediación en comparación al tratamiento con EMa 20% (Tabla 12).

En los resultados de biorremediación de 23 días y fitorremediación de 22 días se realizó la comparación con la prueba de Wilcoxon para los parámetros físicos y la prueba de t-Student para los parámetros químicos, de acuerdo al resultado de la prueba de normalidad (Tabla 13). Entre el tratamiento con EMa 20% y fitorremediación con *E. crassipes* + *L. minuta*, se observa diferencias significativas en todos los parámetros físicos evaluados observándose incremento

en el pH y disminución en los valores de C.E., STD y T° en el tratamiento de fitorremediación con respecto al de biorremediación. Con respecto a los parámetros químicos solo se encontró diferencia significativa entre los valores de Cr VI, sin embargo, es evidente la disminución de los valores de Cr Total, Cr VI y DBO₅ en el tratamiento de fitorremediación con respecto a la biorremediación (Tabla 12)

Tabla 12. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre entre 11,10 días y 23,22 días de tratamiento por fitorremediación con *E. crassipes* + *L. minuta*. Se muestra resultados de comparación por la prueba de Wilcoxon y t-Student ($\alpha=0.05$)

Parámetro	EMa	<i>E. c + L.</i>	Wilcoxon	Decisión	EMa	<i>E. c + L.</i>	Wilcoxon	Decisión
	20%	<i>m</i>			20%	<i>m</i>		
	11 días	10 días			23 días	22 días		
pH	7.38±0.37	8.14±0.65	0.000	Acepta H ₁	7.61±0.42	8.34±0.38	0.000	Acepta H ₁
C.E.	26.76±1.88	26.76±2.91	0.234	Acepta H ₀	27.27±2.26	23.16±7.13	0.000	Acepta H ₁
STD	16.61±14.77	13.39±1.47	0.000	Acepta H ₁	13.77±0.98	11.51±3.62	0.000	Acepta H ₁
T°	19.54±3.59	20.37±3.59	0.295	Acepta H ₀	19.73±3.43	17.13±5.32	0.000	Acepta H ₁
Cr Total	23.54±11.93	7.41±2.59	0.203*	Acepta H ₀	72.44±13.86	41.50±3.90	0.188*	Acepta H ₀
Cr VI	21.38±11.56	6.26±2.24	0.196*	Acepta H ₀	61.58±11.78	13.89±1.36	0.002*	Acepta H ₀
DBO ₅	3133.33±1578.17	3665.00±127.67	0.663*	Acepta H ₀	4768.67±227.01	2142.9667±1820.87	0.092*	Acepta H ₀

Nota: (*) Prueba t-Student. Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS (2022).

Tabla 13. Prueba de normalidad de parámetros fisicoquímico 11,10 días y 23,22 de tratamiento con especie *E crassipes* + *L. minuta*

Pruebas de normalidad		
Parámetro	Kolmogorov-Smirnov ^a	Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EcLmpH11	0,089	90	0,075	0,982	90	0,245
EcLmpH10	0,223	90	0,000	0,862	90	0,000
EcLmpH23	0,086	90	0,098	0,976	90	0,087
EcLmpH22	0,154	90	0,000	0,897	90	0,000
EcLmCE11	0,197	90	0,000	0,862	90	0,000
EcLmCE10	0,181	90	0,000	0,916	90	0,000
EcLmCE23	0,147	90	0,000	0,910	90	0,000
EcLmCE22	0,110	90	0,009	0,947	90	0,001
EcLmSTD11	0,485	90	0,000	0,365	90	0,000
EcLmSTD10	0,175	90	0,000	0,928	90	0,000
EcLmSTD23	0,133	90	0,000	0,946	90	0,001
EcLmSTD22	0,118	90	0,003	0,948	90	0,001
EcLmTemp11	0,177	90	0,000	0,885	90	0,000
EcLmTemp10	0,115	90	0,005	0,949	90	0,001
EcLmTemp23	0,186	90	0,000	0,889	90	0,000
EcLmTemp22	0,179	90	0,000	0,843	90	0,000
EcLmCrTotal11	0,285	3		0,933	3	0,498
EcLmCrTotal10	0,250	3		0,967	3	0,651
EcLmCrTotal23	0,191	3		0,997	3	0,898
EcLmCrTotal22	0,255	3		0,963	3	0,628
EcLmCrVII1	0,256	3		0,962	3	0,624
EcLmCrVII10	0,355	3		0,820	3	0,162
EcLmCrVI23	0,191	3		0,997	3	0,899
EcLmCrVI22	0,263	3		0,956	3	0,595
EcLmDBO511	0,306	3		0,904	3	0,398

EcLmDBO510	0,260	3	0,959	3	0,609
EcLmDBO523	0,189	3	0,998	3	0,907
EcLmDBO522	0,322	3	0,880	3	0,326

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS.

En cuanto a la relación entre los resultados de biorremediación y fitorremediación, en la Tabla 14 se muestra los valores de los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales después del tratamiento de biorremediación con EMa 20% y fitorremediación con *E. crassipes* + *L. gibba*. en dos diferentes periodos de tiempo (21 y 45 días). Para la comparación entre 11 días de biorremediación y 10 días de fitorremediación se utilizó la prueba de Wilcoxon para pH, C.E, T° y STD debido a que no presentaban distribución normal (Tabla 15), mientras que se utilizó la prueba de t-Student para los parámetros de Cr Total, Cr VI y DBO₅ debido a que presentaban distribución normal (Tabla 14).

Entre los parámetros físicos, solo se observó que el pH presenta diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el tratamiento con EMa 20% durante 11 días y 10 días de tratamiento por fitorremediación. T° y C.E no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$). Los parámetros de Cr Total, Cr VI y DBO₅ estadísticamente no presentan diferencias significativas entre sí, pero es evidente disminución significativa en el contenido de Cr después del tratamiento de fitorremediación frente al tratamiento con EMa 20% (Tabla 14).

En los resultados de biorremediación de 23 días y fitorremediación de 22 días se realizó la comparación con la prueba de Wilcoxon para los parámetros físicos y la prueba de t-Student para los parámetros químicos, de acuerdo con el resultado de la prueba de normalidad (Tabla N°15). Entre el tratamiento con EMa 20% y fitorremediación con *E. crassipes* + *L. gibba*, se observa diferencias significativas en todos los parámetros físicos evaluados observándose incremento en el pH y disminución en los valores de C.E., STD y T° en el tratamiento de fitorremediación con respecto al de biorremediación. En cuanto a los parámetros químicos no se encontró diferencia significativa entre los valores de Cr Total, sin embargo, los valores de Cr Total, CrVI y DBO₅ disminuyeron en el tratamiento de fitorremediación con respecto a la biorremediación (Tabla 14).

Tabla 14. *Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre entre 11,10 días y 23,22 días de tratamiento por fitorremediación con E. crassipes + L. gibba. Se muestra resultados de comparación por la prueba de Wilcoxon y t-Student ($\alpha=0.05$)*

Parámetro	EMa 20%	<i>E. c + L. g</i>	Wilcoxon	Decisión	EMa 20%	<i>E. c + L. g</i>	Wilcoxon	Decisión
-----------	---------	--------------------	----------	----------	---------	--------------------	----------	----------

	11 días	10 días			23 días	22 días		
pH	7.38±0.3 7	8.62±0.22	0.000	Acepta H ₁	7.61±0 .42	8.34±0.35	0.000	Acepta H ₁
C.E.	26.76±1. 88	25.78±3.6 4	0.099	Acepta H ₀	27.27± 2.26	24.06±7.6 3	0.000	Acepta H ₁
STD	16.61±1 4.77	12.93±1.8 5	0.105	Acepta H ₀	13.77± 0.98	11.94±3.7 9	0.000	Acepta H ₁
T°	19.54±3. 59	18.13±4.4 9	0.039	Acepta H ₀	19.73± 3.43	17.12±5.5 5	0.000	Acepta H ₁
Cr Total	23.54±1 1.93	5.72±1.09	0.146*	Acepta H ₀	72.44± 13.86	44.9±18.2 9	0.098*	Acepta H ₀
Cr VI	21.38±1 1.56	4.57±0.87	0.151*	Acepta H ₀	61.58± 11.78	23.54±1.8 8	0.044*	Acepta H ₀
DBO ₅	3133.33 ±1578.1 7	3688.33± 550.46	0.690*	Acepta H ₀	4768.6 7±227. 01	2830.00± 222.71	0.003*	Acepta H ₁

Nota: (*) Prueba t-Student. Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS (2022).

Tabla 15. Prueba de normalidad de parámetros fisicoquímico 11,10 días y 23,22 de tratamiento con especie *E crassipes* + *L. gibba*

Parámetro	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EcLgpH11	0,083	90	0,174	0,973	90	0,060
EcLgpH10	0,132	90	0,001	0,930	90	0,000
EcLgpH23	0,069	90	,200*	0,969	90	0,029
EcLgpH22	0,137	90	0,000	0,914	90	0,000
EcLgCE11	0,205	90	0,000	0,879	90	0,000
EcLgCE10	0,136	90	0,000	0,941	90	0,001
EcLgCE23	0,165	90	0,000	0,908	90	0,000
EcLgCE22	0,136	90	0,000	0,931	90	0,000
EcLgSTD11	0,177	90	0,000	0,887	90	0,000

EcLgSTD10	0,140	90	0,000	0,952	90	0,002
EcLgSTD23	0,148	90	0,000	0,926	90	0,000
EcLgSTD22	0,133	90	0,000	0,934	90	0,000
EcLgSTemp11	0,158	90	0,000	0,920	90	0,000
EcLgSTemp10	0,211	90	0,000	0,887	90	0,000
EcLgSTemp23	0,185	90	0,000	0,927	90	0,000
EcLgSTemp22	0,194	90	0,000	0,834	90	0,000
EcLgCrTotal11	0,285	3		0,933	3	0,498
EcLgCrTotal10	0,245	3		0,971	3	0,673
EcLgCrTotal23	0,191	3		0,997	3	0,898
EcLgCrTotal22	0,221	3		0,986	3	0,772
EcLgCrVII1	0,256	3		0,962	3	0,624
EcLgCrVII0	0,247	3		0,969	3	0,662
EcLgCrVI23	0,191	3		0,997	3	0,899
EcLgCrVI22	0,203	3		0,994	3	0,850
EcLgDBO511	0,306	3		0,904	3	0,398
EcLgDBO510	0,296	3		0,918	3	0,446
EcLgDBO523	0,189	3		0,998	3	0,907
EcLgDBO522	0,238	3		0,976	3	0,702

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS.

41.1.4 Valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO₅, pH, T°, STD y C.E. de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM y fitorremediación en humedales mixtos artificiales, por efecto del tratamiento con 20% de EM durante 11 y 23 días

En la Tabla 16 se presentan los resultados de los parámetros físicos y químicos después de un total de 32 y 68 días de tratamiento, en que las aguas residuales fueron tratadas con EMa 20% (11 y 23 días), fitorremediación con especies *E. crassipes* + *L. minuta* y *E. crassipes* + *L. gibba* (10 y 22 días), y segunda aplicación de EMa 20% (11 y 23 días). Se observa que en el tratamiento con *E. crassipes* + *L. minuta* en todos los parámetros físicos no presentan una distribución normal (Tabla 17), mientras que los parámetros químicos Cr Total, Cr VI y DBO₅ presentan una distribución normal (Tabla 17), de acuerdo a la prueba no paramétrica U Mann Whitney (Tabla 16), el tiempo de tratamiento de 11 y 23 días con la segunda aplicación de EMa 20% no influyó en los parámetros de C.E, STD y T° ya que no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$). En cuanto al pH si presenta diferencia significativa ($p < 0.05$) incrementando su valor a los 23 días de tratamiento. Los valores de Cr Total, Cr VI y DBO₅, fueron comparados con la prueba paramétrica de t – Student (Tabla 16) no encontrándose diferencias significativas estadísticamente. Sin embargo, se visualiza que el Cr Total, Cr VI y DBO₅, presentan valores mayores en el tratamiento de 23 días (Tabla 16).

En el tratamiento de las aguas residuales con *E. crassipes* + *L. gibba*, después del segundo tratamiento con EMa 20%, se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) en el parámetro de pH que fue mayor en el mayor tiempo de tratamiento. Los valores de C.E., STD y T° no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los diferentes tiempos de tratamiento. Sin embargo, los valores fueron ligeramente mayores en el mayor tiempo de tratamiento (Tabla 16).

En cuanto a los parámetros químicos según la prueba de t-Student (Tabla 18), no se observa diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tiempos de tratamiento. Sin embargo, los valores de Cr Total y Cr VI fueron considerablemente mayores en el mayor tiempo de tratamiento (Tabla 16).

Tabla 16. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre a los 32 y 68 días de tratamiento por biorremediación con *E. crassipes* + *L. minuta* y *E. crassipes* + *L. gibba* posterior al tratamiento con EMa 20% y fitorremediación

Parámetro	<i>E. crassipes</i> y <i>L. minuta</i>				<i>E. crassipes</i> y <i>L. gibba</i>			
	11 días	23 días	U Man n Whit ney	Decis ión	11 días	23 días	U Man n Whit ney	Decis ión
pH	7.45±0.83	7.78±0.59	0.000	Acep ta H1	7.54 ± 0.96	7.80±0.58	0.001	Acep ta H1
C.E.	21.77±7.5 1	21.63±6.9 8	0.208	Acep ta Ho	21.63±7.4 2	22.04±7.0 8	0.151	Acep ta H0
STD	11.05±3.8 4	10.85±3.5 9	0.277	Acep ta Ho	10.82±3.7 5	10.99±3.5 5	0.146	Acep ta H0
T°	18.92±3.7 7	18.94±4.3 2	0.859	Acep ta Ho	18.28±4.0 3	18.58±4.4 4	0.209	Acep ta H0
Cr Total	4.14± 1.66	37.93±29. 83	0.188 *	Acep ta Ho	3.71±0.40	46.31±27. 44	0.055 *	Acep ta H0
Cr VI	3.32±1.33	21.16±16. 65	0.204 *	Acep ta Ho	2.87±0.32	25.77±15. 34	0.062 *	Acep ta H0
DBO ₅	3464.33±4 196.48	4044.33± 541.99	0.834 *	Acep ta Ho	3394.00±4 006.26	3447.67± 727.50	0.984 *	Acep ta H0

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS (2022).

Tabla 17. Prueba de normalidad de parámetros fisicoquímico 32 y 68 días de tratamiento con especie *E. crassipes* + *L. minuta* biorremediación

Parámetro	Días de tratamiento	Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	32 días	0,126	288	0,000	0,932	288	0,000
	68 días	0,039	612	0,025	0,987	612	0,000
CE	32 días	0,243	288	0,000	0,778	288	0,000
	68 días	0,197	612	0,000	0,902	612	0,000
STD	32 días	0,283	288	0,000	0,762	288	0,000
	68 días	0,197	612	0,000	0,901	612	0,000

Temperatura	32 días	0,102	288	0,000	0,961	288	0,000
	68 días	0,099	612	0,000	0,954	612	0,000
Cr Total	32 días	0,261	3	0,000	0,957	3	0,602
	68 días	0,326	3	0,000	0,874	3	0,307
Cromo VI	32 días	0,262	3	0,000	,957,0	3	0,599
	68 días	0,325	3	0,000	0,875	3	0,309
DBO ₅	32 días	0,384	3	0,000	0,752	3	0,004
	68 días	0,287	3	0,000	0,929	3	0,486

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS (2022).

Tabla 18. Prueba de normalidad de parámetros fisicoquímico 32 y 68 días de tratamiento con especie *E. crassipes* + *L. gibba* biorremediación

		Pruebas de normalidad					
Parámetro	Días de tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	32 días	0,094	288	0,000	0,929	288	0,000
	68 días	0,045	612	0,005	0,987	612	0,000
CE	32 días	0,198	288	0,000	0,83	288	0,000
	68 días	0,184	612	0,000	0,922	612	0,000
STD	32 días	0,198	288	0,000	0,84	288	0,000
	68 días	0,184	612	0,000	0,921	612	0,000
T°	32 días	0,092	288	0,000	0,96	288	0,000
	68 días	0,095	612	0,000	0,961	612	0,000
CrTotal	32 días	0,177	3	0,000	1,000	3	0,972
	68 días	0,256	3	0,000	0,962	3	0,623
Cromo VI	32 días	0,177	3	0,000	1,000	3	0,966
	68 días	0,255	3	0,000	0,962	3	0,628
DBO ₅	32 días	0,384	3	0,000	0,753	3	0,006

68 días 0,225 3 0,000 0,984 3 0,755

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS (2022).

41.1.5 Cuantificación de los parámetros físicos y químicos en las aguas residuales de curtiembre por efecto de los diferentes tratamientos del sistema mixto de bio y fitorremediación

En la Tabla 19 se muestran valores en los parámetros fisicoquímicos de las aguas de curtiembre tratadas con el sistema mixto de Biorremediación y Fitorremediación. Podemos observar la normalidad de los parámetros fisicoquímicos no tienen una distribución normal (Tabla 19), cada tratamiento por periodo de días y especies tuvo influencia en los parámetros pudiendo observar la existencia de diferencias significativas ($p < 0.05$) a excepción del DBO_5 que indica que no hubo una diferencia significativa ($p > 0.05$).

Tabla 19. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre tratadas por sistema mixto con *E. crassipes* + *L. minuta* y *EMa* 20% por 21, 32,45 Y 68 días. Se muestra resultados de comparación por la prueba de Kruskal-Wallis y ANOVA ($\alpha=0.05$)

Parámetro	Tratamientos				Kruskal-Wallis	Decisión
	Ec+LmSM2 1D	Ec+LmSM32 D	Ec+LmSM45 D	Ec+LmSM6 8D		
pH	7.74±0.64(a)	7.45±0.83 (b)	7.97±0.54 (a)	7.78±0.59(b)	0.000	Acepta H1
C.E.	26.78±2.41	21.77±7.51	25.29±5.62	21.63±6.98	0.000	Acepta H1
STD	13.63±1.13	11.05±3.84	12.71±2.85	10.85±3.59	0.000	Acepta H1
T°	19.95±3.58	18.82±3.77(a)	18.50±4.65(a)	18.64±4.32	0.000	Acepta H1
Cr Total	7.41±2.59(a)	4.15±1.66 (a)	41.50±33.90 (b)	37.93±29.83 (b)	0.000*	Acepta H1
Cr VI	6.26±2.24(a)	3.32±1.33 (a)	13.89±11.36	21.16±16.65	0.000*	Acepta H1
DBO_5	3665.00±127 .67 (a)	3464.33±419 6.48 (a)	2601.00±104 7.73 (a)	4044.33±541 .99 (a)	0.869*	Acepta Ho

Nota: (*) Prueba ANOVA. Celdas de letras iguales indican que no hay diferencia entre los tratamientos. Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS.

En la Tabla 20 se muestran valores en los parámetros fisicoquímicos de las aguas de curtiembre tratadas con el sistema mixto de Biorremediación y Fitorremediación. Podemos observar la normalidad de los parámetros fisicoquímicos que no tienen una distribución normal (Tabla 20), cada tratamiento por periodo de días y especies tuvo influencia en los parámetros pudiendo observar la existencia de diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tabla 20. Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre tratadas por sistema mixto con *E. crassipes* + *L. gibba* y EMA 20% por 21, 32,45 Y 68 días. Se muestra resultados de comparación por la prueba de Kruskal-Wallis y ANOVA ($\alpha=0.05$)

Parámetro	Tratamientos				Kruskal-Wallis	Decisión
	Ec+LgSM2 1D	Ec+LgSM32D	Ec+LgSM4 5D	Ec+LgSM6 8D		
pH	7.97±0.69	7.55±0.96	7.96±0.53	7.80±0.58	0.000	Acepta H ₁
C.E.	26.27±2.90 (a)	21.62±7.42	25.67±5.80 (a)	22.03±7.08	0.000	Acepta H ₁
STD	13.17±1.52	10.82±3.75	12.83±2.89	10.99±3.55	0.000	Acepta H ₁
T°	18.85±4.12	18.28±4.03Δ	18.41±4.75 Δ	18.58±4.44Δ Δ	0.000	Acepta H ₁
Cr Total	5.72±1.09(a)	3.71±0.40(a)	44.91±18.2 9	46.31±27.44	0.000 *	Acepta H ₁
Cr VI	4.57±0.87(a)	2.97±0.32(a)	23.54±1.88(b)	25.77±15.34 (b)	0.000 *	Acepta H ₁
DBO ₅	3688.33±55 0.46Δ	3394.00±4006.2 6ΔΔΔ	2830.00±22 271Δ	3447.00±72 7.50Δ	0.003 *	Acepta H ₁

Nota: (*) Prueba ANOVA. (Δ) Letras iguales indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos. Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS (2022).

41.2 Discusión de resultados

a) pH

El tiempo de exposición al tratamiento por un sistema mixto de biorremediación (20% de Em) y fitorremediación (*E. crassipes*, *L. minuta* y *L. gibba*), tuvo influencia en la mayoría de los parámetros evaluados en las aguas residuales de curtiembre. El pH incrementó conforme aumentaban los días de tratamiento; en los días 21 y 45 alcanzó el máximo valor de todo el tratamiento (7.97) y hubo una disminución en el día 32 (7.45). Realizando una comparación con el valor del basal que es de (7.77), nuestro valor permanece dentro del rango de los Límites Máximos Permisibles para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel de efluentes para alcantarillado (Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE).

Estos resultados estarían indicando que la aplicación de EM influiría en la variación del pH, ya que por la actividad metabólica de estos microorganismos estarían ocurriendo reacciones, y liberando nutrientes. Según la investigación de Yodava sobre microorganismos eficientes y su aplicación en la agricultura, para que los EM sean más eficientes, se deben considerar factores como la humedad, la temperatura y el pH, ya que este último afecta directamente al desarrollo. Si la solución es neutral, la acción será muy eficiente para que los EM trabajen (41).

Por otra parte, Morocho en su investigación sobre el tratamiento de aguas residuales de curtiembre, instaló 4 repeticiones para ver el comportamiento de las aguas de curtiembre al añadirse microorganismos eficientes autóctonos y comerciales. Con respecto a la descontaminación de las aguas de curtiembre, no tuvieron ningún efecto. Además, indica que al añadir EM producía sedimentos y que los valores no estaban dentro de los límites máximos permisibles (42).

b) Temperatura

La temperatura, por efecto del tratamiento en el sistema mixto, mantiene valores constantes no encontrándose una diferencia significativa ($p > 0.05$), con respecto al basal, manteniéndose dentro de lo establecido por la norma ambiental nacional de los Valores Máximos Admisibles (VMA) en alcantarillado para curtiembres según D.S. 003-2002-PRODUCE, LMP (D.S. 003-2002-PRODUCE). Delgado en su investigación sobre la evaluación de fluidos residuales mediante *E. crassipes*, mantuvo la temperatura constante, obteniendo como resultado final que no había diferencia significativa. La muestra realizada en los 4 pozos tuvo valores: 24.3, 24.8, 25.7, 25.1. Según el autor, la temperatura está relacionada con el pH, indicando que donde hay mayor temperatura, menor será el pH (43).

c) Conductividad Eléctrica (C.E)

El parámetro durante el periodo de tratamientos se observó que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$), disminuye con el pasar del tiempo, en comparación a nuestro basal

hubo una reducción significativa del valor, aun así sus valores están por encima de la normativa ambiental nacional e internacional. Se observa que los valores más altos de la conductividad eléctrica se encontraron en el periodo de 23 días de tratamiento tanto en las especies *E. crassipes* con *L. gibba* 27.213 mS/cm y *E. crassipes* con *L. minuta* un valor de (27.332 mS/cm), el menor valor de C.E. Se encontró en el periodo de 32 días de tratamiento con un valor de 21.628 mS/cm. (35) empleó un diseño de flujo horizontal mediante Jacinto de agua (*Eichornia crassipes*) y cuchara común (*Spatula clypeata*) con un caudal de Q: 0.1 m³/d, evaluando los siguientes parámetros de aguas residuales doméstica: conductividad 800 µS/cm, 6mg/L de OD, la turbidez fue de 22 UNT, 13, g/L de DBO, SST de 14 mg/L con un porcentaje de reducción de 58%., y a comparación de nuestro tratamiento en humedales mixto y con posterior tratamiento de biorremediación de EMA al 20 % vemos que en el Parámetro de conductividad eléctrica disminuyó considerablemente desde el tratamiento de 21 hasta el tratamiento de 68 días siendo viable el uso de Microorganismos eficaces antes y después de fitorremediación de humedales mixtos con las especies *E. crassipes* más *L. Gibba* y *E. Crassipes* más *L. minuta* (37).

Si bien es cierto, existe una disminución significativa con respecto al valor basal (27.8 mS/cm), la misma no es suficiente para alcanzar el ECA respectivo. Este comportamiento se debe a la presencia de sales en el agua, lo que aumenta su capacidad de transmitir una corriente eléctrica (36).

d) Sólidos Totales Disueltos

Los valores de sólidos totales disueltos también mostraron reducción conforme se incrementó el tiempo de exposición. Se observó que hay una diferencia significativa entre los valores, lo que quiere decir que los tratamientos tuvieron influencia en este parámetro. A los primeros 11 días de tratamiento con *E. crassipes* con *L. minuta*, se dio un valor muy elevado de STD (19.82 ppt), y en el periodo de 32 días con *E. crassipes* con *L. gibba*, se encontró el valor más bajo de STD (10.82 ppt). Con respecto al basal (13.9 ppt), los valores aún están por encima de la normativa ambiental nacional e internacional. Estos valores de STD presentan una diferencia significativa entre los periodos de tratamiento. Al comparar con el tratamiento que se realizó con fitorremediación de los humedales en serie mediante el medio filtrante (la grava) y la rizósfera de la *Zantedeschia aethiopica* y *E. crassipes*, el afluente con el efluente en cuanto a los sólidos suspendidos totales, se encuentran cambios notorios de valores iguales a 260 mg/L y 13 mg/L respectivamente. Han alcanzado alta densidad y han retenido los sólidos suspendidos totales para que actúen como soporte para las bacterias degradadoras, evitando incluso el taponamiento de los conductos, la eutrofización, el aumento de turbidez y color. Esto indica un resultado similar y favorable para la investigación. Los SDT se solubilizan y se sedimentan cuando transcurre el tiempo (34).

e) Demanda Bioquímica de Oxígeno

Para demanda bioquímica de oxígeno después del tratamiento aumento en los días de tratamiento 68 días (4044.33 mg/L), en 45 días (3688.3 mg/L), se obtuvo en el día 45 de tratamiento un valor de 2601.00. Sin embargo, estos valores de DBO5 superan los valores establecidos en la normativa vigente. Se obtuvo un nivel de significancia de 0.992. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula no teniendo varianza significativa.

En esta investigación, se diseñó un biosistema de tratamiento para la remoción y retención de cromo y DBO5 con *E. crassipes*. Se observa que el tratamiento se realiza a dos concentraciones diferentes de 40 y 60 % de agua de curtiembre. Entre estas, cada una tiene concentraciones diferentes de DBO5. Una de las más altas es de 1555 mg/L a una concentración de 60% con agua de curtiembre y a una concentración de 40 % un valor de 1455 mg/L. Como resultado, se obtuvo la disminución del DBO en un 66 %, en la concentración de 60% se llegó a un valor de 492 mg/L y en la de 40 % un valor de 495 mg/L. Agregándole nutrientes y colocando una aireación, se puede optimizar el biosistema con *E. crassipes* (10).

f) Cromo Total

Respecto al Cr total, el Tratamiento 1 de 11, 21 y 32 días a comparación del basal, valores disminuyeron significativamente logrando obtener un valor de 2.97 mg/ L en el día 32 de tratamiento a comparación al basal que tiene un valor de 48 69 mg/ L. En el tratamiento 2 de 23, 45 y 68 días, iniciamos con un valor elevado en el sistema mixto de *E. crassipes/L. gibba*, cuya concentración fue de 44.91 mg/L, mientras que en el sistema *E. crassipes/L. minuta*, fue de 41.50 mg/L. Ambos sistemas tuvieron una reducción en sus valores, pero ninguno cumplió con las normativas peruanas vigentes. Se obtuvo un nivel de significancia de 0.028, el cual es menor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa. Este salto de valores podemos deducir que la materia orgánica presente en las aguas residuales encapsulaba el cromo disuelto, debido a que la materia orgánica, como el pelo, es un absorbente natural. En contraste, Palomino et al. (2016) sostienen en su investigación la influencia del pH en la remoción de metales como el plomo con pelos de vacuno, indican que el aumento de pH de 3 a 5, el porcentaje de remoción de Pb aumenta, hasta alcanzar el valor de pH de 5 a 7, la remoción se mantiene constante, a partir de un pH 7 a más, el porcentaje de remoción de Pb disminuye (44).

A diferencia de Ordoñez, que en su proyecto de investigación utilizó las levaduras *Yarrowia lipolytica* y *Candida fluviatilis* como método para eliminar el Cr III, en el tratamiento de aguas residuales, el autor utilizó el Erlenmeyer como recipiente para posteriormente inocular estas levaduras, estas aguas tenían una concentración de 1020 mg de Cr³⁺/L. consiguiendo eliminar al día 21 de tratamiento el 97,5% del cromo III y aumentar el pH alcanzando así un valor admisible. (45).

g) Cromo VI

Para el tratamiento 1 de 11, 21 y 32 días, en comparación con el basal, los valores disminuyeron significativamente, logrando obtener un valor de 2.19 mg/L en el día 68 de tratamiento en comparación con nuestro basal que tiene un valor de 39.85 mg/L. En el tratamiento 2 de 23, 32 y 45 días, iniciaron con un valor elevado en ambos sistemas mixtos de *E. crassipes* + *L. gibba* y *E. crassipes* + *L. minuta*. A medida que pasaron los días de tratamiento, tuvieron un valor promedio de 25.77 mg/L para *E. crassipes* + *L. gibba* y 21.16 mg/L para ambos sistemas. Ambos tuvieron una reducción en sus valores, pero ninguno de ellos cumplió con las normativas peruanas vigentes. Se obtuvo un nivel de significancia de 0.0000, lo cual es menor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa. Este salto de valores podemos deducir que la materia orgánica con la que vinieron las aguas residuales aún encapsulaba el cromo disuelto debido a que la materia orgánica, entre ellas el pelo, son absorbedores por naturaleza. Por esta razón, se ve un aumento en los días 45 y 68 días de tratamiento.

En contraste con los autores Medina (11) y Shafaqat Ali (41), sostienen en su investigación la influencia adaptación al metal pesado es por eso que lo encapsula en los tejidos. Según ellos, las concentraciones de Cr VI fueron fulminantes para la especie de *E. crassipes*. Sin embargo, al tener una combinación de especies, se logró disminuir significativamente en un periodo corto y en un periodo largo de 68 días.

18. CAPÍTULO V:

19. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

51.1 Conclusiones

Los parámetros de C.E. (27.8 mS/cm), STD (13.9 ppt), Cr total (48.69 mg/L), Cr VI (39.85 mg/L) y DBO₅ (4190 mg/L) superan excesivamente los valores establecidos por la normativa ambiental vigente nacional e internacional (2.5 mS/cm, 0.45 ppt, 2 mg/L, 0.4 mg/L y 500 mg/L, respectivamente). En contraste, los parámetros de pH (7.77) y temperatura (22.1 °C) se encuentran dentro de los valores indicados por la normativa vigente (6.0 – 9.0 y >35°C, respectivamente).

El tratamiento por 11 y 23 días con 20% de EM – Agua provocó variación en los valores de los parámetros de Cr Total (23.54 y 72.44 mg/L), Cr VI (21.38 y 61.58 mg/L), DBO₅ (3133 y 4769 mg/L) presentando diferencias significativas entre los tiempos de tratamiento. Los valores de pH (7.38 y 7.60), T° (19.54 y 19.73 °C), STD (16.61 y 13.77 ppt) y C.E. (26.76 y 27.27 mS/cm) no muestran diferencias significativas.

El tratamiento de Fitorremediación posterior al tratamiento con 20% de EMa, provocó variación en los parámetros evaluados, encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos con *E. crassipes* + *L. minuta* y *E. crassipes* + *L. gibba* a los 10 y 22 días de tratamiento en Cr Total (7.41 y 5.72 – 41.50 y 44.9 mg/L), Cr VI (6.26 y 4.57 – 13.89 y 23.54 mg/L), DBO₅ (3665 y 3688.33 – 2142 y 2830 mg/L). No se encontraron diferencias significativas entre los valores de pH (8.14 y 8.62 – 8.34 y 8.34), T° (20.37 y 18.13 – 17.13 y 17.12 °C), STD (13.39 y 12.93 – 11.51 y 11.94 ppt) y C.E. (26.76 y 25.78 – 23.16 y 24.06 mS/cm).

El segundo tratamiento de 20% de EMa, provocó variación en los parámetros evaluados, encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos con *E. crassipes* + *L. minuta* y *E. crassipes* + *L. gibba* a los 32 y 68 días de tratamiento en Cr Total (4.15 y 3.71 – 37.93 y 46.31 mg/L), Cr VI (3.32 y 2.97 – 21.16 y 25.77 mg/L), DBO₅ (3464 y 3394 – 4044 y 3448 mg/L). No se encontraron diferencias significativas entre los valores de pH (7.45 y 7.54 – 7.78 y 7.80), T° (18.92 y 18.28 – 18.94 y 18.58 °C), STD (11.05 y 10.82 – 10.85 y 10.99 ppt) y C.E. (21.77 y 21.63 – 21.63 y 22.04 mS/cm).

De acuerdo con los resultados registrados se concluye que el tratamiento más eficiente para la remoción de contaminantes de los efluentes de curtiembre es la biorremediación con EM 20% antes y después de la fitorremediación con *E. crassipes* + *L. gibba*, logrando una reducción significativa con respecto al basal para Cr Total de 92.38% (de 48.69 a 3.71 mg/L), Cr VI de 92.55% (de 39.85 a 2.97 mg/L) y DBO₅ de 19% (de 4190 a 3394 mg/L), a los 32 días de tratamiento.

51.2 Recomendaciones

Se recomienda profundizar en la investigación para la:

- 1) Identificación de especies con eficiencia en la fitorremediación empleando humedales mixtos de dos o más especies.
- 2) Evaluación de la eficiencia de EMa empleando mayores niveles de concentración del producto EM.
- 3) Tratamiento de los residuos de la fitorremediación con la finalidad de recuperar las sales de Cromo para su comercialización o reutilización.
- 4) Evaluación del efecto de tiempo de tratamiento por biorremediación mayor a 23 días, debido a que en esta etapa se observó un incremento crítico de los parámetros.
- 5) Determinación de la capacidad de la materia orgánica de las aguas de curtiembre en la retención de Cr.
- 6) Determinación de la relación entre % EMa y la variación de DBO_5 , y de ésta con la variación de valores de Cr, en función del tiempo.

20. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MÁRQUEZ-REYES, J. et al. Evaluación de los efectos sinérgicos de cromo y plomo durante el proceso de fitorremediación con berro (*Nasturtium officinale*) en un humedal artificial. *Biotecnia* [en línea]. Marzo, 2020. 22(2), p. 171–178. [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V22I2.1259>
2. SALAZAR, B. et al. Estudio de la contaminación por cromo (Cr) en el Río Chili y Parque Industrial de Río Seco (PIRS), Arequipa – Perú 2015 -2016. *VÉRITAS investigación, Innovación y Desarrollo* [en línea]. Setiembre, 2017. 16(1). [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.35286/veritas.v16i1.82>
3. ZAPANA, P. 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 (Título de Ingeniero Ambiental). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2019. [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9664Tesis>
4. VALDEZ, A. Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la localidad de Chucuito. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2016. [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/4085Tesis>
5. CHOTA, A. y OJANAMA, G. Aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) para remover el contenido de nitrógeno total y fósforo total en el agua de la laguna Ricuricocha – Región San Martín. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Morales: Universidad Peruana Unión, 2019. [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3036>
6. CHUQUIBALA, M. y SÁNCHEZ, M. Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes del afluente doméstico mediante la aplicación de *Eichhornia crassipes* y *Lemma minor* en el anexo El Molino, distrito de Chachapoyas, provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas 2016. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, 2017. [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1426>
7. SANDOVAL, J. Eficiencia del jacinto de agua *eichhornia crassipes* y lenteja de agua *lemma minor* l. en la remoción de cadmio en aguas residuales. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal, 2019. [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3256>

8. AYALA, R. et al. Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale*. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable* [en línea]. Diciembre, 2018. 2(3), p. 48–53. [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.25127/aps.20183.403>
9. TUANAMA, A. Comparación de eficiencia de humedales en la remoción de contaminantes en aguas residuales municipales con especies caña brava, jacinto de agua y lenteja de agua, basado en dos investigaciones. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Tarapoto: Universidad Peruana Unión, 2020. [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4129>
10. CARREÑO, U. y GRANADA, C. Diseño, desarrollo y evaluación de una tecnología de fitorremediación a escala de laboratorio utilizando la *eichhornia crassipes* para el tratamiento aguas contaminadas con cromo. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Manizales: Universidad de Manizales, 2016. [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2578>
11. MEDINA, L. et al. Fitorremediación de cromo en efluente de curtiembre empleando *Eichhornia crassipes*. *Reportes científicos de la FACEN* [en línea]. Junio, 2019. 10(1), p. 25–36. [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.18004/RCFACEN.2019.10.1.25>.
12. FERNÁNDEZ, C. El agua: un recurso esencial. *Química Viva*. [en línea]. 2012. 11(3), p. 147–170. [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
13. JOSEPH, L. et al. Removal of heavy metals from water sources in the developing world using low-cost materials: A review. *Chemosphere* [en línea]. Agosto, 2019. 229, p. 142–159. [fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2019.04.198>.
14. MARTÍNEZ, S. y ROMERO, J. Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. *Revista Facultad de Ciencias Económicas* [en línea]. Noviembre, 2018. 26(1). [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.18359/RFCE.2357>.
15. HASAN, A., HASHEM, A. y PAYEL, S. Stabilization of liming sludge in brick production: A way to reduce pollution in tannery. *Construction and Building Materials* [en línea]. Enero, 2022. 314. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2021.125702>.
16. CASTILLO, M. y LÓPEZ, J. Tratamiento del Agua Residual Industrial de la Curtiembre Rolemt, para el Cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgo). Cajamarca: Universidad Privada Antonio

- Guillermo Urrelo, 2018. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/825>
17. LAZO, B. y ALEJANDRA, E. 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 (Título de Ingeniero Ambiental). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2017. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2413>
 18. E-ALAM, N. et al. Adsorption of chromium (Cr) from tannery wastewater using low-cost spent tea leaves adsorbent. *Applied Water Science* [en línea]. Setiembre, 2018. 8(5), p. 1–7. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/S13201-018-0774-Y/TABLES/4>.
 19. MANYUCHI, M., MBOHWA, C. y MUZENDA, E. Resource recovery from municipal sewage plants: An energy-water-nutrients nexus for developing countries. CRC Press, 2018.
 20. MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN (PRODUCE). Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria - DGAAMI. 2020. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.produce.gob.pe/index.php/dgaami/dgaami>
 21. PORTADA, A. Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido en pieles por procesos físico-químico de la curtiembre de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA - PUNO. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2016. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_7bfe719c989570530697021a434c1700
 22. ROSERO, D. y RENTERÍA, M. Estudios sobre la biorremediación en Colombia. *Hechos Microbiológicos* [en línea]. Marzo, 2019. 10(1–2), p. 39–48. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.17533/UDEA.HM.V10N1A05>
 23. OTINIANO, M. Biorremediación de cromo VI de aguas residuales de curtiembres por *Pseudomonas* sp y su efecto sobre el ciclo celular de *Allium cepa*. *Revista Médica Vallejana* [en línea]. Abril, 2007. 4(1), p. 32–42. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.18050/REVISTAMEDICAVALLEJANA.V4I1.2218>
 24. DELGADO, J. Influencia de los microorganismos eficaces (En agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del biorreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, 2019. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7027>
 25. LÓPEZ, I. Consorcio fitorremediador integrado con sistema mixto para depurar los efluentes residuales domésticos del río Chillón – Lima 2020. Tesis (Título de Ingeniero

- Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2020. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71329>
26. FARUQUE, O. et al. Phytoremediation of toxic metals: A sustainable green solution for clean environment. *Applied Sciences* [en línea]. Noviembre, 2021. 11(21), p. 10348. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/APP112110348>.
 27. NÚÑEZ, M., SABOYA, N. y CRUZ, M. Fitorremediación mediante las especies palustre y flotante, *Zantedeschia aethiopica* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la zona de la región natural Quechua-Cajamarca. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo* [en línea]. Diciembre, 2019. 5(2). [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.17162/RICTD.V5I2.886>.
 28. MARTELO, J. y LARA, J. Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. *Ingeniería y Ciencia* [en línea]. 2012. 8(15), p. 221–243. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-91652012000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=es
 29. GUIO, D. y TOSCANO, J. Fitorremediación en humedal artificial con *Eichhornia Crassipes* para remoción de materia orgánica en muestras de agua del Canal Albina en Bogotá. Tesis (Magister en Ciencias ambientales). Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2018. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/3417>
 30. PEDROZO, J. Evaluación de la remoción de cromo total y níquel en humedales subsuperficiales. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Santa Clara: Universidad Central Marta Abreu de las Villas, 2017. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://llibrary.co/document/z3donjdy-evaluacion-remocion-cromo-total-niquel-humedales-subsuperficiales.html>
 31. RODRÍGUEZ, L. y HERRERA, M. Eficiencia de *Eichornia spp* y *Lemna spp* nativas en humedales artificiales en la remoción de sulfonato de alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba - 2017. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, 2018. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2790>
 32. PORRAS, C. Estudio del buchón de agua (*Eichornia Crassipes*) para el tratamiento de aguas residuales. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Bucaramanga: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2017. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/17528>

33. CESCHIN, S. et al. Riding invasion waves: Spatial and temporal patterns of the invasive *Lemna minuta* from its arrival to its spread across Europe. *Aquatic Botany* [en línea]. Noviembre, 2018. 150, p. 1–8. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.AQUABOT.2018.06.002>.
34. PARILLO, H. Estudio de la diversidad florística y su importancia como bioindicadores de la calidad de ecosistemas en la provincia de Arequipa. Tesis (Título de Biólogo). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2019. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10571>
35. MIRANDA, M. y QUIROZ, A. Efecto del fotoperiodo en la remoción de plomo por *Lemna gibba* L. (Lemnaceae). *Polibotánica* [en línea]. 2013. 36(36), p. 147–161. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682013000200010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
36. NAVARRO, Á. y QUINTERO, M. sintética. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Manizales: Universidad Católica de Manizales, 2022. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ir-10839-3460>
37. GANDULLO, R., FERNÁNDEZ, C. y JOCOU, A. Sintaxonomía de las comunidades de plantas vasculares del sistema de drenaje del Alto Valle de Río Negro, Patagonia, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* [en línea]. 2019. 54(4), p. 567–587. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.V54.N4.24826>
38. RAMÍREZ, D. Adaptation of the acreman method for cleaning plants in *lemna minuta* (araceae: lemnoideae). *Revista Colombiana de Biotecnología* [en línea]. Enero, 2019. 21(1), p. 128–134. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/REV.COLOMB.BIOTE.V21N1.53219>
39. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C. *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* [en línea]. Primera. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C. V, 2018. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
40. GOOGLE MAPS. Ubicación del Centro de Investigación DIVA-VIDA [en línea]. 2021. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://goo.gl/maps/8N7JToWH5SHHxPQF6>
41. YADAV, P. et al. Reduction of pollution load of tannery effluent by cell immobilization approach using *Ochrobactrum intermedium*. *Journal of Water Process Engineering* [en línea]. Junio, 2021. 41. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2021.102059>

42. MOROCHO, M. Tratamiento de aguas residuales de una curtiembre en el cantón Cuenca mediante la aplicación dosificada de EMAs. Tesis (Magister en Agroecología y Ambiente). Cuenca: Universidad de Cuenca, 2017. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26955>
43. DELGADO, G. Evaluación del bio-tratamiento de fluidos residuales de la empresa laboratorio portugal S.R.L mediante la “Eichornia Crassipes” (buchón de agua) para la remoción de elementos ecotóxicos (cromo, arsénico y cadmio) y materia orgánica. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2020. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12083>
44. PALOMINO, C., VARGAS, R. y VISITACIÓN, L. Aprovechamiento de pelos de vacuno del proceso de pelambre enzimático de las curtiembres en la remoción de plomo. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [En línea]. 2016. 82(2), p. 183–195. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000200009
45. ORDOÑEZ, D. y BENÍTEZ-CAMPO, N. Remoción de cromo trivalente en aguas residuales de curtiembres mediante un proceso biótico-abiótico basado en el uso de *Yarrowia lipolytica* y *Candida fluviatilis*. *Revista internacional de contaminación ambiental* [en línea]. 2019. 35(4), p. 945–956. [fecha de consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.13>.

21. ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿De qué manera el tratamiento con microorganismos eficaces y la fitorremediación en humedales mixtos (E. crassipes + L. minuta, y E. crassipes + L. gibba) artificiales influye sobre la calidad de las aguas residuales de curtiembre en los valores de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E.?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuáles son los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E. en las aguas residuales de curtiembre de Río Seco-Arequipa, 2021?</p> <p>¿Cuál es el efecto del tratamiento por 11 y 23 días con 20% de EM – Agua, en los valores de los</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el efecto del tratamiento con microorganismos eficaces y la fitorremediación en humedales mixtos (E. crassipes + L. minuta, y E. crassipes + L. gibba) artificiales sobre la calidad de las aguas residuales de curtiembre tratadas en cuanto a los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Determinar los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E., en las aguas residuales de curtiembre de Río Seco-Arequipa, 2021.</p> <p>Cuantificar la variación en los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>El tratamiento con microorganismos eficaces y la fitorremediación en humedales mixtos (E. crassipes + L. minuta, y E. crassipes + L. gibba) artificiales influirá positivamente en la calidad de las aguas residuales de curtiembre tratadas en cuanto a los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>Los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E. de las aguas residuales de curtiembre en evaluación, se encontrarán por encima de los VMA (valores máximos admisibles) establecidos por el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Cromo total (Cr total) cuantificado en mg/L.</p> <p>Cromo hexavalente (Cr VI) cuantificado en mg/L.</p> <p>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) cuantificado en mg/L).</p> <p>Potencial de Hidrogeniones (pH), cuantificado en unidades de 0 a 14.</p> <p>Temperatura (T°) cuantificado en °C.</p> <p>Conductividad Eléctrica (C.E.) cuantificada en mS/cm.</p> <p>Sólidos Totales Disueltos (STD) cuantificados en ppm.</p>	<p>Método:</p> <p>Hipotético – deductivo</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Explicativa.</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>Experimental</p>

<p>parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre?</p> <p>¿Cuál es el efecto del tratamiento por 10 y 22 días de fitorremediación en humedales mixtos (E. crassipes + L. minuta, y E. crassipes + L. gibba) artificiales, sobre los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM-Agua?</p> <p>¿Cuál es el efecto del tratamiento por 11 y 23 días con 20% de EM sobre los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM-Agua y fitorremediación en humedales mixtos artificiales?</p>	<p>C.E., de las aguas residuales de curtiembre, por efecto del tratamiento por 11 y 23 días con 20% de EM – Agua.</p> <p>Cuantificar la variación en los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM, por efecto del tratamiento por 10 y 22 días de fitorremediación en humedales mixtos (E. crassipes + L. minuta, y E. crassipes + L. gibba) artificiales.</p> <p>Cuantificar la variación en los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM y fitorremediación en humedales mixtos artificiales, por efecto del tratamiento con 20% de EM durante 11 y 23 días.</p>	<p>El tratamiento por 11 y 23 días con 20% de EM – Agua variará los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre tratadas.</p> <p>Se observará una mayor variación en los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E. de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM, por efecto del tratamiento por 10 y 22 días de fitorremediación en humedales mixtos (E. crassipes + L. minuta, y E. crassipes + L. gibba) artificiales.</p> <p>Se observará una mayor variación en los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E. de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM y fitorremediación en humedales mixtos artificiales, por efecto del tratamiento con 20% de EM durante 11 y 23 días.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>-Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) + Lemna minuta (lenteja de agua)</p> <p>-Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) + Lemna gibba (lenteja de agua).</p>	
--	--	--	---	--

Anexo 2
Presupuesto


Ítem	Descripción	Unidades	Costo Unitario	Costo Total	
I.	Materiales de Campo	Recolección de especies	3	S/61.00	S/183.00
		Baldes para recolección de agua	3	S/6.50	S/19.50
		Cámara fotográfica	1	S/0.00	S/0.00
II.	Materiales de Estructura y Acondicionamiento	Estructura de madera soporte	1	S/365.00	S/365.00
		Bandejas (humedales artificiales)	16	S/12.00	S/192.00
		Baldes 20Litros	8	S/6.50	S/52.00
		Aireadores	4	S/15.00	S/60.00
		EM-Agua+Melaza	1	S/380.00	S/380.00
		Otros	global		S/270.00
III.	Viáticos	Transporte de las especies	global		S/50.00
IV.	Análisis de Laboratorio	Basal	2	S/107.73	S/215.46
		Costos operativos	4	S/50.50	S/202.00
		Cr Total	24	S/50.00	S/1,200.00
		Cr 6	24	S/50.00	S/1,200.00
		DBO5	24	S/50.00	S/1,200.00
TOTAL					S/5,588.96

Anexo 3

Equipo de medición y certificado de calibración


1. Multiparametro EZ9909

LOWBATT



Lowbatt indicator flashing → Open → Take battery out → Replace new battery → Finish

ELECTRODE



take down protective cap → pull out horizontally → replace new electrode → screw the bolts

TROUBLESHOOTING

pH Reset

1. Shut-off meter, press HOLD/TEMP and MODE/CAL simultaneously, don't release;
 2. Press ON/OFF, and release all buttons, reset is finish.

P-3 model reset

1. Put battery out, press TEMP/CAL and HOLD simultaneously, don't release;
 2. Put battery on, and release all buttons, reset is finish.

C-600 pH reset

Turn on meter, press for 10s, it will display "---|", reset is successful.

Attention

1. It has been calibrated by factory, use it directly.
2. After finished, clean the electrode with pure water and keep it dry.
3. Stir gently several times to ensure no air bubble around the electrode.
4. Don't disassemble the meter without permission to avoid damage.
5. Keep it dry.
6. If pH calibration is wrong, please reset.

Warranty

The meter is warranted to be free from defects in material and workmanship for a period of three years from the date of purchase. The warranty covers normal operation but doesn't cover Man-made damage. Proof of purchase is required for warranty repairs. Warranty is void if the meter used to be taken apart.

Return Authorization

Authorization must be obtained from the supplier before returning items for any reason. When requiring a return authorization, please include data regarding the defective reason, the meter is to be returned along with good packing to prevent any damage in shipment and insured against possible damage or loss.

OPERATION MANUAL PEN TYPE WATER QUALITY METER



pH-03 pH/TEMP

S-100 SALT/TEMP

EZ9901 TDS/pH/TEMP

EZ9902 EC/pH/TEMP

EZ9908 EC/TDS/pH/TEMP

EZ9909 EC/TDS/pH/SALT/TEMP

C-600 TDS/EC/pH/SALT/S. G/ORP/TEMP

2. Multiparametro HANNA 98130



Instrument:	HI98130
S/N:	04510125101
Software version:	1.03
Description:	pH/EC/TDS/Temperature Waterproof Tester
Made in:	ROMANIA

Hanna Instruments certifies that this instrument has been produced, calibrated and tested to meet all applicable Hanna Instruments procedures, using standards and reference instruments, the accuracy of which is traceable to the National Institute of Standards (NIST) in the USA or to internationally acceptable national physical standards. The standards and reference instruments used in calibration and testing are supported by a calibration system which meets requirements of ISO9001. The following tests have been performed according with the reference from the Quality Check Procedure of the meter.

The results are listed below:*

Calibration Points	Results
7.01 pH	Passed
4.01 pH	Passed
12.88 mS/cm	Passed

Testing Points	Reading Values
10.01 pH	10.01 pH
5.00 mS/cm	4.94 mS/cm
25.0 °C	24.8 °C

* All the above measurements were done at 25 °C with the current configuration.

Calibration, functionality test, aesthetic control and packing have been met.

Date: 2019.12.18

Inspector: Corina Pop

Title: Engineer

Signature: 

Anexo 4

Constancia de identificación de especie- *Lemna gibba*



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 Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN DE MUESTRAS N° 015-2021

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

HACE CONSTAR:

Que la muestra presentada por por DIVA-VIDA E.I.R.L., recolectada en provincia de Puno, departamento de Puno con coordenadas L.S. 15°50'07.1" y L.O. 70°00'54.1", para la realización del proyecto de investigación: "Tratamiento de aguas residuales de curtiembres del PIRS, Cerro Colorado - Arequipa, con sistema mixto de biorremediación con diferentes concentraciones de EM-Agua y fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) y/o *Lemna sp.* (lenteja de agua) de diferente zona de procedencia", 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: Alismatales R. Br. ex Bercht. & J. Presl

Familia: Araceae Juss.

Género: *Lemna* L.

Especie: *Lemna gibba* L.

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 del interesado, para los fines que estime convenientes.

Arequipa, 24 de setiembre del 2021



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 5

Constancia de identificación de especie- Lemna minuta Kunth



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 Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN DE MUESTRAS N° 016-2021

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

HACE CONSTAR:

Que la muestra presentada por DIVA-VIDA E.I.R.L., recolectada en el distrito de Characato, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa con coordenadas L.S. 16°28'11.59" y L.O. 71°27'33.80", para la realización del proyecto de investigación: "Tratamiento de aguas residuales de curtiembres del PIRS, Cerro Colorado - Arequipa, con sistema mixto de biorremediación con diferentes concentraciones de EM-Agua y fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) y/o *Lemna sp.* (lenteja de agua) de diferente zona de procedencia", 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: Alismatales R. Br. ex Bercht. & J. Presl

Familia: Araceae Juss.

Género: *Lemna* L.

Especie: *Lemna minuta* Kunth

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 del interesado, para los fines que estime convenientes.

Arequipa, 24 de setiembre del 2021



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

Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD)

Herbario Sur Peruano (HSP)

vquipuscoa@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 6

Constancia de identificación de especie- *Eichhornia crassipes*



INSTITUTO CIENTÍFICO MICHAEL OWEN DILLON (IMOD)

Investigación, Conservación, Educación y Transformación de Recursos

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



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN DE MUESTRAS N° 017-2021

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

HACE CONSTAR:

Que la muestra presentada por DIVA-VIDA E.I.R.L., recolectada en el distrito de Dean Valdivia, provincia de Islay, departamento de Arequipa con coordenadas L.S. 17°07'11.91" y L.O. 71°53'24.87", para la realización del proyecto de investigación: "**Tratamiento de aguas residuales de curtiembres del PIRS, Cerro Colorado - Arequipa, con sistema mixto de biorremediación con diferentes concentraciones de EM-Agua y fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) y/o *Lemna sp.* (lenteja de agua) de diferente zona de procedencia**", 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 del interesado, para los fines que estime convenientes.

Arequipa, 24 de setiembre del 2021




Dr. Blgo. Víctor Quipuscoa Silvestre
C. B. P. N° 2484
Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD)
Herbario Sur Peruano (HSP)
vquipuscoa@hotmail.com
vquipuscoa@imod.org.pe



Anexo 7
Cronograma

Actividades	Meses 2021																									
	Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Colecta de plantas	X	X																								
Preparación de la solución nutritiva				X																						
Colecta de aguas de curtiembre					X	X																				
Activación de EM al 20%					X																					
Acondicionamiento de las especies en los humedales							X																			
Preparación de la solución nutritiva- HOAGLAND								X																		

Inicio de la toma de temperatura en humedales artificiales										X															
Colocación de las aguas residuales de curtiembre en los baldes 18L											X														
1ra. Aplicación Ema											X														
Activación de EM											X														
Inicio de talles de elaboración de Tesis										X															
Taller de elaboración de Tesis											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2da. Aplicación EMA													X												
Paso de Bio a Fito en Mixto 15 días(7 litros)													X												
Cambio de plantas Fo													X												

Muestreo 11 días R													X											
3ta. Aplicación EMa													X											
Paso de Bio a Fito en Mixto 30 días													X											
Paso H1 a H2 en Mixto 30 días													X											
Cambio de plantas Fo													X											
Muestreo 21 (20%)													X											
Activación de EM													X											
Descarga de fito para aplicación Ema 20% 1													X											
5ta. Aplicación EMa														X										
Descarga de fito para aplicación Ema 20% 1														X										
Paso de Bio a Fito en Mixto 45 días (5, 10%)															X									

Muestreo 45 días																	X							
6ta. Aplicación EMa																	X							
7ma. Aplicación EMa																	X							
6va. Aplicación EMa																	X							
Paso de Bio a Fito en Mixto 45 días (20%)																	X							
Muestreo 68 días																	X							
Recopilación de datos de muestreo																		X	X					
Hacer el informe de discusión																			X	X				
Entrega del informe final																						X	X	

Anexo 8

Cálculos para la activación de dosis de EM

Un litro de EM-Agua rinde 20 litros de EM-Activado (EMA).

Proporciones utilizadas:

- 20% de EM Agua,
- 20% de Activador (Melaza)
- 60 % de agua libre de cloro

Preparación de EMA al 20% de EM

4 litros de EM + 4 litro de Melaza + 12 litros de agua declorada = 20 litros de EMA.

1 litro de EMA es para 100000 litros de agua residual

Por lo tanto: 1 litro EMA = 1000 mL EMA, de los cuales se consideró los 1 000 mL de EMA al 100 %.

$$1000 \text{ mL EMA} = 100 \%$$

$$X \text{ mL EMA} = 20 \%$$

$$x = \frac{20 \% * 1000 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

$$X = 200 \text{ mL EMA}$$

De los cuales:

$$- \quad \text{Melaza} = 5 \%$$

$$200 \text{ mL EMA} = 100 \%$$

$$X \text{ mL de Melaza} = 5 \%$$

$$X = \frac{5 \% * 200 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

$$X = 10 \text{ mL de melaza}$$

$$- \quad \text{Agua libre de cloro} = 90 \%$$

200 mL EMA = 100 %

X mL de agua libre de cloro = 90 %

$$X \text{ mL de agua libre de cloro} = \frac{90 \% * 200 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

X = 180 mL de agua libre de cloro

- EM-Água

- = 5 %

200 mL EMA = 100 %

X mL de EM-Agua = 5 %

$$X \text{ mL de EM - Agua} = \frac{5 \% * 200 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

X = 10 mL de EM-Agua

Anexo 9

Determinación de metales pesados cromo (Cr) en la especie E. crassipies



INFORME DE ENSAYOS N° 4414-2021 PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : DIVA-VIDA E.I.R.L.
DIRECCIÓN : JIRON AREQUIPA103 ALTO LIBERTAD CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO : E. CRASSIPES - JACINTO DE AGUA (PARTE AÉREA, RAÍZ)
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Tallos y hojas de color verde
CODIFICACIÓN / MARCA : Ver detalle de codificación en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 02 muestras de 60 g c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En bolsas de polietileno con cierre hermético. A condiciones ambientales.
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° : 1413-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 14/08/2021

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-06-F-05-IE Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 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 RPC 983768883 RPM #954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 10

Determinación de elemento pesado cromo Cr en la especie lenteja de agua de Characato

INFORME DE ENSAYOS Nº 4415- 2021
PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : DIVA-VIDA E.I.R.L.
DIRECCIÓN : JIRON AREQUIPA103 ALTO LIBERTAD CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO : LENTEJA DE AGUA (CHARACATO)
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Gránulos pequeños de color verde
CODIFICACIÓN / MARCA : Lemna Characato
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 70 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En bolsas de polietileno con cierre hermético. A condiciones ambientales.
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 : 1413-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 14/08/2021

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-05-F-05-IE Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : CG Página 1 de 2

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

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio




INFORME DE ENSAYOS Nº 4415- 2021
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	LENTEJA DE AGUA (CHARACATO) Lemna Characato	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	0.15	mg/Kg

ABREVIATURAS:
mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr : BHIOS-FQ-008 Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruro y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Cebico, 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 14/08/2021 al 24/08/2021
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 24/08/2021



Bigo Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 11

Determinación de elemento pesado cromo Cr en la especie lenteja de agua de Puno



INFORME DE ENSAYOS Nº 4416- 2021 PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : DIVA-VIDA E.I.R.L.
DIRECCIÓN : JIRON AREQUIPA103 ALTO LIBERTAD CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO : LENTEJA DE AGUA (PUNO)
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Gránulos pequeños de color verde
CODIFICACIÓN / MARCA : Lemna Puno
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 100 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En bolsas de polietileno con cierre hermético. A condiciones ambientales.
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 : 1413-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 14/08/2021

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: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 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 RPC 983768883 RPM #954068110
 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



INFORME DE ENSAYOS Nº 4416- 2021 PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	LENTEJA DE AGUA (PUNO) Lemna Puno	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	0.06	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg

Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cr

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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 14/08/2021 al 24/08/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 24/08/2021



Bigo, Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo 12

Determinación de la concentración del Cromo en el efluente de la curtiembre-basal efluente




INFORME DE ENSAYOS N° 5295- 2021

PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE	: DIVA-VIDA E.I.R.L.
DIRECCIÓN	: JIRON AREQUIPA103 ALTO LIBERTAD CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE CURTIEMBRE - BASAL EFLUENTE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido muy turbio
CODIFICACIÓN / MARCA	: Basal ARIC
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Procedencia: N 8187005, E 225751 - Fecha y hora de muestreo: 23/09/2021 13:18 hrs.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 500 mL aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envase de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.8°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°	: 1647-2021
FECHA DE RECEPCIÓN	: 23/09/2021

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.

RPP-06-F-05-E Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 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 RPC 983768883 RPM #954066110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio




INFORME DE ENSAYOS N° 5295- 2021

PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE CURTIEMBRE - BASAL EFLUENTE Basal ARIC	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	48,69	mg/L

ABREVIATURAS:
mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ALPHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, Pag 3-17, 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 23/09/2021 al 30/09/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 30/09/2021



Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 13

Determinación de la concentración del Cromo IV en el efluente de la curtiembre-basal efluente

	
INFORME DE ENSAYOS N° 5296- 2021 PÁGINA 1 DE 2	
SOLICITANTE	: DIVA-VIDA E.I.R.L.
DIRECCIÓN	: JIRON AREQUIPA 103 ALTO LIBERTAD CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE CURTIEMBRE - BASAL EFLUENTE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido muy turbio
CODIFICACIÓN / MARCA	: Basal ARIC
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Procedencia: N 8187005, E 225751 - Fecha y hora de muestreo: 23/09/2021 13:12 hrs.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 500 mL aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envase de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.8°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°	: 1647-2021
FECHA DE RECEPCIÓN	: 23/09/2021
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.	
<small>PRP-05-F-05-EE Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 1 de 2</small>	
Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com	

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE CURTIEMBRE - BASAL EFLUENTE Basal ARIC	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	39.85	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L

: Miligramos por litro

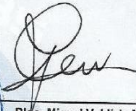
MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr E, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed, 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 23/09/2021 al 01/10/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 01/10/2021

Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BIHOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 14

Determinación de la concentración del DBO5 en el efluente de la curtiembre-basal efluente



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055



INACAL
DA - Perú
Organismo de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 5297- 2021

PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE	: DIVA-VIDA E.I.R.L.
DIRECCIÓN	: JIRON AREQUIPA103 ALTO LIBERTAD CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE CURTIEMBRE - BASAL EFLUENTE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido muy turbio
CODIFICACIÓN / MARCA	: Basal ARIC
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Procedencia: N 8187005, E 225751 - Fecha y hora de muestreo: 23/09/2021 13.20 hrs.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 1000 mL aprox. para análisis MB.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envase de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.8°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°	: 1647-2021
FECHA DE RECEPCIÓN	: 23/09/2021

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-06-F-05-E Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG Página 1 de 2

Av. Quífonos 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



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055



INACAL
DA - Perú
Organismo de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 5297- 2021

PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE CURTIEMBRE - BASAL EFLUENTE Basal ARIC	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	4190	mg/L

ABREVIATURAS:
mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : MB 23/09/2021 al 28/09/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/09/2021


Dgo. Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo 15
Determinación de valores de parámetros químicos Cr total, Cromo VI y DBO5 a los primeros 11 días de tratamiento por biorremediación



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 5532- 2021
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE : DIVA-VIDA E.I.R.L.
DIRECCIÓN : JIRON AREQUIPA103 ALTO LIBERTAD CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO : AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido muy turbio
CODIFICACIÓN / MARCA : Ver detalle de codificación en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Proyecto: "Tratamiento de efluentes industriales de curtiembre" - Procedencia: N 8187005, E 225751 - Fecha y hora de muestreo: 04/10/2021 12:30 hrs.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 03 muestras de 2000 mL aprox. c/u. compuesta de 01 envase de PE de 1000 mL para análisis MB y 02 envases de PE de 500 mL c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envases de polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.7°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° : 1713-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 04/10/2021

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: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 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° 5834- 2021
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-23días(1)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	4508	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	48.83	mg/L
FQ	Elemento Cr*	57.45	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-23días(2)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	4783	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	76.13	mg/L
FQ	Elemento Cr*	88.39	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-23días(3)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	5015	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	60.77	mg/L
FQ	Elemento Cr*	71.49	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

PRP-08-F-05-IE Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG

Página 2 de 2

Av. Quífonos 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

INFORME DE ENSAYOS N° 5532- 2021
PÁGINA 3 DE 3

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 04/10/2021 al 16/10/2021

MB 04/10/2021 al 09/10/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/10/2021



Bigo. Miguel Valdívila Martínez
Gerente Técnico

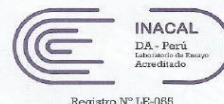
Fin del Informe

Anexo N° 16

Determinación de valores de parámetros químicos Cr total, Cromo VI y DBO5 a los 21 días de tratamiento por biorremediación 20% de EM y fitorremediación con *E. crassipies* L. *gibba* y *E. crassipies* + *L. minuta*



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 5749- 2021 PÁGINA 1 DE 4

SOLICITANTE	: DIVA-VIDA E.I.R.L.
DIRECCIÓN	: JIRON AREQUIPA 103 ALTO LIBERTAD CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido muy turbio
CODIFICACIÓN / MARCA	: Ver detalle de codificación en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Proyecto: "Tratamiento de efluentes industriales de curtiembre" - Procedencia: N 8187005, E 225751 - Fecha y hora de muestreo: 14/10/2021 11:30 hrs.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 06 muestras de 2000 mL aprox. c/u. compuesta de 01 envase de PE de 1000 mL para análisis MB y 02 envases de PE de 500 mL c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases de polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.7°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°	: 1772-2021
FECHA DE RECEPCIÓN	: 14/10/2021

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: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 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 N° 5749- 2021

PÁGINA 2 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20/EC+Lg/21días (1)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3070	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	4.75	mg/L
FQ	Elemento Cr*	5.93	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part3000. Method 3500-Cr B. Chromium. Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23rd Ed. 2017.

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. Pag.3-17. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20/EC+Lg/21días (2)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3870	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	5.34	mg/L
FQ	Elemento Cr*	6.68	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part3000. Method 3500-Cr B. Chromium. Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23rd Ed. 2017.

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. Pag.3-17. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20/EC+Lg/21días (3)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	4125	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	3.63	mg/L
FQ	Elemento Cr*	4.54	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part3000. Method 3500-Cr B. Chromium. Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23rd Ed. 2017.

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. Pag.3-17. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

INFORME DE ENSAYOS N° 5749- 2021
PÁGINA 3 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20/EC+Lm/21días (1)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3525	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	7.74	mg/L
FQ	Elemento Cr*	9.68	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag.3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20/EC+Lm/21días (2)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3695	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	6.36	mg/L
FQ	Elemento Cr*	7.95	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag.3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20/EC+Lm/21días (3)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3775	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	3.68	mg/L
FQ	Elemento Cr*	4.69	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag.3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

PRP-08-F-05-IE Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 14/10/2021 al 21/10/2021

MB 14/10/2021 al 19/10/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 21/10/2021



Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo 17

Determinación de valores de parámetros químicos Cr total, Cromo VI y DBO5 a los primeros 23 días de tratamiento por biorremediación 20% de EM



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-066

INFORME DE ENSAYOS N° 5834- 2021

PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE : DIVA-VIDA E.I.R.L.
DIRECCIÓN : JIRON AREQUIPA103 ALTO LIBERTAD CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO : AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido muy turbio
CODIFICACIÓN / MARCA : Ver detalle de codificación en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Proyecto: "Tratamiento de efluentes industriales de curtiembre" - Procedencia: N 8187005, E 225751 - Fecha y hora de muestreo: 18/10/2021 10:30 hrs.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 03 muestras de 2000 mL aprox. c/u. compuesta de 01 envase de PE de 1000 mL para análisis MB y 02 envases de PE de 500 mL c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envases de polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.7°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° : 1791-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 18/10/2021

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-E Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG Página 1 de 2

Av. Quífonos 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° 5532- 2021
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE AR-EM 20-11 DÍAS (1)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	4495	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	7.25	mg/L
FQ	Elemento Cr*	8.66	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.
Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.
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, Pag. 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE AR-EM 20-11 DÍAS (2)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1144	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	32.60	mg/L
FQ	Elemento Cr*	34.42	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.
Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.
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, Pag. 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE AR-EM 20-11 DÍAS (3)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3765	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	24.30	mg/L
FQ	Elemento Cr*	27.54	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.
Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.
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, Pag. 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

PRP-08-F-05-IE Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 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° 5834- 2021
PÁGINA 3 DE 3

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 18/10/2021 al 27/10/2021

MB 18/10/2021 al 23/10/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 27/10/2021



Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 18
Determinación de valores de parámetros químicos Cr total, Cromo VI y DBO5 a los 32 días de tratamiento por biorremediación 20% posterior a la fitorremediación



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 6009-2021
PÁGINA 1 DE 4

SOLICITANTE : DIVA-VIDA E.I.R.L.
DIRECCIÓN : JIRON AREQUIPA103 ALTO LIBERTAD CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO : AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido muy turbio
CODIFICACIÓN / MARCA : Ver detalle de codificación en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Proyecto: "Tratamiento de efluentes industriales de curtiembre" - Procedencia: N 8187005, E 225751 - Fecha y hora de muestreo: 25/10/2021 11:00 hrs.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 06 muestras de 2000 mL aprox. c/u. compuesta de 01 envase de PE de 1000 mL para análisis MB y 02 envases de PE de 500 mL c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envases de polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.8°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° : 1839-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 25/10/2021

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: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 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 RPC 983768883 RPM #954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

INFORME DE ENSAYOS N° 6009 - 2021
PÁGINA 2 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-EC+LG/32días (1)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1068	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	2.96	mg/L
FQ	Elemento Cr*	3.70	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag.3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-EC+LG/32días (2)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1094	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	3.29	mg/L
FQ	Elemento Cr*	4.11	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag.3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-EC+LG/32días (3)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	8020	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	2.65	mg/L
FQ	Elemento Cr*	3.31	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag.3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

INFORME DE ENSAYOS N° 6009-2021
PÁGINA 3 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-EC+LM/32días (1)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1033	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	4.78	mg/L
FQ	Elemento Cr*	5.97	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B. Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.
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, Pag. 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-EC+LM/32días (2)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1050	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	3.00	mg/L
FQ	Elemento Cr*	3.75	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B. Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.
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, Pag. 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-EC+LM/32días (3)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	8310	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	2.18	mg/L
FQ	Elemento Cr*	2.72	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B. Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.
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, Pag. 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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


INFORME DE ENSAYOS N° 6009-2021
PÁGINA 4 DE 4

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 25/10/2021 al 02/11/2021

MB 25/10/2021 al 02/11/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 06/11/2021




Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

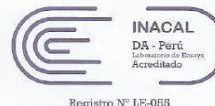
Fin del Informe

Anexo 19

Determinación de valores de parámetros químicos Cr total, Cromo VI y DBO5 a los 45 días de tratamiento por biorremediación 20% de EM y fitorremediación con E. crassipies + L. gibba y E. crassipies + L. minuta



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055



INFORME DE ENSAYOS N° 6283- 2021 PÁGINA 1 DE 4

SOLICITANTE : DIVA-VIDA E.I.R.L.
DIRECCIÓN : JIRON AREQUIPA103 ALTO LIBERTAD CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO : AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido muy turbio
CODIFICACIÓN / MARCA : Ver detalle de codificación en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Proyecto: "Tratamiento de efluentes industriales de curtiembre" - Procedencia: N 8187005, E 225751 - Fecha y hora de muestreo: 09/11/2021 12:30 hrs.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 06 muestras de 2000 mL aprox. c/u. compuesta de 01 envase de PE de 1000 mL para análisis MB y 02 envases de PE de 500 mL c/u. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envases de polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.0°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° : 1934-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 09/11/2021

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: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 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° 6283- 2021

PÁGINA 2 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20/EC+LG/45DÍAS (R-1)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	2690	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	25.50	mg/L
FQ	Elemento Cr*	25.50	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag.3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20/EC+LG/45DÍAS (R-2)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3030	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	23.37	mg/L
FQ	Elemento Cr*	47.43	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag.3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20/EC+LG/45DÍAS (R-3)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	2870	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	21.75	mg/L
FQ	Elemento Cr*	61.81	mg/L

ABREVIATURAS :
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Cromo Hexavalente

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag.3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

INFORME DE ENSAYOS N° 6283 - 2021
PÁGINA 3 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20/EC+LM/45DÍAS (R-1)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	2870	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	1.40	mg/L
FQ	Elemento Cr*	4.45	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag. 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20/EC+LM/45DÍAS (R-2)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3488	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	23.62	mg/L
FQ	Elemento Cr*	49.08	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag. 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20/EC+LM/45DÍAS (R-3)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1445	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	16.65	mg/L
FQ	Elemento Cr*	70.97	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag. 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

PRP-08-F-05-IE Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 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° 6283 - 2021
PÁGINA 4 DE 4

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 09/11/2021 al 22/11/2021

MB 09/11/2021 al 14/11/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 22/11/2021



[Signature]
Bjgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 20

Determinación de valores de parámetros químicos Cr total, Cromo VI y DBO5 a los 68 días de tratamiento por biorremediación 20% de EM y fitorremediación con *E. crassipies* + *L. gibba* y *E. crassipies* + *L. minuta*



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



INFORME DE ENSAYOS N° 6876-2021 PÁGINA 1 DE 4

SOLICITANTE : DIVA-VIDA E.I.R.L.
DIRECCIÓN : JIRON AREQUIPA103 ALTO LIBERTAD CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO : AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido muy turbio.
CODIFICACIÓN / MARCA : Ver detalle de codificación en hoja de resultados.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Procedencia: N: 8187005 E: 225751 - Fecha y hora de muestreo: 01/12/2021 12:00 hrs.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 06 muestras de 2000 mL aprox. c/u. Compuesta por 01 envase de PE de 1000 mL aprox. c/u para análisis MB; 02 envases de PE de 500 mL aprox. c/u para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envases de polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.8°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° : 2103-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 01/12/2021

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan solo es valido unicamente 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 percibles 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: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 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 BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

INFORME DE ENSAYOS N° 6876- 2021
PÁGINA 2 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-EC+Lg-EM20-68 días (1)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	2780	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	12.44	mg/L
FQ	Elemento Cr*	22.51	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B. Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag.3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-EC+Lg-EM20-68 días (2)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	4223	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	22.34	mg/L
FQ	Elemento Cr*	40.10	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B. Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag.3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-EC+Lg-EM20-68 días (3)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3340	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	42.53	mg/L
FQ	Elemento Cr*	76.33	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B. Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag.3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

INFORME DE ENSAYOS N° 6876- 2021
PÁGINA 3 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-EC+Lm-EM20-68 días (4)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3605	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	2.19	mg/L
FQ	Elemento Cr*	3.93	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-EC+Lm-EM20-68 días (5)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3878	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	27.96	mg/L
FQ	Elemento Cr*	50.16	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE EM20-EC+Lm-EM20-68 días (6)	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	4650	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	33.33	mg/L
FQ	Elemento Cr*	59.79	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Cromo Hexavalente

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Cr B, Chromium, Colorimetric Method, 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5 day BOD Test, 23rd Ed. 2017.

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, Pag 3-17, 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

PRP-06-F-05-IE Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 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

INFORME DE ENSAYOS N° 6876- 2021
PÁGINA 4 DE 4

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 01/12/2021 al 11/12/2021

MB 01/12/2021 al 06/12/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 13/12/2021



Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 21

Pruebas de hipótesis N°1

Hipótesis a probar:

El tratamiento por 11 y 23 días con 20% de EM – Agua variará los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E., de las aguas residuales de curtiembre tratadas.

1. Evaluación de la normalidad:

Tabla de Normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	,050	3600	,000	,967	3600	,000
CE	,188	3600	,000	,900	3600	,000
STD	,179	3600	,000	,537	3600	,000
Temperatura	,111	3600	,000	,955	3600	,000

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CrTotal	,228	36	,000	,862	36	,000
Cromo VI	,196	36	,001	,847	36	,000
DBO5	,142	36	,065	,901	36	,004

Ho: Los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$)

H1: Los datos no presentan distribución normal ($p < 0.05$)

Conclusión: se concluye que la normalidad de los parámetros físicos químicos no tiene una distribución normal.

0. Evaluación de la igualdad de varianzas: (ANOVA)

No aplica

- 0. Tipo de prueba a aplicar:**
Kolmogorov-Smirnov para mayores de 50 datos y Shapiro-Wilk menores de 50 datos.

0. Procedimiento

1. Expresión simbólica de las hipótesis

$$H_0: Me_{MASF80Ch} = Me_{MACF80Ch}$$

$$H_1: Me_{MASF80Ch} \neq Me_{MACF80Ch}$$

$$H_0: \mu_{biorremecion} \geq \mu_{MACF80Ch}$$

$$H_1: \mu_{MASF80Ch} < \mu_{MACF80Ch}$$

0. Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

0. Cálculo del estadístico de prueba

Anova, U Mann – Whitney,

	pH	CE	STD	Temperatura
U de Mann-Whitney	27980,500	33470,000	35498,500	39493,000
W de Wilcoxon	47681,500	53171,000	121403,500	59194,000
Z	-6,356	-3,674	-2,684	-,730
Sig. asintótica(bilateral)	,000	,000	,007	,466

	CrTotal	Cromo VI	DBO5
U de Mann-Whitney	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	21,000	21,000	21,000
Z	-2,913	-2,913	-2,913
Sig. asintótica(bilateral)	,004	,004	,004

Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,002 ^b	,002 ^b	,002 ^b
--	-------------------	-------------------	-------------------

0. Regla de decisión

Ho: Los valores entre los tratamientos no son iguales $p > 0.05$

H1: Los tratamientos usados de biorremediación con EMA 20% son menores a $p < 0.05$

0. Decisión sobre la H₀

Se evidencia que el tiempo de tratamiento influyó en la mayoría de los parámetros evaluados a excepción de la temperatura.

0. Redacción de la conclusión

En el tratamiento de 11 y 23 días con EMA 20%, se evidencia un cambio significativo en los valores de los parámetros tomados en el agua residual de curtiembre.

Anexo 22

Pruebas de hipótesis N°2

Hipótesis a probar:

Se observará una mayor variación en los valores de los parámetros de Cr Total, Cr VI, DBO5, pH, T°, STD y C.E. de las aguas residuales de curtiembre previamente tratadas con EM, por efecto del tratamiento por 10 y 22 días de fitorremediación en humedales mixtos artificiales (E. crassipes + L. minuta, y E. crassipes + L. gibba).

1. Evaluación de la normalidad:

Tabla de Normalidad

Prueba de Normalidad de parámetros fisicoquímico 10 y 22 días de tratamiento con especie E crassipes + L. gibba fitorremediación

Pruebas de normalidad							
	Días de tratamiento	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	10 días	,132	90	,001	,930	90	,000
	22 días	,121	198	,000	,955	198	,000
CE	10 días	,136	90	,000	,941	90	,001
	22 días	,116	198	,000	,954	198	,000
STD	10 días	,140	90	,000	,952	90	,002
	22 días	,103	198	,000	,959	198	,000
Temperatura	10 días	,211	90	,000	,887	90	,000
	22 días	,153	198	,000	,900	198	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad							
	Días de tratamiento	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CrTotal	10 días	,245	3	.	,971	3	,673

	22 días	,221	3	.	,986	3	,772
Cromo VI	10 días	,247	3	.	,969	3	,662
	22 días	,203	3	.	,994	3	,850
DBO5	10 días	,296	3	.	,918	3	,446
	22 días	,238	3	.	,976	3	,702

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de Normalidad de parámetros fisicoquímico 10 y 22 días de tratamiento con especie E crassipes + L. minuta fitorremediación

		Pruebas de normalidad								
		Días de tratamiento			Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.		
pH	10 días		,223	90	,000	,862	90	,000		
	22 días		,120	198	,000	,948	198	,000		
CE	10 días		,181	90	,000	,916	90	,000		
	22 días		,111	198	,000	,951	198	,000		
STD	10 días		,175	90	,000	,928	90	,000		
	22 días		,109	198	,000	,954	198	,000		
Temperatura	10 días		,115	90	,005	,949	90	,001		
	22 días		,164	198	,000	,900	198	,000		

a. Corrección de significación de Lilliefors

		Pruebas de normalidad								
		Días Tratam			Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.		

		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CrTotal	10 días	,250	3	.	,967	3	,651
	22 días	,255	3	.	,963	3	,628
Cromo VI	10 días	,355	3	.	,820	3	,162
	22 días	,263	3	.	,956	3	,595
DBO5	10 días	,260	3	.	,959	3	,609
	22 días	,268	3	.	,951	3	,572

a. Corrección de significación de Lilliefors

Ho: Los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$)

H1: Los datos no presentan distribución normal ($p < 0.05$)

Conclusión:

- Se concluye que la normalidad en el tratamiento con E. crassipes + L. gibba los parámetros físicos no tiene una distribución normal ($p < 0.05$) a diferencia de los parámetros químicos presenta una distribución normal ($p > 0.05$)
- Se concluye que la normalidad en el tratamiento con E. crassipes + L. minuta los parámetros físicos no tiene una distribución normal ($p < 0.05$) a diferencia de los parámetros químicos presenta una distribución normal ($p > 0.05$)

0. Evaluación de la igualdad de varianzas: (ANOVA)

No aplica

0. Tipo de prueba a aplicar:

Kolmogorov-Smirnov para mayores de 50 datos y Shapiro-Wilk menores de 50 datos.

0. Procedimiento

1. Expresión simbólica de las hipótesis

$H_0: Me_{MASF80Ch} = Me_{MACF80Ch}$

$H_1: Me_{MASF80Ch} \neq Me_{MACF80Ch}$

$$H_0: \mu_{\text{biorremecion}} \geq \mu_{\text{MACF80Ch}}$$

$$H_1: \mu_{\text{MASF80Ch}} < \mu_{\text{MACF80Ch}}$$

0. Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

0. Cálculo del estadístico de prueba

Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre a los 10 y 22 días de tratamiento por fitorremediación con *E. crassipes* + *L. gibba* posterior al tratamiento con EMA 20%. Se muestra resultados por la prueba de U Mann Whitney y t-Student ($\alpha=0.05$)

Descriptivos					
	Tratamiento10y22		Estadístico	Desv. Error	
pH	tramdias10	Media	8,6152	,02272	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	8,5701	
			Límite superior	8,6604	
		Media recortada al 5%	8,6281		
		Mediana	8,6250		
		Varianza	,046		
		Desv. Desviación	,21551		
		Mínimo	7,87		
		Máximo	9,04		
		Rango	1,17		
		Rango intercuartil	,24		
		Asimetría	-1,001		,254
		Curtosis	1,945		,503
		tramdias22	Media	8,3355	,02481
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	8,2865
			Límite superior	8,3844	
		Media recortada al 5%	8,3501		

		Mediana		8,4000	
		Varianza		,122	
		Desv. Desviación		,34911	
		Mínimo		7,42	
		Máximo		8,96	
		Rango		1,54	
		Rango intercuartil		,54	
		Asimetría		-,510	,173
		Curtosis		-,577	,344
CE	tramdias10	Media		25,77889	,384009
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	25,01587	
			Límite superior	26,54191	
		Media recortada al 5%		25,78580	
		Mediana		26,35000	
		Varianza		13,272	
		Desv. Desviación		3,643025	
		Mínimo		19,100	
		Máximo		32,300	
		Rango		13,200	
		Rango intercuartil		6,250	
		Asimetría		-,140	,254
		Curtosis		-1,268	,503
	tramdias22	Media		24,06051	,542324
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,99100	
			Límite superior	25,13001	
		Media recortada al 5%		23,77149	
		Mediana		22,00000	
		Varianza		58,235	
		Desv. Desviación		7,631168	
		Mínimo		11,600	

		Máximo		44,100	
		Rango		32,500	
		Rango intercuartil		10,403	
		Asimetría		,418	,173
		Curtosis		-,602	,344
STD	tramdias10	Media		12,9250	,19468
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	12,5382	
			Límite superior	13,3118	
		Media recortada al 5%		12,8772	
		Mediana		13,0500	
		Varianza		3,411	
		Desv. Desviación		1,84691	
		Mínimo		10,00	
		Máximo		18,60	
		Rango		8,60	
		Rango intercuartil		3,00	
		Asimetría		,193	,254
		Curtosis		-,454	,503
	tramdias22	Media		11,9428	,26905
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	11,4122	
			Límite superior	12,4734	
		Media recortada al 5%		11,8043	
		Mediana		11,0000	
		Varianza		14,333	
		Desv. Desviación		3,78593	
		Mínimo		5,51	
		Máximo		21,70	
		Rango		16,19	
		Rango intercuartil		5,13	
		Asimetría		,407	,173

	Curtosis		-,576	,344
Temperatura	tramdias10	Media	18,1300	,47368
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	17,1888
			Límite superior	19,0712
		Media recortada al 5%	18,0117	
		Mediana	16,4000	
		Varianza	20,193	
		Desv. Desviación	4,49370	
		Mínimo	12,00	
		Máximo	26,50	
		Rango	14,50	
		Rango intercuartil	7,93	
		Asimetría	,569	,254
		Curtosis	-1,109	,503
	tramdias22	Media		17,1181
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	16,3410
			Límite superior	17,8953
		Media recortada al 5%	17,0409	
		Mediana	15,3000	
		Varianza	30,750	
		Desv. Desviación	5,54527	
		Mínimo	8,09	
		Máximo	28,00	
		Rango	19,91	
		Rango intercuartil	10,35	
		Asimetría	,366	,173
		Curtosis	-1,326	,344

Descriptivos

	DíasTratam		Estadístico	Desv. Error
CrTotal	10	Media	5,7167	,62691
	días	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	3,0193 8,4140
		Media recortada al 5%	.	.
		Mediana	5,9300	.
		Varianza	1,179	.
		Desv. Desviación	1,08583	.
		Mínimo	4,54	.
		Máximo	6,68	.
		Rango	2,14	.
		Rango intercuartil	.	.
		Asimetría	-,850	1,225
		Curtosis	.	.
	22	Media	44,9133	10,55706
	días	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	-,5100 90,3367
		Media recortada al 5%	.	.
		Mediana	47,4300	.
		Varianza	334,354	.
		Desv. Desviación	18,28536	.
		Mínimo	25,50	.
		Máximo	61,81	.
		Rango	36,31	.
		Rango intercuartil	.	.
		Asimetría	-,608	1,225
		Curtosis	.	.
		Media	4,5733	,50148

Cromo VI	10 días	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,4157	
			Límite superior	6,7310	
		Media recortada al 5%		.	
		Mediana		4,7500	
		Varianza		,754	
		Desv. Desviación		,86858	
		Mínimo		3,63	
		Máximo		5,34	
		Rango		1,71	
		Rango intercuartil		.	
		Asimetría		-,877	1,225
		Curtosis		.	.
		Media		23,5400	1,08586
		22 días	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	18,8679
Límite superior	28,2121				
Media recortada al 5%			.		
Mediana			23,3700		
Varianza			3,537		
Desv. Desviación			1,88077		
Mínimo			21,75		
Máximo			25,50		
Rango			3,75		
Rango intercuartil			.		
Asimetría			,403	1,225	
Curtosis			.	.	
Media			3688,33	317,809	
DBO5	10 días		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2320,91
		Límite superior		5055,76	

	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		3870,00	
	Varianza		303008,333	
	Desv. Desviación		550,462	
	Mínimo		3070	
	Máximo		4125	
	Rango		1055	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		-1,323	1,225
	Curtosis		.	.
22	Media		2830,00	128,582
días	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2276,76	
		Límite superior	3383,24	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		2870,00	
	Varianza		49600,000	
	Desv. Desviación		222,711	
	Mínimo		2590	
	Máximo		3030	
	Rango		440	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		-,782	1,225
	Curtosis		.	.

Prueba t-student Lemna Gibba Parámetros Químicos

Prueba de muestras independientes	
Prueba de Levene de igualdad	prueba t para la igualdad de medias

		de			varianza		s		95% de intervalo	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilatera l)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Se	asumen									
	varianzas	5,320	,082	-	4	,021	39,19667	10,57565	-	-
CrTotal	iguales									
	No se									
asumen	varianzas									
	iguales									
Se	asumen									
	varianzas	1,212	,333	-	4	,000	18,96667	1,19607	-	-
Crom	iguales									
	No se									
o VI	asumen									
	varianzas									
iguales	Se									
	asumen									
DBO5	varianzas	3,217	,147	-	4	,067	858,333	342,835	-	-
	iguales									

No se							
asumen						-	2039,2
varianzas	2,504	2,638	,099	858,333	342,835	322,608	74
iguales							

Valores de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de curtiembre a los 10 y 22 días de tratamiento por fitorremediación con *E. crassipes* + *L. minuta* posterior al tratamiento con EMa 20%. Se muestra resultados por la prueba de U Mann Whitney y t-Student ($\alpha=0.05$)

Descriptivos						
	Fito		Estadístico	Desv. Error		
pH	Fito10	Media	8,1360	,06899		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7,9989		
			Límite superior	8,2731		
			Media recortada al 5%	8,1667		
		Mediana	8,4750			
		Varianza	,428			
		Desv. Desviación	,65449			
		Mínimo	6,74			
		Máximo	8,90			
		Rango	2,16			
		Rango intercuartil	1,06			
		Asimetría	-,669	,254		
		Curtosis	-1,042	,503		
		Fito22	Media	Media	8,3438	,02725
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	8,2900
Límite superior	8,3975					
Media recortada al 5%	8,3570					

		Mediana	8,4000	
		Varianza	,147	
		Desv. Desviación	,38349	
		Mínimo	7,36	
		Máximo	8,92	
		Rango	1,56	
		Rango intercuartil	,63	
		Asimetría	-,388	,173
		Curtosis	-,896	,344
CE	Fito10	Media	26,7606	,30649
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	26,1516
			Límite superior	27,3695
		Media recortada al 5%	26,8657	
		Mediana	27,3500	
		Varianza	8,454	
		Desv. Desviación	2,90760	
		Mínimo	19,70	
		Máximo	32,40	
		Rango	12,70	
		Rango intercuartil	2,75	
		Asimetría	-,856	,254
		Curtosis	,471	,503
	Fito22	Media	23,1616	,50676
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,1623
			Límite superior	24,1610
		Media recortada al 5%	22,8957	
		Mediana	21,5000	
		Varianza	50,847	
		Desv. Desviación	7,13069	
		Mínimo	12,05	

		Máximo		43,10	
		Rango		31,05	
		Rango intercuartil		10,25	
		Asimetría		,388	,173
		Curtosis		-,667	,344
STD	Fito10	Media		13,3911	,15487
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	13,0834	
			Límite superior	13,6988	
		Media recortada al 5%		13,4386	
		Mediana		13,6500	
		Varianza		2,159	
		Desv. Desviación		1,46927	
		Mínimo		10,00	
		Máximo		16,10	
		Rango		6,10	
		Rango intercuartil		1,50	
		Asimetría		-,745	,254
		Curtosis		,283	,503
	Fito22	Media		11,5098	,25709
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	11,0028	
			Límite superior	12,0168	
		Media recortada al 5%		11,3832	
		Mediana		10,7500	
		Varianza		13,087	
		Desv. Desviación		3,61761	
		Mínimo		5,31	
		Máximo		21,30	
		Rango		15,99	
		Rango intercuartil		5,08	
		Asimetría		,349	,173

		Curtosis		-,741	,344
Temperatura	Fito10	Media		20,3717	,37901
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	19,6186	
			Límite superior	21,1247	
		Media recortada al 5%		20,4358	
		Mediana		20,8000	
		Varianza		12,928	
		Desv. Desviación		3,59560	
		Mínimo		12,60	
		Máximo		26,40	
		Rango		13,80	
		Rango intercuartil		6,55	
		Asimetría		-,313	,254
		Curtosis		-1,017	,503
	Fito22	Media		17,1304	,37801
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	16,3849	
			Límite superior	17,8759	
		Media recortada al 5%		17,0682	
		Mediana		15,1500	
		Varianza		28,292	
		Desv. Desviación		5,31907	
		Mínimo		8,40	
		Máximo		26,70	
		Rango		18,30	
		Rango intercuartil		9,73	
		Asimetría		,343	,173
		Curtosis		-1,342	,344

Descriptivos

	DíasTratam		Estadístico	Desv. Error
CrTotal	10	Media	7,4067	1,49426
	días	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	,9774 13,8359
		Media recortada al 5%	.	
		Mediana	7,9500	
		Varianza	6,698	
		Desv. Desviación	2,58813	
		Mínimo	4,59	
		Máximo	9,68	
		Rango	5,09	
		Rango intercuartil	.	
		Asimetría	-,903	1,225
		Curtosis	.	.
	22	Media	41,5000	19,57311
	días	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	-42,7163 125,7163
		Media recortada al 5%	.	
		Mediana	49,0800	
		Varianza	1149,320	
		Desv. Desviación	33,90162	
		Mínimo	4,45	
		Máximo	70,97	
		Rango	66,52	
		Rango intercuartil	.	
		Asimetría	-,956	1,225
		Curtosis	.	.
		Media	6,2600	1,29466

Cromo VI	10 días	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,6895			
			Límite superior	11,8305			
		Media recortada al 5%		.			
		Mediana		7,3600			
		Varianza		5,028			
		Desv. Desviación		2,24241			
		Mínimo		3,68			
		Máximo		7,74			
		Rango		4,06			
		Rango intercuartil		.			
		Asimetría		-1,676	1,225		
		Curtosis		.	.		
		22 días	22 días	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	13,8900	6,56113
					Límite superior	-14,3403	
Media recortada al 5%				.			
Mediana				16,6500			
Varianza				129,145			
Desv. Desviación				11,36421			
Mínimo				1,40			
Máximo				23,62			
Rango				22,22			
Rango intercuartil				.			
Asimetría				-1,028	1,225		
Curtosis				.	.		
DBO5	10 días			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3665,00	73,711
					Límite superior	3347,85	
				3982,15			

	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		3695,00	
	Varianza		16300,000	
	Desv. Desviación		127,671	
	Mínimo		3525	
	Máximo		3775	
	Rango		250	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		-,999	1,225
	Curtosis		.	.
22	Media		2601,00	604,906
días	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-1,70	
		Límite superior	5203,70	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		2870,00	
	Varianza		1097733,000	
	Desv. Desviación		1047,728	
	Mínimo		1445	
	Máximo		3488	
	Rango		2043	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		-1,079	1,225
	Curtosis		.	.

Prueba t-student Lemna Minuta Parámetros Químicos

Prueba de muestras independientes

**Prueba de
Levene de
igualdad
de
varianzas**

prueba t para la igualdad de medias

						Sig.	Diferen	Diferen	95% de intervalo	
						(bilater	cia de	cia de	de confianza de la	
						al)	medias	error	diferencia	
		F	. t	gl			estándar	Inferior	Superi	
									or	
DBO	Se	25,89	,01	1,95	3	,146	486,000	249,200	-	1279,0
	5									
	asumen	3	5	0					307,065	65
	varianz									
	as									
	iguales									
	No se			1,53	1,11	,350	486,000	317,670	-	3658,6
	asumen			0	5				2686,67	76
	varianz								6	
	as									
	iguales									
CrTot	Se	105,0	,00	-	3	,008	-	8,38290	-	-
	al									
	asumen	02	2	6,27			52,6183		79,2964	25,940
	varianz			7			3		7	20
	as									
	iguales									
	No se			-	1,03	,125	-	11,0465	-	76,317
	asumen			4,76	7		52,6183	3	181,554	72
	varianz			3			3		39	
	as									
	iguales									
Crom	Se	9,491	,05	-	3	,021	-	3,08884	-	-
	o VI									
	asumen		4	4,49			13,8750		23,7050	4,0449
	varianz			2			0		5	5
	as									
	iguales									
	No se			-	1,28	,122	-	3,71771	-	14,648
	asumen			3,73	3		13,8750		42,3980	02
	varianz			2			0		2	
	as									
	iguales									

0. Regla de decisión

Ho: Los valores entre los tratamientos no son iguales $p > 0.05$

H1: Los tratamientos usados de biorremediación con EMa 20% son menores a $p < 0.05$

0. Decisión sobre la H0

Se evidencia que el tiempo de tratamiento influyó en la mayoría de los parámetros evaluados a excepción de la temperatura.

0. Redacción de la conclusión

- En el tratamiento con *E. crassipes* + *L. gibba* de acuerdo a la prueba de U Mann Whitney (Tabla N° 9), existe diferencia en los parámetros de pH, C.E, STD, T° entre los tratamientos de 10 y 22 días, siendo mayores los valores a los 10 días. De acuerdo a la prueba de t-Student existe diferencia significativa entre 10 y 22 días en los valores de Cr Total y Cr VI siendo mayores a los 22 días de tratamiento.
- En el tratamiento con *E. crassipes* + *L. minuta* los parámetros C.E., STD y T° presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre 10 y 22 días, siendo los valores mayores a los 10 días de tratamiento. Los valores de pH, no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$). De acuerdo a la prueba de t-Student, los valores de DBO5 no mostraron diferencia significativa entre los tiempos de tratamiento; pero si se encontró diferencia en los valores de Cr Total y Cr VI entre los tiempos de tratamiento

**Anexo 23
Hoja de custodia**



REGISTRO DE ENVIO DE MUESTRAS DEL CLIENTE

Estado cliente: Agente/a completa por datos válidos

Cliente / Estado Social: SAHOS - OT 014 - P. E. SA
 Dirección: Av. P. Freyre Es. 1233, Aldea Libertad - Sector Gallo de Oro
 Nombre del representante: FRANCISCO
 Contacto de referencia: 011 2251 2511
 MOD: 20200731E-054

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA (Indicar si cambia la muestra o si es una muestra que se repite en el tiempo de entrega)	CANTIDAD (g/ml)	MATERIA (Indicar si es un tipo de muestra)	REQUISITOS (Indicar si requiere refrigeración)	FECHA DEL MUESTREO	HORA DEL MUESTREO	Observaciones adicionales		Total de muestras por muestra (g/ml)	Cálculo Total (g/ml) (g/l)
							Observaciones	Observaciones		
01	Agua residual (de un tanque de agua residual)	500 ml	Agua residual	Refrigeración	20-06-21	11:00	✓	✓	01	500
02	Agua residual (de un tanque de agua residual)	500 ml	Agua residual	Refrigeración	20-06-21	11:00	✓	✓	01	500

Observaciones: Agua residual de un tanque de agua residual
 Fecha y hora de envío de muestra: 20-06-21 11:00
 Lugar de destino: SAHOS
 Observaciones: Agua residual de un tanque de agua residual
 Fecha y hora de recepción: 20-06-21 11:00
 Lugar de recepción: SAHOS

Formulario SAHOS - Versión 01 - Fecha de emisión: 2018/01/01 - Controlado por: JH / Revisado por: JH / Aprobado por: JH - Página 31 de 31