

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Eficiencia del sistema mixto por fitorremediación
y biorremediación para el tratamiento de aguas
residuales de las curtiembres de Río Seco -
Arequipa, 2021**

Aldo Cruzatt Dueñas
Flor Dennis Carmona Quelopana

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" .

EFICIENCIA DEL SISTEMA MIXTO POR FITORREMEDIACIÓN Y BIORREMEDIACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS CURTIEMBRES DE RÍO SECO - AREQUIPA, 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	archive.org Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.espam.edu.ec Fuente de Internet	<1%

9	biblio3.url.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
10	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.xoc.uam.mx Fuente de Internet	<1 %
14	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
15	"Agricultura em Foco: Tópicos Em Manejo, Fertilidade do Solo e Impactos Ambientais - Volume 1", Editora Cientifica Digital, 2020 Publicación	<1 %
16	1library.co Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
19	erp.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

20	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	Osorio González Eloisa Sonia. "Creencias irracionales y resistencia al cambio entre brechas generacionales en el trabajo", TESIUNAM, 2014 Publicación	<1 %
26	Cuevas Andrade Patricia. "Factores que influyen en el diagnóstico y tratamiento de la depresión en el adulto mayor en cuatro clínicas de medicina familiar del ISSSTE", TESIUNAM, 2010 Publicación	<1 %
27	Manuela Restrepo-Chica, María Argenis Bonilla-Gómez. "Dinámica de la fenología y visitantes florales de dos bromelias terrestres de un páramo de Colombia", Revista Mexicana de Biodiversidad, 2017	<1 %

28 es.scribd.com <1 %
Fuente de Internet

29 produccioncientificaluz.org <1 %
Fuente de Internet

30 repositorio.uancv.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

31 repositorio.unapiquitos.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

32 repositorio.une.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

33 revistas.unal.edu.co <1 %
Fuente de Internet

34 renati.sunedu.gob.pe <1 %
Fuente de Internet

35 ridum.umanizales.edu.co <1 %
Fuente de Internet

36 repositorio.uss.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

37 Toni Llacer. "Resentimiento fiscal. Una propuesta de mecanismo explicativo de la relación entre la edad y la moral fiscal", *Revista Internacional de Sociología*, 2014 <1 %
Publicación

38

Fuente de Internet

<1 %

39

rinacional.tecnm.mx

Fuente de Internet

<1 %

40

revistas.ulima.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

41

bdigital.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

42

bibliotecadigital.usb.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

43

repositorio.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

44

manglar.uninorte.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

45

repositorio.unac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

46

repositorio.untels.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

47

repository.ub.ac.id

Fuente de Internet

<1 %

48

leonardonoriel.wordpress.com

Fuente de Internet

<1 %

49

repobib.ubiobio.cl

Fuente de Internet

<1 %

50

repositorio.cientifica.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

51

issuu.com

Fuente de Internet

<1 %

52

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "ITS del Proyecto de Ampliación de la Planta Industrial de Producción de Ácido Bórico por la Implementación de una nueva Línea de Producción de Borato de Zinc-IGA0009445", R.D. N° 360-2018-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020

Publicación

<1 %

53

INVESCAPERU S.A.C.. "EIA para el Proyecto Planta de Parque Industrial Río Seco - Curtiembre Pacheco-IGA0003297", R.D. N° 198-2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020

Publicación

<1 %

54

repositorio.unicauca.edu.co:8080

Fuente de Internet

<1 %

55

DEL CONSULTORA AMBIENTAL S.R.L.. "DAP de la Planta Industrial Identificada como Curtiembre Margarita Casazola Sánchez-IGA0009028", R.D. N° 296-2016-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020

Publicación

<1 %

repositorio.unaj.edu.pe

56

Fuente de Internet

<1 %

57

Garduño Godínez Elisa. "El género bursera como recurso biológico en México", TESIUNAM, 2015

Publicación

<1 %

58

Priyanka Mahajan, Padma Sharma, Harminder Pal Singh, Sonia Rathee, Mansi Sharma, Daizy Rani Batish, Ravinder Kumar Kohli.

"Amelioration potential of β -pinene on Cr(VI)-induced toxicity on morphology, physiology and ultrastructure of maize", Environmental Science and Pollution Research, 2021

Publicación

<1 %

59

ciencias.medellin.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

60

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

61

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

62

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

63

revistas.unilibre.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

64

Zaragoza Sánchez Paloma Isabel.
"Degradación de contaminantes emergentes"

<1 %

mediante un proceso fotocatalítico
empleando nanotubos de TiO₂", TESIUNAM,
2018

Publicación

65

cia.uagraria.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

66

Francisco Cabezuelo-Lorenzo, Pablo Rey-García, Alejandro Tapia-Frade. "Análisis de las herramientas de control ciudadano sobre los representantes públicos: La transparencia informativa municipal en Castilla y León", Revista Latina de Comunicación Social, 2016

Publicación

67

SERVICIOS GENERALES DE HIDROCARBUROS E.I.R.LTDA.. "PMA del Establecimiento de Venta al Público de Combustibles Grifo San Francisco-IGA0004778", R.D. N° 890-2007-MEM/AAE, 2021

Publicación

68

repositorio.upsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

69

CENTRO DE ESPECIALIZACION AMBIENTAL S.A.C. - CENESAM S.A.C.. "DAA de la Planta de Curtido, Adobo y Teñido de Pieles-IGA0003012", R.D. N° 390-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020

Publicación

70	<p>INVESCAPERU S.A.C.. "DAA para la Planta Industrial de Curtido de Pieles-IGA0009282", R.D. N° 051-2017-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020</p> <p>Publicación</p>	<1 %
71	<p>OSCAR YANGALI INGENIERIA E.I.R.LTDA.. "DIA del Proyecto Línea de Transmisión 60 kV S.E. Potrero - S.E. Aguas Calientes 4.97 km-IGA0002139", R.D. N° 130-2014-MEM/DGAAE, 2020</p> <p>Publicación</p>	<1 %
72	<p>e-spacio.uned.es</p> <p>Fuente de Internet</p>	<1 %
73	<p>revistas.unap.edu.pe</p> <p>Fuente de Internet</p>	<1 %
74	<p>visorsig.oefa.gob.pe</p> <p>Fuente de Internet</p>	<1 %
75	<p>www.buenastareas.com</p> <p>Fuente de Internet</p>	<1 %
76	<p>www.schoolandcollegelistings.com</p> <p>Fuente de Internet</p>	<1 %
77	<p>www.slideshare.net</p> <p>Fuente de Internet</p>	<1 %
78	<p>Bernadine Leticia Dixon Carlos, Ilenia Arllery García Peralta, Sandra Carolina Rojas Hooker, Tania Patrica Rossmann Hooker et al. "¿Es</p>	<1 %

posible la felicidad en estudiantes universitarios?: un estudio no paramétrico", Revista Electrónica de Conocimientos, Saberes y Prácticas, 2019

Publicación

79

Cruz Meneses Alejandro de la. "Diseño y desarrollo de un prototipo para la medición de la calidad del agua orientado a la producción acuícola", TESIUNAM, 2022

Publicación

<1 %

80

UMBRELLA ECOCONSULTING S.A.C.. "DIA del Proyecto Parque Eólico Huambos-IGA0002973", R.D.R. N° 66-2017-GR-CAJ-DREM, 2020

Publicación

<1 %

81

ciencia.lasalle.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

82

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

83

www.repositorio.autonomadeica.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

84

Bazan Lira Victor Daniel. "Valoración de la actividad antiinflamatoria del extracto acuoso de lavandula officinalis (flor de lavanda) y determinación de algunos mediadores de inflamación en un modelo de ratón CD1", TESIUNAM, 2012

Publicación

<1 %

85 INVESCAPERU S.A.C.. "DAP Grupal de la Empresa Gorky Sosa Gómez Perteneciente a la Asociación de Empresarios del Parque Industrial de Río Seco-IGA0003230", R.D. N° 057-2016-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2022
Publicación <1 %

86 INVESCAPERU S.A.C.. "DAP para la Planta Industrial de Curtido de Pieles de Ovino-IGA0002704", R.D. N° 058-2016-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2021
Publicación <1 %

87 parquedoblespiral.wixsite.com
Fuente de Internet <1 %

88 vsip.info
Fuente de Internet <1 %

89 Morales Botello Lidia Cecilia. "Uso y conocimiento de la fauna silvestre en el Municipio de Tecali de Herrera, Puebla, México para establecer recomendaciones de aprovechamiento sustentable", TESIUNAM, 2015
Publicación <1 %

90 seguridad-wireless.blogspot.com
Fuente de Internet <1 %

91 www.scielo.org.co
Fuente de Internet <1 %

92	zagan.unizar.es Fuente de Internet	<1 %
93	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
94	repositorio.ucsp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
95	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
96	southfloridapublishing.com Fuente de Internet	<1 %
97	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
98	repository.pedagogica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
99	www.change.org Fuente de Internet	<1 %
100	www.fao.org Fuente de Internet	<1 %
101	DEL CONSULTORA AMBIENTAL S.R.L.. "DAP para su Planta Industrial de Curtido y Adobado de Cueros-IGA0006359", R.D. N° 101-2016-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020 Publicación	<1 %

102 José María Galán González-Serna, Rocío Romero Serrano, María Socorro Morillo Martín, Juan Manuel Alarcón Fernández. "Descenso de empatía en estudiantes de enfermería y análisis de posibles factores implicados", *Psicología Educativa*, 2014
Publicación

103 Ventura Rios Ma. Teresa. "Disenos experimentales una herramienta estadistica para la investigacion en farmacia", TESIUNAM, 1996
Publicación

104 camjol.info
Fuente de Internet

105 planetacuario.com
Fuente de Internet

106 repositorio.ucss.edu.pe
Fuente de Internet

107 vdoc.pub
Fuente de Internet

108 Apolonio Astudillo Lourdes. "Construcción y arranque de un humedal artificial a escala banco de laboratorio", TESIUNAM, 2011
Publicación

109 Celis Rivas Ma. Esperanza, Escobedo Santaolaya Cuauhtemoc. "Adaptacion y

normalizacion de la prueba de desarrollo
psicomotor de Brunet-Lezine en la poblacion
infantil de 6 a 18 meses que asiste a las
estancias de bienestar infantil del ISSSTE",
TESIUNAM, 1993

Publicación

110	ENVIRO HEAL S.R.L.. "DAA para la Planta de Curtido y Adobo de Cueros-IGA0003750", R.D. N° 00013-2020-PRODUCE/DGAAMI, 2020	<1 %
Publicación		
111	digibug.ugr.es	<1 %
Fuente de Internet		
112	patents.google.com	<1 %
Fuente de Internet		
113	prezi.com	<1 %
Fuente de Internet		
114	repositorio.unam.edu.pe	<1 %
Fuente de Internet		
115	repositorio.unsch.edu.pe	<1 %
Fuente de Internet		
116	repositorio.upeu.edu.pe	<1 %
Fuente de Internet		
117	tesis.pucp.edu.pe	<1 %
Fuente de Internet		
118	www.bolpress.com	<1 %
Fuente de Internet		

119 "Pollution of Water Bodies in Latin America", Springer Science and Business Media LLC, 2019 <1 %
Publicación

120 ALTERNATIVAS DE DESARROLLO SOSTENIBLE SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. <1 %
"Actualización del EIA de las Plantas para la Producción de Congelado de 49.68 t/día, Conservas de 2635 cajas/turno de Productos Hidrobiológicos y de Harina Residual de 5 t/h como Actividad Accesorio y Complementaria a las Actividades Principales de Congelado y Conservas, Ubicado en el Distrito de Sechura, Piura-IGA0003987", R.D. N° 150-2016-PRODUCE/DGCHD, 2020
Publicación

121 Cerón Breton Rosa María. "Composición química de la precipitación pluvial en zonas costeras", TESIUNAM, 2002 <1 %
Publicación

122 Estrada-Arriaga Edson Baltazar, Mijaylova-Nacheva Petia, Moeller-Chavez Gabriela, Mantilla-Morales Gabriela et al. "Presencia y tratamiento de compuestos disruptores endócrinos en aguas residuales de la Ciudad de México empleando un biorreactor con membranas sumergidas", Ingeniería, Investigación y Tecnología, 2013 <1 %

123 Paolo Battistoni, Enrico Carniani, Francesco Fatone, Pietro Balboni, Pierluigi Tornabuoni. "Phosphogypsum Leachate: Treatment Feasibility in a Membrane Plant", Industrial & Engineering Chemistry Research, 2006
Publicación

<1 %

124 Ruiz López Vianey. "Remoción de cadmio y zinc de aguas residuales de una industria minera mediante reactores biológicos que simulan un humedal artificial", TESIUNAM, 2009
Publicación

<1 %

125 Santiago Vázquez Martínez. "Nuevas técnicas de ensayos no destructivos basadas en ondas mecánicas para la valoración del daño en materiales cementicios", Universitat Politecnica de Valencia, 2021
Publicación

<1 %

126 bibliotecadigital.oducal.com
Fuente de Internet

<1 %

127 docslide.us
Fuente de Internet

<1 %

128 moam.info
Fuente de Internet

<1 %

129 mri.scnatweb.ch
Fuente de Internet

<1 %

130	pbisotopes.ess.sunysb.edu Fuente de Internet	<1 %
131	repositorio.uasf.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
132	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
133	repositorio.upads.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
134	theibfr.com Fuente de Internet	<1 %
135	www.ciget.pinar.cu Fuente de Internet	<1 %
136	www.royalsunalliance.com.co Fuente de Internet	<1 %
137	www.sabiia.cnptia.embrapa.br Fuente de Internet	<1 %
138	Chimenos, J.M.. "Optimizing the APC residue washing process to minimize the release of chloride and heavy metals", Waste Management, 2005 Publicación	<1 %
139	Chávez García Elizabeth. "Rehabilitación de suelos salino-sódicos para el establecimiento de una cobertura vegetal en el ex Lago de Texcoco", TESIUNAM, 2019 Publicación	<1 %

140 Guofang Zhai. "MODELING FLOOD DAMAGE: CASE OF TOKAI FLOOD 2000", Journal of the American Water Resources Association, 2/2005
Publicación <1 %

141 Gutiérrez Hernández Lucero, Ramírez García Wenny Fernanda. "Sistema sustentable para desalinización de agua", TESIUNAM, 2019
Publicación <1 %

142 INVESCAPERU S.A.C.. "DAP de la Planta Industrial de Curtido de Pieles de Vacuno-IGA0003798", R.D. N° 77-2016-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020
Publicación <1 %

143 Lomelí Serrano Erika Artemisa. "Tratamiento de aguas residuales provenientes de rastro mediante un sistema de reactores anaerobio y aerobio con aireación intermitente", TESIUNAM, 2011
Publicación <1 %

144 WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "EIA del Proyecto de Explotación de Cantera GNL-2, Cañete - Perú-IGA0000128", R.D. N° 291-2006-MEM/AAE, 2021
Publicación <1 %

145	YANAPAQUI CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.. "DAA de la Planta Industrial Dedicada al Curtido y Adobado de Cuero-IGA0003446", R.D. N° 766-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020 Publicación	<1 %
146	cueronet.com Fuente de Internet	<1 %
147	dspace.umh.es Fuente de Internet	<1 %
148	eresmama.com Fuente de Internet	<1 %
149	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
150	network.bepress.com Fuente de Internet	<1 %
151	repositorio.catie.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
152	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	<1 %
153	repositorio.uigv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
154	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %

155	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
156	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
157	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
158	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	<1 %
159	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
160	www.ambi-agua.net Fuente de Internet	<1 %
161	www.aqualex.org Fuente de Internet	<1 %
162	www.artesaniaflorae.com Fuente de Internet	<1 %
163	www.oefa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
164	www.ppa.pt Fuente de Internet	<1 %
165	www.prfrogui.com Fuente de Internet	<1 %
166	www.revistas.una.ac.cr Fuente de Internet	<1 %

167	www.sia.net.ni Fuente de Internet	<1 %
168	www.tdx.cat Fuente de Internet	<1 %
169	www.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
170	"Estudio del comportamiento de suelos potencialmente expansivos en zonas forestales estabilizados con cenizas FBC", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2016 Publicación	<1 %
171	Agatha Agudelo Sánchez. "Absorción de agua y nutrientes y respuesta fisiológica de plantas halofitas y glicofitas bajo condiciones de estrés salino", Universitat Politecnica de Valencia, 2021 Publicación	<1 %
172	INVESCAPERU S.A.C.. "DAP de la Planta Industrial de Curtido de Pieles de Vacuno-IGA0002816", R.D. N° 059-2016-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020 Publicación	<1 %
173	KEVIN OMAR S.A.C. "EIA-SD de Ampliación de la Capacidad de Producción de la Planta de Congelado de 43 t/día a 67 t/día, Ubicada en el Distrito de Pocollay, Tacna-IGA0001896", R.D. N° 128-2018-PRODUCE/DGAAMPA, 2022	<1 %

174

MARTHA SOFIA PRADA MOLINA. "Estudio comparativo de las respuestas del usuario provenientes de la evaluación perceptiva unimodal y multimodal. Integración del análisis sensorial en el proceso de diseño de productos", Universitat Politecnica de Valencia, 2011

Publicación

<1 %

175

Martínez García Diego. "Evaluación del reúso de agua residual tratada en la agricultura como parte de una estrategia para reducir el déficit en acuíferos : caso de estudio San Juan del Río", TESIUNAM, 2016

Publicación

<1 %

176

Salazar Peláez Mónica Liliana. "Influencia del tiempo de retención hidráulica en el desempeño y taponamiento de un reactor UASB acoplado a una membrana externa de ultrafiltración", TESIUNAM, 2011

Publicación

<1 %

177

Salinas Juárez María Guadalupe. "Evaluación de un sistema de biofiltración y humedal para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil", TESIUNAM, 2011

Publicación

<1 %

178

Cruz Marín Esther Abigail, López Camarillo Miztli Ernesto, Jiménez Trujillo Eduardo.

<1 %

"Propuesta de agroparque, una visión sustentable de desarrollo pecuario en La Nopalera, Morelos", TESIUNAM, 2020

Publicación

179

DEL CONSULTORA AMBIENTAL S.R.L.. "DAA de la Planta Industrial de Curtido y Adobo de Cueros-IGA0003146", R.D. N° 123-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2021

Publicación

<1 %

180

Lina-Marcela Saenz-Reyes, Rafael-Nikolay Agudelo-Valencia, Stivenzo-Rafael Ortiz-de-la-Hoz, Siby-Inés Garcés-Polo. "Impacto de la densidad de plantación en la eficacia de humedales artificiales a escala de laboratorio plantados con Limonium Perezzi para el tratamiento de aguas residuales de curtiembres", Revista Facultad de Ingeniería, 2022

Publicación

<1 %

181

Perez Quintero Guillermo. "Restauracion de un predio industrial contaminado con cromo hexavalente", TESIUNAM, 2006

Publicación

<1 %

182

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PAMA del Centro de Acopio de Productos Boratados - Unidad Challapampa-IGA0009447", R.D. N° 378-2018-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020

Publicación

<1 %

183

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

184

repository.udca.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Continental por habernos dado la oportunidad de formar parte de su centro de estudios, así como al asesor asignado por la orientación brindada para el desarrollo de esta investigación.

Nuestro agradecimiento al Centro de Investigación DIVA - VIDA E.I.R.L. por habernos otorgado un espacio para la realización del estudio, y a la Curtiembre PACHECO S.R.Ltda. por haber proporcionado la muestra objeto de estudio y la información pertinente.

Finalmente, queremos extender nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que, de alguna manera, contribuyeron al desarrollo de esta investigación. Sin su colaboración y apoyo, no habría sido posible llevarla a cabo con éxito.

DEDICATORIA

A mis padres, Sonia y Alfredo, quienes fueron mi soporte en toda mi etapa universitaria y con sus sabios consejos lograron en mí una persona con valores y principios.

A mi hermano, quien siempre me motivó a salir adelante.

A mi abuelita Flora, quien fue mi segunda mamá y a toda mi familia y amigos que depositaron su confianza en mí.

Bach. Aldo Cruzatt Dueñas

A mi Mamá Victoria, quien nunca dudó en hacer sacrificios para que pueda lograr todo aquello que soñé.

A mi abuelita Carmen, por ser la luz y ternura que siempre necesito para no rendirme.

A mi hermano, por siempre desafiarme a auto superarme.

A toda mi familia y amistades, por el interés y ánimo que mostraron por mi desempeño en la presente investigación, en especial a mi padre por todo el apoyo y sustento que me brindó para su desarrollo.

A mi colega, por asumir juntos este desafío, sobre todo por llevar a término la presente investigación y por los años que compartimos en la etapa universitaria.

Bach. Flor Dennis Carmona Quelopana

ÍNDICE

RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I: 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	19
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. Legal	20
1.3.2. Económica.....	20
1.3.3. Ambiental.....	21
1.3.4. Social	21
1.4. Hipótesis y Variables	22
1.4.1. Hipótesis General	22
1.4.2. Hipótesis Específicas	22
1.4.3. Variables	22

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes de la Investigación	24
2.2. Bases Teóricas	27
2.2.1. Proceso Productivo de la Industria de Curtiembre.....	27
2.2.2. Características de los Efluentes de la Industria de Curtiembre	33
2.2.3. Métodos para el Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de Curtiembre	38
2.2.4. Fitorremediación	39
2.2.5. Biorremediación.....	42
2.2.6. Parámetros de Calidad del Agua	46
2.3. Definición de Términos Básicos	48
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	51
3.1. Método y Alcance de la Investigación	51
3.1.1. Método de Investigación	51
3.1.2. Tipo de Investigación.....	51
3.1.3. Alcance	52
3.1.4. Diseño de la Investigación	52
3.1.5. Universo y Muestra	52
3.2. Procedimiento	53
3.2.1. Lugar y Fecha de Investigación.....	54
3.2.2. Acondicionamiento del Área.....	54

3.2.3.	Selección y Recolección de la Especie <i>Eichhornia crassipes</i>	54
3.2.4.	Aclimatación y Nutrición de <i>Eichhornia crassipes</i>	54
3.2.5.	Activación de EM	55
3.2.6.	Recolección de Aguas Residuales de Curtiembre.....	56
3.2.7.	Caracterización del ARI.....	57
3.2.8.	Instalación de los Sistemas de Tratamiento	57
3.2.9.	Mantenimiento de los Sistemas de Tratamiento	59
3.3.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	60
3.3.1.	Toma de Datos Físicos	60
3.3.2.	Análisis de Laboratorio	60
3.3.3.	Condiciones Ambientales.....	61
3.4.	Diseño Estadístico.....	61
	CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
4.1.	Resultados y Análisis de la Información	62
4.1.1.	Determinación de Parámetros Basales Físicoquímicos de las ARI de Curtiembre	62
4.1.2.	Cuantificación de la Variación de los Parámetros Físicoquímicos por Efecto del Tratamiento con EMa (5%) a los 30, 45 y 60 Días.....	63
4.1.3.	Cuantificación de la Variación de los Parámetros Físicoquímicos por Efecto del Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> , a los 30, 45 y 60 Días.....	64
4.1.4.	Cuantificación de la Variación de los Parámetros Físicoquímicos por Efecto del Tratamiento Mixto con Biorremediación y Fitorremediación a los 30, 45 y 60 Días	65

4.1.5. Contrastación de los Tres Métodos de Tratamiento.....	67
4.2. Comprobación de Hipótesis	75
4.2.1. Hipótesis 1	75
4.2.2. Hipótesis 2	75
4.2.3. Hipótesis 3	84
4.2.4. Hipótesis 4	93
4.2.5. Hipótesis 5	101
4.3. Discusión de Resultados	115
4.3.1. Parámetros Basales.....	115
4.3.2. Tratamiento por Biorremediación B[5]	117
4.3.3. Tratamiento por Fitorremediación F[0].....	118
4.3.4. Tratamiento Mixto M[5]	119
4.3.5. Comparativa entre Tratamientos	121
CONCLUSIONES.....	122
RECOMENDACIONES.....	123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
ANEXOS.....	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de las actividades que se realizaron para desarrollar el experimento de la investigación	53
Figura 2. Distribución de los sistemas de tratamiento por repetición	58
Figura 3. Cromo Total en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal y LMP.	67
Figura 4. Cromo (VI) en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal y LMP.	68
Figura 5. DBO ₅ en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal y LMP.	69
Figura 6. pH en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal y LMP.	70
Figura 7. Temperatura en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal y LMP.	71
Figura 8. Conductividad eléctrica en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal.	72
Figura 9. Sólidos disueltos totales en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación a basal.	73
Figura 10. Salinidad en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal.	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización bibliográfica de aguas residuales de curtiembre	34
Tabla 2. LMP efluentes de curtiembre para alcantarillado	35
Tabla 3. Proporción de soluciones concentradas para la nutrición de E. crassipes	55
Tabla 4. Cantidad de EMa necesario y activado.....	56
Tabla 5. Proporciones de EM, melaza y agua para la obtención de EMa	56
Tabla 6. Volumen de ARI de curtiembre recolectada.....	57
Tabla 7. Volumen de EMa aplicado a los sistemas de tratamiento por biorremediación	59
Tabla 8. Volumen de EMa aplicado a los sistemas de tratamiento mixto.....	60
Tabla 9. Resultados basales en comparación con Límites Máximos Permisibles vigentes	63
Tabla 10. Resultados tras el tratamiento por biorremediación a los 30, 45 y 60 días	64
Tabla 11. Resultados tras el tratamiento por fitorremediación a los 30, 45 y 60 días	65
Tabla 12. Resultados tras el tratamiento mixto a los 30, 45 y 60 días	66
Tabla 13. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la concentración de cromo total en el efluente a los 30, 45 y 60 días.	67
Tabla 14. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la concentración de Cr(VI) en el efluente a los 30, 45 y 60 días.	68
Tabla 15. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la concentración de la DBO ₅ en el efluente a los 30, 45 y 60 días.....	69
Tabla 16. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto el pH en el efluente a los 30, 45 y 60 días	70

Tabla 17. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la T° en el efluente a los 30, 45 y 60 días.	71
Tabla 18. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la CE en el efluente a los 30, 45 y 60 días.	72
Tabla 19. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la concentración SDT en el efluente a los 30, 45 y 60 días.	73
Tabla 20. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la Salinidad en el efluente a los 30, 45 y 60 días.	74
Tabla 21. Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el tratamiento por biorremediación	76
Tabla 22. Prueba de homogeneidad de varianza en los datos obtenidos en el tratamiento por biorremediación	77
Tabla 23. Prueba T para una muestra de los datos obtenidos en el tratamiento por biorremediación	78
Tabla 24. Prueba ANOVA de un factor para los datos obtenidos en el tratamiento por biorremediación	79
Tabla 25. Comparaciones múltiples de Tukey y Dunnett en los datos obtenidos en el tratamiento por biorremediación	81
Tabla 26. Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación	84
Tabla 27. Prueba de homogeneidad de varianza en los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación	85
Tabla 28. Prueba T para una muestra de los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación	87
Tabla 29. Prueba de Wilcoxon para los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación	87

Tabla 30. Prueba ANOVA de un factor para los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación	89
Tabla 31. Comparaciones múltiples de Dunnett en los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación	90
Tabla 32. Comparaciones múltiples de Tukey en los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación	91
Tabla 33. Prueba de dos vías de Friedman para los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación	91
Tabla 34. Comparaciones múltiples entre los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación	92
Tabla 35. Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el tratamiento mixto.....	93
Tabla 36. Prueba de homogeneidad de varianza en los datos obtenidos en el tratamiento mixto	94
Tabla 37. Prueba T para una muestra de los datos obtenidos en el tratamiento mixto.....	96
Tabla 38. Prueba de Wilcoxon para los datos obtenidos en el tratamiento mixto.....	96
Tabla 39. Prueba ANOVA de un factor para los datos obtenidos en el tratamiento mixto	98
Tabla 40. Comparaciones múltiples de Dunnett en los datos obtenidos en el tratamiento mixto	99
Tabla 41. Prueba de dos vías de Friedman para los datos obtenidos en el tratamiento mixto.....	100
Tabla 42. Comparaciones múltiples entre los datos obtenidos en el tratamiento mixto.....	100
Tabla 43. Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en los tres tratamientos	102
Tabla 44. Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en los tres periodos de tratamiento	103

Tabla 45. Prueba de homogeneidad de varianza de los datos obtenidos en los tres tratamientos	104
Tabla 46. Prueba de homogeneidad de varianza en los datos obtenidos en los tres periodos de tratamiento	104
Tabla 47. Prueba ANOVA de un factor para los datos obtenidos en los tres tratamientos ...	105
Tabla 48. Comparaciones múltiples de Tukey en los datos obtenidos de los tres tratamientos	106
Tabla 49. Prueba de Kruskal - Wallis para los datos obtenidos en los tres tratamientos	106
Tabla 50. Comparaciones múltiples de Kruskal - Wallis para los datos obtenidos en los tres tratamientos.....	107
Tabla 51. Prueba ANOVA de un factor para los datos obtenidos en los tres tiempos de tratamiento	108
Tabla 52. Comparaciones múltiples de Tukey en los datos obtenidos de los tres tiempos de tratamiento	109
Tabla 53. Prueba de Kruskal - Wallis para los datos obtenidos en los tres tiempos de tratamiento	109
Tabla 54. Comparaciones múltiples de Kruskal - Wallis para los datos obtenidos en los tres tiempos de tratamiento	110
Tabla 55. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para cromo total	111
Tabla 56. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para Cr(VI).....	112
Tabla 57. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para DBO ₅	112
Tabla 58. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para pH.....	113
Tabla 59. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para temperatura.....	113

Tabla 60. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para conductividad eléctrica	113
Tabla 61. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para sólidos disueltos totales	114
Tabla 62. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para salinidad	114

RESUMEN

En la ciudad de Arequipa las aguas residuales de curtiembre del Parque Industrial Río Seco no poseen un tratamiento previo a su descarga, lo que representa un riesgo para la población y el medio ambiente debido a sus altos contenidos de cromo, materia orgánica y otros contaminantes. La presente investigación tiene como objetivo determinar la eficiencia del sistema mixto por fitorremediación y biorremediación para el tratamiento de aguas residuales de curtiembre. La muestra fue tomada en la curtiembre Pacheco ubicada en el Parque Industrial Río Seco y homogenizada con un volumen de 175.4 L. Los sistemas de tratamiento propuestos se aplicaron en tres tiempos de 30, 45 y 60 días, utilizando microorganismos eficaces activados (EMa al 5% B[5]), *Eichhornia crassipes* (F[0]) y tratamiento mixto (M[5]) de B[5] + F[0]. El sistema de tratamiento mixto M[5] mostró mejores resultados de remoción de Cr Total a los 45 días con 34.58% (de 87.05 a 56.95 mg/L); así como de DBO₅ a los 60 días con 58.50% (de 2082 a 864 mg/L). Respecto al Cr(VI) hubo un incremento en todos los tratamientos; sin embargo, en el tratamiento M[5] se alcanzó un menor porcentaje de incremento a los 30 días alcanzando 46.76 veces su valor (de 0.3 a 14.03 mg/L). Los valores de pH presentaron menor incremento con los tratamientos M[5] y B[5] (de 6.9 a 7.08) para ambos tratamientos a los 30 días. La temperatura más alta se registró en el tratamiento B[5] (18.38 °C) a los 45 días y la más baja en el tratamiento M[5] (13.71 °C) a los 60 días. El tratamiento F[0] a los 60 días mostró mayor disminución de CE (42.71%) (de 34.93 a 20.01 mS/cm), SDT (42.91%) (de 17.5 a 9.99 ppt) y salinidad (45.38%) (de 20.58 a 11.24 ppt). Se concluye que el tratamiento M[5] empleando microorganismos eficaces y fitorremediación de manera simultánea permite una mayor reducción de Cr Total y DBO₅ que ambos tratamientos por separado; sin embargo, los valores alcanzados aún superan los Límites Máximos Permisibles (LMP).

Palabras clave: biorremediación, fitorremediación, sistema mixto, E. crassipes, EMa, cromo, DBO₅.

ABSTRACT

In Arequipa city, the wastewater from the Río Seco Industrial Park doesn't have treatment before to discharge, which represents a risk for the population and the environment, due to its high chromium content, organic matter, and other contaminants. The objective of this research is to determine the efficiency of the mixed system by phytoremediation and bioremediation for the treatment of tannery wastewater. The sample was taken at the Pacheco tannery located in the Río Seco Industrial Park and homogenized with a volume of 175.4 L. The proposed treatment systems were applied in three times of 30, 45 and 60 days, using effective microorganisms (EMa at 5% B[5]), *Eichhornia crassipes* (F[0]) and mixed treatment (M[5]) of B[5] + F[0]. The mixed treatment system M[5] showed better results of Total Cr removal at 45 days with 34.58 % (from 87.05 to 56.95 mg/L), as well as BOD₅ at 60 days with 58.50 % (from 2082 to 864 mg/L). Regarding Cr(VI) there was an increase in all treatments; however, in the M[5] treatment, a lower percentage of increase was reached at 30 days, reaching 46.76 times its value (from 0.3 to 14.03 mg/L). The pH values showed less increase with the treatments M[5] and B[5] (from 6.9 to 7.08) for both treatments at 30 days. The highest temperature occurred in treatment B[5] (18.38 °C) at 45 days and the lowest in treatment M[5] (13.71 °C) at 60 days. The F[0] treatment at 60 days showed a greater decrease in CE (42.71%) (from 34.93 to 20.01 mS/cm), TDS (42.91%) (from 17.5 to 9.99 ppt) and salinity (45.38 %) (from 20.58 at 11.24 ppt). It is concluded that the M[5] treatment using effective microorganisms and phytoremediation simultaneously allows a greater reduction of Total Cr and BOD₅ than both treatments separately; however, the values reached still exceed the Maximum Permissible Limits (LMP).

Keywords: bioremediation, phytoremediation, mixed system, E. crassipes, EMa, chromium, BOD₅.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Arequipa, actualmente podemos encontrar alrededor de 120 curtiembres apostadas en el Parque Industrial de Río Seco (PIRS) (1). Sin embargo, estas empresas no poseen un sistema de tratamiento para sus efluentes previo a su descarga. Adicionalmente, las lagunas de oxidación están colapsadas y no cuentan con las medidas para proteger el medio donde se encuentran (2). Esta problemática revela la necesidad de generar alternativas accesibles para la remediación de efluentes de estas curtiembres. La biotecnología es una oportunidad para desarrollar una propuesta eficiente. En congruencia, la presente investigación busca responder a la interrogante de cuál es la eficiencia de un sistema mixto por fitorremediación y biorremediación para el tratamiento de aguas residuales de curtiembre del Parque Industrial de Río Seco.

Como respuesta, se hipotetiza que el sistema mixto de biorremediación con EMA y fitorremediación con *Eichhornia crassipes* será eficiente en el tratamiento de aguas residuales de curtiembre, alcanzando mejores resultados en los parámetros fisicoquímicos evaluados conforme se incrementa el tiempo de tratamiento. Diferentes autores han estudiado el potencial de cada metodología para el tratamiento de contaminantes orgánicos y químicos, respectivamente. La importancia del presente trabajo se fundamenta en desarrollar un sistema de tratamiento de los efluentes de las curtiembres del PIRS a través de microorganismos y plantas, con el propósito de cumplir con la legislación ambiental aplicable al sector (3), sin exceder los límites permitidos por la norma. Además, se busca generar una propuesta económicamente accesible para las empresas, eco-amigable y socialmente sostenible.

Para comprobar la hipótesis formulada, se plantea como objetivo de investigación determinar la eficiencia de un sistema mixto que combine la fitorremediación y biorremediación para el tratamiento de los efluentes de las curtiembres del PIRS.

En el primer capítulo, se desarrolla la problemática respecto a los efluentes de la industria del curtido en Arequipa, así como el propósito, importancia y la conjetura de la investigación. En el segundo capítulo se muestran los antecedentes y fundamentos teóricos de las metodologías estudiadas y conceptos relacionados a estas. En el tercer capítulo se planteó la metodología y actividades necesarias para el desarrollo de la investigación. En el cuarto capítulo se presentan los resultados alcanzados, el análisis y la discusión de estos. Finalmente, se desarrollan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y Formulación del Problema

1.1.1. Planteamiento del Problema

El elemento cromo se conoce como uno de los metales pesados que generan problemas de contaminación ambiental por su alto nivel nocivo y perjudicial. Dicho elemento es utilizado en la industria de curtiembres debido a la alta calidad de cuero que se obtiene; sin embargo, cuando las aguas residuales que contienen cromo son vertidas al medio ambiente, generan impactos negativos en el suelo, el agua y en la salud de quienes están expuestos (4).

En la ciudad de Arequipa, según declaración del Sr. Félix Chili Mamani, presidente de la Asociación de Empresas de Curtiembres (Apymeco), existen 120 curtiembres (pequeñas, medianas y grandes) apostadas en el Parque Industrial de Río Seco (PIRS) (1).

Actualmente, el total de las empresas del PIRS carecen de un sistema de tratamiento de sus efluentes, previo a su descarga. En adición, las lagunas de oxidación están colapsadas y carecen de la debida protección de una base impermeable al contacto con el suelo (2).

En consecuencia, los efluentes de las curtiembres escurren libremente a través del poblado de Río Seco hacia la quebrada de Añashuayco hasta la zona agrícola de Uchumayo, lo que genera contaminación a la capa freática y al suelo por infiltración (2).

Lo descrito anteriormente representa una seria amenaza al ambiente debido al elevado contenido de cromo total y hexavalente, carga orgánica y altas concentraciones de diferentes agentes químicos como los sulfuros (5), los cuales al alcanzar el cauce del río Chili, terminarán por contaminar sus aguas, el suelo, subsuelo, aguas superficiales y subterráneas a su paso.

Esta problemática sugiere la imperiosa necesidad de generar alternativas para la remediación de efluentes de estas curtiembres, accesibles económicamente para el sector de la mediana y pequeña empresa.

La fitorremediación se muestra como una alternativa, ya que ha demostrado ser un proceso no contaminante, económico y de fácil aceptación por la población (6), en comparación con los procesos fisicoquímicos que resultan ser costosos, dejan remanentes en el ambiente y requieren de constante mantenimiento. Sin embargo, dentro de las principales desventajas de esta biotecnología para el tratamiento de este tipo de aguas residuales, es que puede ser un proceso lento y la mayoría de las plantas presentan sensibilidad frente a la presencia de metales en elevadas concentraciones (7), por lo que se requiere optimizar los tratamientos de fitorremediación.

Una alternativa para la optimización de la fitorremediación sería la adición de microorganismos en el proceso de tratamiento, fundamentada en el hecho de que, mediante procesos metabólicos de estos microorganismos, se puede optimizar la capacidad fitorremediadora de las plantas (8).

En la actualidad, existe extensa información sobre la eficiencia de la fitorremediación y biorremediación en el tratamiento de ambientes contaminados aplicadas de manera individual. Sin embargo, es escasa la información que señale la eficiencia de estas dos tecnologías integradas en un sistema mixto para el tratamiento de aguas residuales de curtiembres.

Por lo señalado anteriormente, el presente proyecto propone determinar la eficiencia de un sistema mixto, aplicando fitorremediación con la especie *Eichhornia crassipes* y biorremediación con Microorganismos Eficaces activados (EMa), en el tratamiento de aguas residuales de la actividad industrial del curtido de cuero asentada en las inmediaciones del Parque Industrial de Río Seco del Distrito de Cerro Colorado.

1.1.2. Formulación del Problema

a. Problema General

¿Cuál es la eficiencia del sistema mixto por fitorremediación y biorremediación para el tratamiento de aguas residuales de las curtiembres del Parque Industrial de Río Seco - Arequipa, 2021?

b. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los parámetros basales fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre del Parque Industrial de Río Seco - Arequipa?
- ¿Cuál es la variación de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre por efecto del tratamiento con EMa (5%) a los 30, 45 y 60 días?
- ¿Cuál es la variación de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre por efecto del tratamiento con *Eichhornia crassipes*, a los 30, 45 y 60 días?
- ¿Cuál es la variación de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre por efecto del tratamiento mixto con EMa (5%) y *Eichhornia crassipes* a los 30, 45 y 60 días?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar la eficiencia del sistema mixto por fitorremediación y biorremediación para el tratamiento de aguas residuales de las curtiembres del Parque Industrial de Río Seco - Arequipa, 2021.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros basales fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre del Parque Industrial de Río Seco - Arequipa.

- Cuantificar la variación de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre por efecto del tratamiento por biorremediación con EMA (5%) a los 30, 45 y 60 días.
- Cuantificar la variación de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre por efecto del tratamiento por fitorremediación con *Eichhornia crassipes*, a los 30, 45 y 60 días.
- Cuantificar la variación de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre por efecto del tratamiento mixto con biorremediación y fitorremediación a los 30, 45 y 60 días.

1.3. Justificación e Importancia

1.3.1. Legal

La Ley General del Ambiente determina que las empresas que realizan actividades productivas que generen efluentes deberán hacerse cargo de su tratamiento, con el fin de disminuir sus niveles de contaminación. Asimismo, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA) tienen la facultad de imponer sanciones a las empresas que superen los Límites Máximos Permisibles (LMP) y alteren la calidad de cuerpos de agua (Estándares de Calidad Ambiental). Por lo tanto, el presente trabajo de investigación busca desarrollar un sistema de tratamiento para los efluentes generados por la actividad del curtido de cuero previo a su vertimiento, que permita alcanzar valores de contaminación aceptables dentro de los estándares legales (3).

1.3.2. Económica

Ante la problemática de la contaminación generada por aguas residuales de las empresas de curtido de cuero, se han llevado a cabo diferentes alternativas para el tratamiento de estas. Algunas alternativas basadas en procesos físicos y/o químicos tienen un elevado costo de aplicación, mientras que otras son más económicas como las tecnologías de biorremediación y fitorremediación. Ambas alternativas poseen una alta capacidad para obtener resultados óptimos a bajo costo (9). Por ello, sistemas de tratamiento como el propuesto en la presente investigación, basados en bio y fitorremediación, no significarán un elevado costo para las empresas, haciendo factible su implementación y funcionamiento. Adicionalmente, demostrar la responsabilidad ambiental de las curtiembres al tratar sus aguas residuales, evitará las

sanciones económicas por incumplimiento de los LMP y les abrirá la posibilidad de acceder a beneficios otorgados por organismos como la ANA, que concede reconocimientos e incentivos a todo aquel que realice acciones en favor del cuidado del agua y uso de prácticas, técnicas o procesos que contribuyan a la gestión integrada del agua en las cuencas (3).

1.3.3. Ambiental

Los propietarios de las empresas de curtido de cuero del Parque Industrial de Río Seco desarrollan sus actividades sin considerar la responsabilidad ambiental que poseen sobre sus vertimientos. La disposición de sus aguas residuales sin tratamiento o tratadas inadecuadamente se traduce en contaminación de la quebrada de Añashuayco y, por consiguiente, la contaminación del río Chili, generando deterioro de los ecosistemas y la salud humana.

Según la evaluación ambiental realizada por el OEFA en el año 2016 y 2017 en el área de influencia del Parque Industrial de Río Seco, se evidencia el incumplimiento de los ECA establecidos en la normativa ambiental vigente para ese año, así como la presencia de cromo en las aguas residuales de las curtiembres en concentraciones mayores a los LMP para la industria de curtido de cuero (10).

La presente investigación se fundamenta en desarrollar una alternativa eficiente y amigable con el ambiente como lo es la fitorremediación y biorremediación, contribuyendo a reducir las concentraciones de cromo y materia orgánica presentes en los efluentes de las curtiembres del PIRS y optimizar la calidad del aire al reducir olores desagradables en la zona.

1.3.4. Social

En los últimos años, se han reportado diferentes denuncias de índole ambiental registradas en el Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales (SINADA) sobre posibles afectaciones a los pobladores de las zonas cercanas al Parque Industrial de Río Seco. Estas denuncias muestran la incomodidad de los pobladores ante los malos olores causados por los vertimientos líquidos generados por la industria de curtiembres en dicha zona (10). En este sentido, la posterior aplicación de la alternativa que se muestra en la presente investigación en el área de influencia del Parque Industrial de Río Seco mejoraría la calidad de vida de los pobladores, aportando efectos positivos en la salud, mejoras en el paisaje y el ecosistema, logrando también la eliminación de los malos olores.

1.4. Hipótesis y Variables

1.4.1. Hipótesis General

El sistema mixto de biorremediación con EMa y fitorremediación con *Eichhornia crassipes*, será eficiente en el tratamiento de aguas residuales de curtiembre alcanzando mejores resultados en los parámetros fisicoquímicos evaluados conforme se incrementa el tiempo de tratamiento.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- Los parámetros basales fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre del Parque Industrial de Río Seco - Arequipa superan los LMP vigentes.
- Los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre por efecto del tratamiento con EMa (5%) mostrarán creciente disminución con respecto al basal, conforme aumenta el periodo de tratamiento.
- Los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre por efecto del tratamiento con *Eichhornia crassipes* mostrarán disminución con respecto al basal, siendo diferente entre los 30, 45 y 60 días de tratamiento.
- Los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre por efecto del tratamiento mixto con EMa (5%) y *Eichhornia crassipes* a los 30, 45 y 60 días mostrarán disminución significativa inversamente relacionada con el tiempo de tratamiento.

1.4.3. Variables

$F(x) = y$

x = Independiente

y = Dependiente

a. Variable Independiente

Sistema de tratamiento

Dimensiones:

- Sistema de biorremediación: Aplicación de EMa (5%)

- Sistema de fitorremediación: *Eichhornia crassipes*
- Sistema mixto: Aplicación de EMa (5%) + *Eichhornia crassipes*
- Tiempo:
 - Biorremediación: 30, 45 y 60 días.
 - Fitorremediación: 30, 45 y 60 días.
 - Mixto: 30 (22 bio + 8 fito), 45 (37 bio + 8 fito) y 60 (52 bio + 8 fito) días.

b. Variable Dependiente

Eficiencia

Dimensiones:

- Remoción de contaminación (%): Parámetros fisicoquímicos (pH, T°, CE, SDT, salinidad, Cr total, Cr(VI) y DBO₅)

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Gavilánez (11), en su investigación, evaluó la influencia de *Eichhornia crassipes* y microorganismos en los contaminantes químicos y orgánicos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Naranjito en Ecuador. Su objetivo fue determinar los efectos purificadores de *E. crassipes* y de microorganismos eficientes en aguas residuales urbanas. Se compararon tres tratamientos: estanque con *E. crassipes*, bacterias benéficas comerciales y microorganismos eficientes nativos. A los 14 días de retención hidráulica, el tratamiento en el que se observaron diferencias significativas respecto a todos los parámetros evaluados, incluyendo DBO₅ y DQO, fue el tratamiento a base de *E. crassipes*. Se concluyó que la adición de microorganismos no mejora el proceso de degradación de los contaminantes evaluados, puesto que las aguas tratadas ya contienen carga microbiana que realiza esta función.

Cortés y Florez (12), en su evaluación in vitro de la *E. crassipes* como biorremediadora en aguas que contienen cromo, llevada a cabo en Colombia, tuvieron por objetivo identificar las características remediadoras de la *E. crassipes* y determinar sus propiedades y eficiencia de absorción en aguas que contienen cromo. Evaluaron la actividad de la especie en tres concentraciones de Cr(VI): 1.2 ppm, 1.5 ppm, 1.8 ppm y un grupo control, por un periodo de tratamiento de 10 días, obteniendo una mayor remoción de cromo (69.57%) en la concentración de 1.5 ppm. No obstante, el 21% de reducción fue por sedimentación. Concluyeron que la *E.*

crassipes, como macrófita, posee características intrínsecas que permiten su uso como biorremediador, ya que a través de la biosorción acumula metales pesados en el interior de sus células.

Carreño (13), en su investigación sobre el diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento de aguas de curtiembres haciendo uso de *Eichhornia crassipes*, desarrollada en Colombia, tuvo como objetivo evaluar el rendimiento y la capacidad de la *E. crassipes* para la retención de cromo y la disminución de la DBO. Comparó el rendimiento del tratamiento en dos concentraciones de aguas residuales de curtiembres (40 y 60%) durante 24 días; observando un mejor desempeño al 40%, con una retención de cromo mayor al 60% y una disminución de la DBO, en ambos tratamientos, superior al 66%. Concluyó que un biosistema a base de *E. crassipes* es una alternativa de fácil implementación que permite la acumulación de metales pesados y materia orgánica; sin embargo, no se cumplió con la normativa vigente del país debido a la elevada concentración de cromo en las aguas residuales de las curtiembres presentes en la zona de estudio, por lo que recomienda complementar con otro tratamiento.

Ortega y Sánchez (14), en su evaluación sobre el potencial que posee la *Eichhornia crassipes* y *Azolla* sp en la remoción de cromo como tratamiento complementario de aguas residuales de la industria galvanotécnica, que se desarrolló en Colombia, tuvo por objetivo evaluar la capacidad que posee la *E. crassipes* para remover cromo en comparación con *Azolla* sp. Sometieron a ambas especies a dos concentraciones de 40 y 70 mg/L de cromo durante 10 días y observaron que al cuarto día de exposición, la *E. crassipes* presentó daño total, mostrando los primeros cambios al contacto con el agua contaminada; no obstante, se observó el crecimiento de nuevas hojas. Por su parte, la *Azolla* sp. al tercer día de exposición, perdió la mayor parte de sus raíces, y en los días siguientes, sus hojas. Concluyeron que la *E. crassipes* demuestra una mayor tolerancia al cromo en comparación con la otra especie estudiada, removiendo aproximadamente el 80% de la concentración inicial en ambas concentraciones evaluadas.

Morocho (15), en su investigación sobre el tratamiento de efluentes de una curtiembre mediante la aplicación dosificada de Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs), que se desarrolló en el cantón Cuenca, Ecuador, tuvo como objetivo evidenciar el efecto de los EMAs en la depuración de los efluentes recolectados de una curtiembre de la localidad. En un periodo de 7 días Comparó tres diferentes tratamientos: el primero utilizando un coagulante y floculante, el segundo con Microorganismos Eficientes Autóctonos y el tercero con Microorganismos Eficientes Comerciales. Observaron que el tratamiento fisicoquímico obtuvo mejores resultados de manera global y no hubo marcada diferencia entre los dos tratamientos con

microorganismos, concluyendo que estos últimos, por sí solos, no purifican ni descontaminan las aguas residuales de curtiembre, pese a evidenciar un efecto positivo. En cuanto a la concentración de cromo, disminuyó un 90% utilizando microorganismos comerciales, 94% en el tratamiento fisicoquímico y 96% con microorganismos autóctonos.

Beltrán y Campos (16), en su investigación sobre la influencia de los microorganismos eficaces en la calidad del agua tratada y los lodos generados en una planta de tratamiento en Jauja, Junín, tuvo como objetivo evaluar la aplicación de Microorganismos Eficaces Activados (EMa) en la calidad del agua y lodos residuales en la PTARD. Realizaron tres aplicaciones en las lagunas facultativas y de maduración: la primera de 0.01 m³ por cada 100 m³, la segunda de 0.01 m³ por cada 500 m³ y la última de 0.01 m³ por cada 1000 m³. Observaron una eficiencia de más del 60% para DBO, DQO y STS, logrando disminuir el olor y la turbidez del agua a los 60 días de la aplicación de los EMa. Concluyeron que la aplicación de EMa tuvo una mayor eficiencia de remoción de aceites y grasas (97.60%) y coliformes fecales (99.55%). Para lograr mejores resultados, recomendaron incrementar el tiempo de contacto de las aguas residuales con los EMa, teniendo en cuenta el control de la temperatura.

Pineda (17), en su investigación sobre el potencial de *Isolepis cernua* y *Nasturtium aquaticum* como fitorremediadoras para el tratamiento secundario de aguas residuales de curtiembre del Parque Industrial de Río Seco ubicado en Arequipa, tuvo como objetivo evaluar la capacidad fitorremediadora de las especies en humedales artificiales para el tratamiento secundario de aguas residuales de curtiembre en diferentes diluciones (50, 75 y 100%), con un tiempo de retención hidráulica de 4 días para el HFSS y de 2 días para el HFS, utilizando arena gruesa y grava como sustrato. Concluyó que en sistemas con vegetación se obtuvo una remoción de cromo total de un 99.9%, mientras que en un sistema control sin vegetación se mostró una remoción de 99.8%, precisando que se debe a que los metales podrían acumularse en el sedimento. Las especies demostraron ser tolerantes a la presencia de cromo y acumularon principalmente el metal en sus raíces (7.5 - 22.5 mg/kg). Durante el tratamiento, las diferencias entre diluciones de 50 y 75 % no fueron representativas, al igual que los tratamientos SD y D-75%, lo que podría deberse al óptimo desarrollo de las especies vegetales.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Proceso Productivo de la Industria de Curtiembre

El proceso productivo convencional al que se someten las pieles para transformarse en cuero tiene una duración aproximada de 7 días y se puede dividir en 4 etapas: ribera, curtido, acabado en húmedo y acabado en seco. Cada etapa comprende subprocesos y operaciones mecánicas con características propias que se describirán a continuación de acuerdo con lo utilizado en la Curtiembre Pacheco S.R.Ltda.

a. Ribera

Esta etapa se caracteriza por la presencia de procesos que utilizan considerables volúmenes de agua (de ahí su nombre), y operaciones mecánicas que tienen como finalidad limpiar las pieles de todo aquello que no es deseado en el cuero acabado, protegiendo la fibra de las pieles y otorgándoles propiedades físicas y químicas que permitan procesarlas en la siguiente etapa de curtido (18).

- **Recepción de pieles:** Consiste en el pesado, la clasificación de las pieles y el recorte de los restos, tales como patas y colas, los cuales no son aptos para su procesamiento. Dicha operación se realiza manualmente (Anexo 2).
- **Almacenamiento de pieles:** Las pieles recibidas no son procesadas de inmediato, por lo que se mantienen almacenadas sobre parihuelas hasta que ingresen al proceso. Si es necesario, se les añade sal industrial (cloruro de sodio) para asegurar su conservación (Anexo 2).
- **Pre - remojo:** Este proceso es indispensable para tratar pieles secas o saladas con baja humedad y que han pasado un largo periodo de almacenamiento; por lo tanto, necesitan ser rehidratadas antes de someterlas a las posteriores operaciones mecánicas (18). Se lleva a cabo con el uso de tensoactivos y bactericidas; además, permite limpiar las pieles de restos de sangre, estiércol, tierra y productos de conservación (18). Los tensoactivos permiten eliminar la suciedad y el estiércol, además de tener propiedades hidrotópicas, emulsionantes y dispersantes de grasa. Este proceso tiene un tiempo de duración de una hora y utiliza el 200% del peso total de las pieles en volumen de agua (Anexo 2).

- **Enjuague - Lavado 1:** Consiste en el lavado de las pieles para eliminar todos los residuos del proceso anterior y, a su vez, se enjuaga el botal. Tiene un tiempo de duración aproximada de media hora y utiliza el 30% del peso total de las pieles en volumen de agua (Anexo 2).
- **Remojo principal:** Este proceso tiene como finalidad restablecer el nivel de hidratación que poseían las pieles antes de su conservación (18). Al igual que el pre - remojo, permite limpiar las pieles de restos de sangre, estiércol, tierra y productos de conservación. Suele ser de larga duración si las pieles son secas o saladas. Se añade un estabilizante de alcalinidad (óxido de magnesio), enzimas (proteasa), tensoactivos, bactericidas y sustancias hidrotópicas que garantizan una absorción rápida y uniforme del agua (18, 19). Este proceso tiene un tiempo de duración de cuatro horas y utiliza el 120% del peso total de las pieles en volumen de agua (Anexo 2).
- **Lavado 2:** Consiste en el lavado de las pieles para eliminar los residuos de los procesos anteriores y, a su vez, se enjuaga el botal. Tiene un tiempo de duración de entre media y una hora y utiliza el 30% del peso total de las pieles en volumen de agua. Las aguas que se descargan de las etapas de pre - remojo, lavado 1, remojo principal y lavado 2 son alcalinas, teniendo en cuenta las características químicas de los productos utilizados en el proceso (Anexo 2).
- **Pelambre y encalado:** El propósito del pelambre es retirar las raíces del pelo, la epidermis y el pelo o lana, y así dejar limpia la cara de la flor para los posteriores procesos y operaciones (20). Se utiliza una combinación de sustancias reductoras que rompen los puentes de disulfuro de la queratina. Se adiciona hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) para tratar la piel hasta traspasar la flor. Posteriormente, se agrega sulfhidrato de sodio (NaSH) que retira el pelo desde la raíz. Seguidamente, se adiciona sulfuro de sodio (Na_2S) e hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) para expeler por completo las raíces y proceder al encalado o calero (18). El hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) en el encalado o calero rompe los puentes de hidrógeno entre las fibras del colágeno, lo que permite abrir y separar las fibras. A su vez, produce un hinchamiento de la piel y ésta se hidroliza, lo que permitirá la penetración de los productos de los siguientes procesos (20). Este proceso tiene un tiempo de duración de seis horas y utiliza el 100% del peso total de las pieles en volumen de agua. Las

aguas que se descargan son alcalinas y se considera una de las descargas con mayor carga contaminante (Anexo 2).

- **Descarnado:** Es un procedimiento mecánico cuya finalidad es limpiar y homogenizar la parte interna de la piel, eliminando grasa y parte de los restos de carnaza (20). Para ello, se utiliza una máquina de descarnado. Tiene un tiempo de duración entre dos a tres horas (Anexo 2).
- **Recortes:** Esta operación manual se lleva a cabo para recortar los bordes que se encuentran desiguales y partes no adecuadas que queden adheridas a la piel (18). Tiene un tiempo de duración aproximado de dos horas (Anexo 2).
- **Lavado:** Se realiza un lavado sencillo, pasando las pieles por una poza con agua. Dura aproximadamente una hora y se utilizan 300 L de agua para todas las pieles (Anexo 2).
- **Dividido:** Esta operación mecánica tiene como finalidad dividir la piel en dos capas: flor y carnaza. Para continuar con el proceso de curtido, se trabaja con la flor; por su parte, la carnaza se puede procesar para obtener otros productos (18). Tiene un tiempo de duración entre dos y cuatro horas y se utilizan 10 L de agua por cada piel tratada (Anexo 2).
- **Lavado 1 pre - desencalado:** Se realiza un lavado con el fin de retirar los residuos y preparar las pieles para el desencalado. Tiene un tiempo de duración de media hora y se utiliza el 200% de agua con relación al peso de todas las pieles (Anexo 2).
- **Lavado 2 pre - desencalado:** Al igual que en el lavado 1, se realiza un lavado con el fin de retirar los residuos y preparar las pieles para el desencalado. Tiene un tiempo de duración de media hora y se utiliza el 200% de agua con relación al peso de todas las pieles. Es preciso señalar que el 50% del agua utilizada proviene del proceso anterior (Anexo 2).
- **Desencalado:** Este proceso tiene como finalidad reducir la alcalinidad que las pieles obtuvieron durante el encalado. Se utiliza sulfato de amonio $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ que neutraliza el hidróxido de calcio $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$, provocando el deshinchamiento de las pieles y, por lo tanto, su regreso a su espesor inicial (18). Durante el proceso,

se utiliza agua, se adiciona sulfato de amonio y ácidos débiles como el ácido bórico (H_3BO_3) y ácido fumárico ($C_4H_4O_4$) (19, 20). Tiene un tiempo de duración de media hora y se utiliza el 50% del agua del lavado anterior (Anexo 2). Si el proceso de desencalado es deficiente, desencadenará problemas futuros en las pieles, como manchas, poca resistencia, entre otros (18).

- **Purga o rendido:** Al término del desencalado, se realiza el rendido o purga. Tras obtener el pH óptimo, se adicionan enzimas proteolíticas que peptidizan ligeramente las fibras de colágeno (20). Las enzimas tienen como finalidad degradar todas las proteínas no estructurales que aún quedan parcialmente de las fibras de la dermis, permitiendo la limpieza entre las fibras de las pieles para que ingresen los productos de los siguientes procesos. Esta etapa le otorga a la piel una textura suave, blanda y porosa; además, quita los restos de pelo y epidermis que quedaron en el proceso de pelambre y calero (18).
- **Desengrase:** En caso de pieles bovinas, esta operación se realiza después del calero o desencalado y rendido (20). Impide la formación de jabones con cromo y la acumulación de grasa en las pieles, que podrían generar manchas oscuras en los siguientes procesos. Para ello, se utilizan tensoactivos y/o solventes orgánicos que permiten la emulsión de la grasa (18). Esta operación genera efluentes que contienen una elevada carga de contaminantes debido al uso de productos como tensoactivos y/o solventes.

La purga y desengrase son procesos que tienen un tiempo de duración de una hora y utilizan el 50% del peso total de las pieles en volumen de agua a 40 °C (Anexo 2).

- **Lavado 1 pre - piquelado:** Se realiza el lavado del botal para eliminar los residuos de solvente y grasa emulsionada que se generaron en el desengrase (18) y (Anexo 2). Tiene un tiempo de duración de quince minutos y se utiliza el 30% del peso total de las pieles en volumen de agua (Anexo 2). Por lo tanto, no se considera una descarga significativa.
- **Lavado 2 pre - piquelado:** Se realiza un segundo lavado, para asegurar la limpieza del botal. Tiene un tiempo de duración de quince minutos y se utiliza el 30% del

peso total de las pieles como volumen de agua (Anexo 2). Por lo tanto, no se considera una descarga significativa.

- **Piquelado:** Este proceso permite ajustar el pH de las pieles, reduciéndolo de 8.0 a valores entre 2.5 y 4.0. Esto permite la absorción de los curtientes, detiene la actividad enzimática de la purga, complementa la acción del desencalado y permite la conservación de las pieles. Para lograrlo, se adiciona sal industrial (NaCl), ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido fórmico (H-COOH). Tiene una duración de dos horas y media, más un tiempo de reposo. Además, se utiliza el 50% del peso total de las pieles en volumen de agua (Anexo 2).

b. Curtido

- **Curtido:** La finalidad de este proceso es estabilizar y evitar la descomposición de las proteínas estructurales (colágeno) de las fibras que conforman las pieles, logrando que, al secarse el cuero sea poroso y flexible (21). Para ello, se adiciona sulfato básico de cromo ($Cr(OH)(SO_4)$). Posteriormente, se agrega óxido de magnesio (MgO) para basificar el pH del baño y evitar que las sales se vuelvan insolubles y precipiten en las pieles, lo que permite una penetración adecuada en la estructura del colágeno (18). El uso de sales de cromo trivalente para el curtido se caracteriza por producir cueros de color verde-azul, llamados wet-blue. Estos cueros poseen resistencia al calor y se utilizan como materia prima para la producción de artículos de confección, calzado y tapicería (18).

Al final del proceso, se adicionan fungicidas para evitar la propagación de hongos, preparando los cueros para su conservación y/o para los siguientes procesos (20). Tiene un tiempo de duración aproximado de ocho horas, más un tiempo de reposo y utiliza el 50% del peso total de las pieles en volumen de agua, reutilizando el agua del piquelado (Anexo 2). Las descargas de este proceso poseen una significativa carga contaminante, a causa de la adición de sal (del agua del piquelado) y sales de cromo (III) (20).

- **Ecurrido:** Esta operación tiene como finalidad reducir la humedad del cuero a un 50 o 55%. Se realiza a través de un escurrido mecánico, lo que facilita las posteriores operaciones de raspado o rebajado (18). Tiene un tiempo de duración aproximado de dos a tres horas y no se utiliza agua (Anexo 2).

- **Raspado o rebajado:** Tiene como finalidad conseguir el grosor deseado del cuero (18), para lo cual se extraen mecánicamente las costras (Anexo 2).
- **Recorte:** La finalidad de esta operación es uniformizar manualmente los bordes de los cueros. Tiene un tiempo de duración aproximada de dos a tres horas (Anexo 2).

c. Acabado en Húmedo

- **Recurtido:** El proceso de recurtido varía de acuerdo con las características que se esperan en el cuero que se desea producir; por lo tanto, según el tratamiento elegido, se utilizan diferentes compuestos (18, 20), dentro de los cuales se encuentran sales de cromo, aluminio o circonio, extractos vegetales, aldehídos o resinas (18). Tiene un tiempo de duración aproximado de cuatro horas, además de un tiempo de reposo para fijar los recurtientes, y se utiliza el 200% del peso total de los cueros en volumen de agua (Anexo 2). Las aguas residuales de este proceso contienen sales y recurtientes remanentes, por lo que son ligeramente ácidas.
- **Teñido:** Tiene como objetivo conseguir la tonalidad deseada en el cuero. Sin embargo, el color deseado se consigue en el acabado final. De acuerdo con el producto que se desee producir con el cuero, el teñido puede ser superficial o atravesado, lo cual dependerá de la anilina que se utilice. Para la fijación del colorante, se debe propiciar un medio ácido, por lo que se añade ácido fórmico (18). Tiene un tiempo de duración aproximado de cuatro horas y se utiliza el 30% del peso total de los cueros en volumen de agua (Anexo 2).
- **Engrase:** Tiene como objetivo lubricar las fibras del cuero, otorgándole flexibilidad, suavidad, extensibilidad, resistencia a la tensión, impermeabilidad, entre otras características (18). Consiste en realizar un baño con agua caliente al que se le agrega los aceites previamente emulsionados, y para finalizar, se agrega ácido fórmico con la finalidad de que los aceites se fijen (18). Tiene un tiempo de duración aproximado de dos horas y se utiliza el 100% del peso total de los cueros en volumen de agua (Anexo 2). Cabe resaltar que es el último proceso en el que se utiliza agua a volúmenes significativos, siendo la última descarga del proceso productivo.

- **Carpeteado:** Esta operación consiste en el escurrido mecánico de los cueros teñidos, a fin de reducir la humedad. Tiene un tiempo de duración variable, ya que depende de la cantidad de cueros, y no se utiliza agua (Anexo 2).
- **Secado al vacío:** Esta operación, por su parte, tiene el objetivo de eliminar la humedad suficiente del cuero para posteriormente someterlo al acabado final (18). El sistema de secado al vacío consta de una placa y una cubierta. En la placa caliente se coloca el cuero del lado de la flor, se cierra la cubierta y la placa transfiere el calor por conducción, permitiendo la evaporación del agua que contiene el cuero (18). El tiempo de duración es directamente proporcional a la cantidad de cueros (Anexo 2).
- **Colgado:** Consiste en colgar las pieles en un sistema que circula en el área de trabajo y permite el secado al aire libre. Tiene un tiempo de duración aproximado de una hora (Anexo 2).
- **Secado Toggling:** Solo para determinada clase de cuero, se realiza un secado toggling que permite el estiramiento del cuero a niveles controlados de temperatura y humedad (Anexo 2).
- **Re - humectación:** Se añade al cuero una solución de agua con engrasante o glicerina por aspersión, sobre todo en el borde. Tiene un tiempo de duración aproximado de 10 segundos y se utiliza 0.24 L de agua por cuero (Anexo 2).
- **Molliza:** Esta operación consiste en el ablandamiento mecánico del cuero, otorgándole flexibilidad y haciéndolo más manejable al separar las fibras (Anexo 2).

2.2.2. Características de los Efluentes de la Industria de Curtiembre

De acuerdo con lo anteriormente descrito, el proceso de curtido suele llevarse a cabo en medio acuoso, llegando a utilizar entre 50 y 100 L por cada kg de piel salada. La composición de las aguas residuales generadas puede diferir entre las curtiembres; no obstante, tienen características generales, como olor desagradable, color oscuro, elevada concentración de materia en suspensión, proteínas, sustancias tóxicas y elementos oxidables (22).

La etapa de ribera, debido al uso de considerables volúmenes de agua, genera el 60% de los sólidos suspendidos y el 80% de la carga contaminante orgánica (debido a las proteínas y materia orgánica) cuantificada como DBO (22).

Los efluentes de la industria de curtiembre específicamente del Parque Industrial Río Seco (PIRS), se caracterizan por elevados valores de parámetros como sólidos totales suspendidos, pH, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, cromo total, cloruro de amonio, cloruro de bario, sulfato de cobre, sulfato ferroso, formaldehído, metilamina (10); así como sulfuro de sodio, cal, sales de cromo, sulfito de amonio y aceites sulfonados, entre otros (23).

Diferentes autores coinciden en que las aguas residuales generadas por las curtiembres del PIRS contienen una elevada concentración de cromo y otros metales (5), superando así los LMP establecidos para el sector. También se observa que superan en gran porcentaje los valores de DBO y DQO (17). En la Tabla 1 se puede observar la caracterización que realizaron diferentes autores a los efluentes generados por distintas curtiembres que se localizan en el PIRS.

Tabla 1. *Caracterización bibliográfica de aguas residuales de curtiembre*

Parámetro	Unidad	Rosas	Lima <i>et al</i>	Zeballos	OEFA
pH	-	7.00	8.56	7.61	8.19
T°	°C	33.00	22.10	14.86	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	1175.00	2286.67	10656.52	481.67
Aceites y Grasas	mg/L	212.60	-	28.89	42.01
DBO ₅	mg/L	753.00	530.00	6073.24	1264.20
DQO	mg/L	5013.00	3368.31	13597.52	2678.81
Sulfuros	mg/L	3.90	-	453.26	75.64
Cromo(VI)	mg/L	0.39	2.48	-	-
Cromo total	mg/L	20.07	147.10	825.81	27.91
N-NH ₄	mg/L	1.42	-	241.92	56.25

Nota: Tomado de (5, 10, 23, 24).

En el caso del análisis de Zeballos (24) y la evaluación de OEFA (10), se obtuvo el promedio de los resultados de los monitoreos realizados a diferentes curtiembres para considerar las características generales de los efluentes generados por las curtiembres del PIRS.

Los valores resaltados en rojo (Tabla 1) son aquellos que superan la normativa vigente y aplicable al sector (D.S. N° 003-2002-PRODUCE) considerando los valores de efluentes para

alcantarillado, debido a que las curtiembres en el PIRS descargan sus aguas residuales al alcantarillado que conduce a las lagunas de oxidación (10). Los LMP (concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos, y biológicos, que caracterizan a un efluente y que al excederse ocasiona o puede ocasionar daños a la salud y al ambiente) aplicables a los efluentes de la Industria de Curtiduría son:

Tabla 2. *LMP efluentes de curtiembre para alcantarillado*

Parámetro	Unidad	LMP (DS 003-2002-PRODUCE)
pH	-	6-9
T°	°C	35
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500
Aceites y Grasas	mg/L	50
DBO ₅	mg/L	500
DQO	mg/L	1500
Sulfuros	mg/L	3
Cromo(VI)	mg/L	0.4
Cromo total	mg/L	2
N-NH ₄	mg/L	30

Nota: Tomado de D.S. N° 003-2002-PRODUCE

El cromo, considerado el séptimo elemento más abundante en la tierra, posee estados de oxidación desde -2 hasta +6, y tiene un elevado potencial redox (25). Generalmente se encuentra como Cr(II), Cr(III) y Cr(VI), siendo estos dos últimos las especies más comunes y estables en el medio (5). Las sales de cromo son utilizadas como mordientes para fijar colores (12) y para evitar la pudrición del cuero en la industria del curtido de pieles (26).

Debido a que su masa atómica es mayor a 20 (7) y su densidad es cinco veces mayor que la del agua (12), el cromo se considera un metal pesado que, por sus características, tiende a precipitar y solo una parte se diluye en el agua (4). Las especies Cr(III) y Cr(VI) coexisten en el medio, y los procesos de oxido-reducción entre ambas especies son termodinámicamente espontáneos y pueden ser simultáneos (25).

El cromo (III) forma compuestos muy estables y puede encontrarse como cationes (27) o en sales de cromo (4); posee baja capacidad para transportar electrones, es poco soluble y, en concentraciones pequeñas, tiene actividad biológica (26); siendo así esencial para los mamíferos (27). Es menos tóxico que el Cr(VI) debido a que es menos móvil y tiende a

precipitar en valores naturales de pH (25). Posee una significativa afinidad por ligandos que contienen O-, N- y S-; por lo tanto, forma compuestos con moléculas biológicas y compuestos orgánicos en medios acuosos (5). En presencia de una elevada concentración de materia orgánica, genera complejos orgánicos solubles de Cr(III) (28). Con respecto a la solubilidad de Cr(III), esta disminuye a un pH menor a 4 y precipita en su totalidad a pH mayores a 5.5 (5).

En condiciones naturales, el Cr(III) es oxidado a Cr(VI) (26). El Cr(VI) habitualmente es encontrado como aniones cromatos o dicromatos, los cuales son solubles en agua (27). Su potencial de oxidación es alto y tiende a reducirse rápidamente a Cr(III) al encontrarse en solución con materia orgánica (4), y la transformación es más rápida cuando el medio es ácido (12), debido a la capacidad de la materia orgánica para donar electrones, al igual que las especies inorgánicas reductoras (28).

El Cr(VI) es altamente reactivo con otros elementos, haciéndolo más tóxico que el Cr(III) (25). Es menos soluble en agua que el Cr(III); sin embargo, tiene la capacidad de enlazarse con moléculas lipofílicas que lo hacen biodisponible (4) y potencialmente tóxico para los sistemas biológicos (29). De acuerdo con su concentración y el pH forma diferentes especies. Los iones cromato (CrO_4^{2-}) predominan a pH mayores a 7 y el ion cromato de hidrógeno (HCrO_4^-) a pH entre 1 y 6. Por lo tanto, en aguas naturales con valores normales de pH se podría encontrar iones CrO_4^{2-} , HCrO_4^- o dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) (28).

Cabe resaltar que el Cr(II), Cr(IV) y Cr(V) son productos inestables del proceso de oxidación y reducción del Cr(III) al Cr(VI) (25). Sin embargo, como mecanismo de eliminación, se considera que la reducción de Cr(VI) a Cr(III) representaría la forma de reducir el impacto negativo del cromo hexavalente (5).

La presencia de cromo en el medio, especialmente en el agua, se debe fundamentalmente a las actividades antropogénicas (4). Si los efluentes generados, principalmente en las curtiembres, son descargados sin previo tratamiento en cuerpos naturales de agua, desencadenan una serie de impactos negativos en el medio.

El cromo, al ser un metal pesado, es considerado como un contaminante peligroso (30), lo que ha generado interés internacional, ya que se relaciona con problemas ecológicos, biológicos, ambientales y especialmente con la salud, porque no se degrada naturalmente; por el contrario, se acumula en la corteza (29) y se bioacumula en los organismos vivos. Al ser un metal pesado,

posee una elevada toxicidad que ocasiona múltiples daños a los componentes bióticos y abióticos (30).

Debido al ciclo hidrológico, las aguas impactadas con compuestos de cromo llegan a los suelos, en los que este metal se acumula. La acumulación de cromo en los suelos permite su ingreso a la cadena alimenticia, iniciando en la transferencia suelo-planta, la cual depende de diferentes factores, como la fisiología de la planta y propiedades intrínsecas del suelo (26). Sin embargo, en la mayoría de las plantas, el cromo se concentra generalmente en las raíces y escasamente es translocado a las partes aéreas, afectando su crecimiento y reduciendo el rendimiento del cultivo, por lo que se le debe considerar tóxico a una concentración aproximada de 5 - 100 $\mu\text{g/g}$ de cromo disponible en el suelo agrícola (25).

El cromo, en bajas concentraciones, es considerado esencial para los organismos vivos, pero debido a su toxicidad, un nivel excesivo de cromo tiene consecuencias fisiológicas, morfológicas y bioquímicas, puesto que, interactúa en procesos genéticos y rutas metabólicas; ocasionando modificaciones a nivel ultraestructural (25). Se ha evidenciado que el cromo hexavalente tiene consecuencias genotóxicas, mutagénicas y tumorigénicas en todos los organismos vivos (29).

La exposición más frecuente al cromo (VI) ocurre en el contexto laboral, como en las industrias del cuero, textil, petrolera, entre otras (4). Sin embargo, se ha observado que la ausencia del tratamiento de los efluentes producidos en las industrias que utilizan cromo en sus procesos permitiría su incorporación al medio donde suele acumularse, ingresando a la cadena alimenticia (29). Tras la absorción de cromo por vía oral, respiratoria y/o dérmica, se distribuye en el organismo a la médula ósea, ganglios linfáticos, pulmones, riñón, bazo e hígado (15).

En sistemas biológicos, el Cr(VI) puede sustituir a otros metales (25). Se debe considerar que posee un mayor grado de toxicidad que el Cr(III), ya que las membranas celulares no son impermeables al Cr(VI) (4), lo que permite que este ion pueda atravesarlas rápidamente y genere daño oxidativo a las macromoléculas (29). El Cr(VI) se absorbe con mayor facilidad debido a que los glóbulos rojos lo toman (4) como análogo del ion sulfato (26), incorporándose a otras células a través del sistema transportador de sulfatos, se reduce a Cr(III) en las mitocondrias y núcleo, y es degradado en el citoplasma, generando intermediarios reactivos como Cr(V), (IV) y (III), radicales hidroxilo, y O_2 , siendo estos capaces de alterar el ADN (4) provocando efectos mutagénicos, tóxicos y cancerígenos en la salud humana (29), llegando incluso a ser fatal (26). Es considerado por la IARC (Centro Internacional de Investigaciones

sobre el Cáncer) y la OMS (Organización Mundial de la Salud) como un tóxico de atención prioritaria y uno de los metales pesados más tóxicos, con una fuerte capacidad oxidativa; llegando a tener consecuencias fatales, en una dosis de 10 mg/kg (27).

Por su parte, el Cr(III), en bajas concentraciones, es considerado imprescindible para la salud humana y de animales al ser fundamental para el metabolismo de azúcares y lípidos (25). Es empleado en medicamentos, como la insulina, para el control de la diabetes en ciertos pacientes, ya que contribuye a la disminución de los niveles de glucosa en sangre (28). Sin embargo, una ingestión mayor a la recomendada por largos periodos podría conducir a efectos nocivos para la salud (25), debido a que se bioacumula y biotransforma en el organismo, logrando afectar la replicación y transcripción del ADN con efectos mutagénicos (5). Asimismo, es capaz de reaccionar con grupos carboxilos y sulfhídricos de las enzimas, provocando una modificación en su estructura y actividad (5).

2.2.3. Métodos para el Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de Curtiembre

a. Métodos de Tratamiento Físicoquímicos

Dentro de los métodos fisicoquímicos se pueden encontrar la filtración de membrana, precipitación, adsorción, intercambio iónico, coagulación/floculación, oxidación avanzada, electrocoagulación, etc. Si bien, los procesos físicos ayudan a reducir la materia orgánica, estos no son suficientemente efectivos como los procesos químicos (31).

b. Métodos de Tratamiento Biológicos

Los métodos biológicos son una gran alternativa para el tratamiento de aguas residuales industriales. Estos consisten en la estabilización tanto de metales como de desechos orgánicos a través de microorganismos (31). Dentro de los procesos biológicos más comunes se encuentran los filtros percoladores, reactor de secuenciación por lotes, lodo activado, reactor biológico de membrana y fitorremediación. Es importante reconocer que los procesos aerobios reducen mayor materia orgánica y optimizan considerablemente la turbidez, en comparación con los procesos anaerobios (25).

2.2.4. Fitorremediación

La fitorremediación implica el uso de plantas para el tratamiento de aguas residuales, suelos contaminados y sedimentos a través de fitotecnologías que ayudan a reducir, degradar, estabilizar, secuestrar, metabolizar y mineralizar los contaminantes (27). Es un método de tratamiento utilizado hace cientos de años por el hombre y ha tomado importancia en las últimas décadas sobre todo en el tratamiento de aguas residuales (12). Es actualmente uno de los principales métodos de biorremediación, además de ser sostenible y económico (30).

a. Mecanismos de Fitorremediación

- **Fitoestabilización:** Este proceso es efectivo en tratamientos de suelos contaminados provocando la retención y disminución de la biodisponibilidad de los contaminantes a través de la generación de compuestos químicos en la interacción suelo-raíz. Estos compuestos, mediante la absorción, adsorción o precipitación, inactivan las sustancias tóxicas (12), disminuyendo su movilidad e impidiendo su desplazamiento hacia aguas subterráneas (9).
- **Rizofiltración:** Es un método utilizado para tratar aguas contaminadas, a su vez una alternativa eficaz y ecoamigable que, logra absorber y adsorber grandes cantidades de contaminantes como Cr, Ni, Pb y otros metales pesados a través de las raíces de las plantas (27, 30). La saturación de las plantas se da luego de la acumulación de contaminantes como metales pesados en las raíces y es cuando se procede a su cosecha y disposición final (9).
- **Fitoextracción o Fitoacumulación:** Consiste en eliminar contaminantes presentes en el agua subterránea o superficial y de suelos (27). Es el método más efectivo y respetuoso con el medio ambiente, y se lleva cabo a través de la absorción de metales pesados en las raíces de las plantas, los cuales se translocan y acumulan en los tallos y hojas (30). Se tienen distintas posibilidades de disposición final de las plantas, como la incineración, el compostaje, etc. (30). Existe una gran diversidad de especies utilizadas en el tratamiento de efluentes y muchas de ellas poseen gran capacidad de acumulación de metales pesados por lo que se les denomina hiperacumuladoras; mientras que las plantas acumuladoras son consideradas una buena opción por su elevada tasa de crecimiento (25).

- **Fitovolatilización:** Este método consiste en la transformación de un contaminante en una forma volátil, siendo menos tóxico, conservando así la calidad del suelo o del agua (27). Un claro ejemplo es la conversión del selenio en seleniuro de dimetilo, lo cual se logra gracias a que las plantas, en combinación con microorganismos, son capaces de transformar este metal en un compuesto volátil (27).
- **Fitodegradación:** Este método se basa en degradar los contaminantes orgánicos como el TNT, hidrocarburos halogenados, bisfenol A y pesticidas organoclorados, en compuestos inofensivos o inclusive mineralizarlos en CO₂ y H₂O, a través de enzimas como la deshalogenasa y la oxigenasa que contribuyen en la degradación (9).

b. Plantas Fitorremediadoras

Se caracterizan por tener la capacidad de acumular metales pesados, además de tolerar concentraciones elevadas de contaminantes. Adicionalmente, su desarrollo vegetativo es rápido y su cosecha es sencilla (32). Algunas macrófitas cumplen con las características para ser una planta fitorremediadora, como la *E. crassipes*, que acumula los metales principalmente en sus raíces y brotes (32, 33).

c. *Eichhornia crassipes*

Eichhornia crassipes, también conocida como jacinto de agua, lirio de agua, buchón de agua, lampazo, etc., es una especie macrófita flotante e invasora que se encuentra en cuerpos de agua dulce y está distribuida en regiones tropicales y subtropicales. Es propia de la cuenca del Amazonas, en América del Sur (34). Pertenece a:

Reino Plantae,

División Magnoliophyta,

Clase Liliopsida,

Orden Commelinales,

Familia Pontederoaceae,

Género *Eichhornia*.

Especie *E. crassipes*,

Posee brotes individuales unidos a un rizoma emergente que sostiene a las hojas casi circulares, las cuales pueden tener medidas de 2.5 a 16 cm de largo y 3 a 12 cm de ancho. Los peciolos son de textura esponjosa e inflada, muy notablemente, los cuales ayudan a las plantas a flotar en la superficie del agua. Esta especie, al desarrollarse por completo, puede alcanzar una altura de 30 cm (12, 14).

Eichhornia crassipes es reconocida como una especie ornamental. Posee flores de color violeta que puede variar de azul a morado, con un lóbulo principal de color amarillo. Una característica importante es que se adapta con facilidad en aguas dulces estancadas o de poco movimiento; también puede crecer en humedales naturales. Las raíces son fibrosas y al cambiar a negro violáceo, se evidencia la adultez de estas, las raíces logran alcanzar más del 50% de su biomasa debido al gran sistema radicular de la planta (12, 14).

- **Reproducción y crecimiento:** *Eichhornia crassipes* se reproduce de forma sexual y asexual a través de propagación vegetativa, puede ser por sus fragmentos del tallo y por estolones (12). Su crecimiento es vertical una vez que se cubra toda la superficie del cuerpo de agua, dicho crecimiento depende de la cantidad de nutrientes presentes en el agua (12). Los nutrientes requeridos por la planta son nitrato de potasio (KNO_3), fosfato monopotásico (KH_2PO_4), sulfato de potasio (K_2SO_4), quelatos de hierro, fosfato disponible (P_2O_5) potasio soluble, N, Ca, Mg, S, Cl, Co, Cu, Mn, Mo, Na, Bo y Zn (12, 14, 34).
- **Condiciones de mantenimiento:** *Eichhornia crassipes* puede sobrevivir en un rango de pH de 3 a 10 (27); sin embargo, el pH requerido por *Eichhornia crassipes* para su óptimo desarrollo debe variar entre 6.8 y 7.5, de preferencia con aguas neutras. La temperatura del agua suele variar entre 20 y 30 °C, aunque en invierno pueden tolerar temperaturas entre 15 y 28 °C. Esta especie requiere de radiación directa e intensa (12, 14). Gracias a su gran capacidad de reproducción y adaptación a medios contaminados, es una de las principales alternativas en biotecnología ambiental, siendo una alternativa de bajo costo que pueden adoptar los países subdesarrollados por su gran capacidad bioacumuladora y es una de las especies fitorremediadoras más efectiva de metales pesados. Sin embargo, por sus características intrínsecas es recomendable utilizarlas en humedales artificiales que permitan controlar su invasividad (12, 33). Además, es importante disponer adecuadamente la biomasa vegetal contaminada de manera efectiva, ya que al

concentrarse en la estructura de *Eichhornia crassipes* y ésta al morir, permite que el metal se vuelva biodisponible (27).

- **Uso como fitorremediadora:** Existen diferentes reportes que describen el potencial que posee esta especie para la fitorremediación debido a sus características. Dentro de estos podemos mencionar la evaluación que realiza Reyes (35) sobre la bioconcentración y traslocación de metales pesados en la *E. crassipes*, que demuestra que esta especie puede tolerarlos y bioacumularlos en sus raíces y translocarlos a su estructura aérea. Por otro lado, en el reporte de Medina *et al.* (6), donde evalúan la fitorremediación de cromo utilizando esta especie, determinaron que es acumuladora de Cr(III).

2.2.5. Biorremediación

Es una tecnología que utiliza microorganismos o vegetales para recuperar sitios contaminados en sus diferentes matrices (agua, aire y suelo) (12, 36) por medio de la oxidación enzimática de compuestos orgánicos (37). Esta biotecnología debe adecuarse a las condiciones particulares del lugar para minimizar los efectos secundarios. En comparación con otras tecnologías, la biorremediación genera menor impacto negativo en el ambiente al ser menos invasiva; asimismo es de menor costo si es utilizada *in situ* (36). Una de las desventajas es que toma mayor tiempo de tratamiento que otras tecnologías (30).

a. Microorganismos Eficaces (EM)

Los Microorganismos Eficaces (EM) fueron desarrollados por el Dr. Teruo Higa en Japón en el año 1982 (15, 38, 39) como una tecnología basada en cultivos mixtos que contienen tres tipos de microorganismos que trabajan en sinergia (bacterias fototróficas, bacterias ácido-lácticas y levaduras) (15, 38–40). Tienen propiedades de fermentación, formación de sustancias bioactivas, competencia y antagonismo con patógenos (41, 42), permitiendo conservar un medio natural estable y equilibrado con los microorganismos propios del lugar (38, 41, 42). El uso de microorganismos en el tratamiento de efluentes de diferentes orígenes permite que puedan ser descargadas de forma segura y evitando dañar el balance ecológico del área (42).

- **Composición:** La mezcla líquida que contiene a los microorganismos alberga a más de 80 especies, siendo algunas aerobias, anaerobias y fotosintéticas (43). Estas se engloban en tres tipos de microorganismos:
 - **Bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas spp*):** Son un grupo de microorganismos autosuficientes (38) y corresponden a bacterias púrpuras no sulfurosas. Utilizan la radiación solar y el calor del suelo como fuente de energía para sintetizar aminoácidos, ácidos nucleicos, azúcares y sustancias bioactivas, a partir de la materia orgánica y gases tóxicos (38, 40, 43, 44). Logran desarrollarse en medios aerobios y en medios anaerobios (obtienen su energía a través de la fotosíntesis y producen O₂). El desarrollo óptimo de estos microorganismos se lleva a cabo en un medio con temperaturas de 30 a 37 °C y un pH de 6.9 (rango 5.5 a 8.5). Poseen un metabolismo versátil, ya que, de acuerdo con su entorno y necesidades, toman la ruta metabólica más adecuada (fotoautótrofa, fotoheterótrofa, quimioheterótrofa o quimioautótrofa) (39, 40, 44), produciendo enzimas como hidrolasas, amilasas, proteasas, ubiquinonas y la coenzima Q₁₀, las cuales intervienen directamente en la remoción de nitratos, nitritos, sulfuro de hidrógeno, sulfitos, sulfatos, hidrocarburos y halógenos reduciendo así la DBO (39, 40). Poseen adaptabilidad en condiciones adversas, y pueden degradar compuestos carbonados, aromáticos, entre otros (39). Pueden convertir CO₂ en material celular y N₂ en amonio; y producir H₂ gaseoso (39, 40). Son consideradas como el centro de la actividad del consorcio microbiano debido a su importancia fortaleciendo la actividad de los otros microorganismos (38).
 - **Bacterias ácido - lácticas (*Lactobacillus spp.*):** Conforman el grupo más abundante del consorcio microbiano, el cual, a partir de los azúcares y carbohidratos producidos por las bacterias fotosintéticas y levaduras, generan ácido láctico, el cual sirve como bactericida (péptidos y compuestos de bajo peso molecular) (38–40, 44). Reducen el pH eliminando microorganismos patógenos (como nemátodos y *Fusarium*) y al mismo tiempo, facilitan la degradación de la materia orgánica, incluyendo la celulosa y la lignina (38–40, 44). Para el desarrollo de estos microorganismos, es importante tomar en cuenta que tienen un crecimiento bastante lento y su desempeño depende de la

temperatura, por lo que se recomienda una incubación por 3 a 5 días a 37 y 30 °C, respectivamente (39, 40, 44).

- **Levaduras (*Saccharomyces* sp):** Aprovechan distintas fuentes de energía y carbono como glucosa, sacarosa, fructuosa, maltosa, galactosa y suero hidrolizado. Como fuente de nitrógeno aprovechan el amoníaco, sales de amonio o urea; de forma complementaria requieren fósforo, magnesio, calcio, hierro, cobre y zinc, además de vitaminas (biotina, ácido pantoténico, inositol, tiamina, piridoxina y niacina). A partir de los azúcares y aminoácidos generados por las bacterias fotosintéticas, pueden sintetizar sustancias antimicrobianas (etanol) y bioactivos, los cuales serán utilizados por las bacterias ácido - lácticas. El desarrollo óptimo se logra con una temperatura de 28.5°C. En bajas concentraciones de O₂, las levaduras pueden llevar a cabo la fermentación, pero será menos eficiente. A pesar de que su requerimiento no es muy alto, su rendimiento también puede verse afectado ante la presencia de SO₂, ácido aconítico, metales pesados o remanentes de bactericidas y herbicidas (39, 40, 43, 44). No obstante, algunas levaduras pueden biolixiviar metales de sedimentos y minerales en un medio acuoso a un pH de 2.5 y 5.5 (39, 43, 44).

Algunos autores clasifican a los microorganismos presentes en los EM en cinco grupos, adicionando actinomicetos o actinobacterias y hongos (36, 45).

- **Mecanismos de acción:** La concentración de compuestos presentes en el agua se reduce al incrementar la cantidad de microorganismos que los aprovechan como fuente de carbono y energía para su metabolismo y propagación (42). Además, trabajan en sinergia, teniendo relaciones de cooperación y comensalismo, debido a que poseen diferentes características metabólicas que permiten un beneficio recíproco, incrementando la actividad de descomposición (39) y obteniendo procesos más eficaces (42).

En el consorcio microbiano que compone los EM, se pueden encontrar bacterias rojas/púrpuras no sulfurosas, las cuales, al ser fototrópicas, utilizan la radiación solar como fuente de energía para sintetizar aminoácidos, ácidos nucleicos, azúcares y sustancias bioactivas, a partir de la materia orgánica y gases tóxicos. Estos metabolitos son aprovechados por otros microorganismos eficaces para su

desarrollo poblacional, como las bacterias ácido - lácticas que, a partir de los azúcares y otros carbohidratos, producen ácido láctico, el cual es un esterilizador potente que ayuda a eliminar microorganismos patógenos y al mismo tiempo potencian la descomposición de la materia orgánica, como la lignina y celulosa (42).

Por otro lado, las levaduras sintetizan hormonas y enzimas que propician la división celular activa y también son aprovechadas por las bacterias ácido - lácticas para su desarrollo poblacional (42). Tienen la capacidad de liberar iones que permiten reducir la toxicidad de ciertos compuestos y la quelación de metales pesados, además de producir enzimas como la lignina peroxidasa (39). El uso de los EM reduce la actividad de los protozoarios, debido a que descompone la materia orgánica, lo cual permite mejorar la eficiencia de los sistemas de tratamiento (15).

El éxito de la sinergia del consorcio microbiano se debe a las diferentes propiedades intrínsecas que poseen los microorganismos, incluyendo su naturaleza antioxidante. Estos prosperan por exclusión competitiva incluso en medios en descomposición, finalizando su ciclo de vida cuando el área se encuentra depurada, evitando así un impacto secundario (42).

- **Aplicaciones:** Si bien la tecnología de los EM se estudió y desarrolló para mejorar las condiciones de los suelos, con el paso del tiempo se ha aplicado en distintos campos, como la agricultura, la industria animal, las actividades pecuarias, los rellenos sanitarios, los vertederos, los tratamientos y la remediación ambiental, destacando por su eficiencia y bajo costo (38). Por otro lado, también se tiene registro de su uso en otros campos, como sustituto de artículos de aseo, en la conservación de frutas y verduras, construcción y restauración, jardinería, entre otros (41).

El uso de los EM en el tratamiento de aguas residuales permite optimizar parámetros como olor, sedimentos, microorganismos patógenos, DBO, DQO, turbidez, pH, Oxígeno Disuelto, etc. (38, 46, 47). Diferentes autores indican obtener resultados positivos para la degradación de la materia orgánica (45, 47), lo que se traduce en la reducción de sedimentos, coliformes, bacterias sulfitorreductoras (46, 47) y malos olores (43, 46, 47).

Al ser un tratamiento de tipo biológico, se debe considerar al menos un mes desde la primera aplicación para obtener resultados positivos. El método que se debe seguir para la aplicación de los EM depende del sistema de tratamiento en el que se empleará. Para definir la dosis, se debe considerar el caudal y la capacidad del sistema, así como la DBO y la DQO inicial. Se deben añadir dosis periódicamente, y también se puede incrementar la dosis con el fin de lograr un mejor tratamiento en un corto tiempo (38).

2.2.6. Parámetros de Calidad del Agua

a. Temperatura

La temperatura es un parámetro de campo que se mide en el lugar de muestreo y determina el desarrollo de la actividad microbiana. La temperatura óptima para el desarrollo de bacterias es de 25 a 35 °C. Si la temperatura es menor a 5 °C, hay inhibición de la actividad microbiana, pero si se acerca a 50°C, los procesos de nitrificación y digestión aerobia se interrumpen (48). La temperatura de las aguas contaminadas es mayor que la de las aguas no contaminadas, esto se debe a las descargas de las aguas residuales a altas temperaturas o a que, al degradar la materia orgánica, se producen reacciones bioquímicas y se libera energía (47).

b. pH

Es un indicador de la acidez (rango de 1 a 7) o alcalinidad (rango de 7 a 14) de cualquier solución acuosa; sin embargo, cuando es 7 se considera pH neutro (24). Este parámetro indica la toxicidad de los efluentes y suelos, los cuales modifican el pH del medio acuático y pueden ocasionar daños a los ecosistemas presentes en él. El pH, a su vez, influye en la actividad de los microorganismos, en la degradación de la materia orgánica y en que los elementos presentes en el agua no permanezcan en porcentajes adecuados (24). En tratamientos biológicos, el crecimiento de hongos y bacterias se da en pH menores a 6 (39).

c. Oxígeno Disuelto

Es la cantidad de oxígeno presente en un cuerpo de agua (16). Su concentración varía a lo largo del día y de la estación climática del lugar; asimismo, se encuentra en mayor concentración en la superficie de los cuerpos de agua, y en profundidades puede llegar

a ser nula (16). Este parámetro es de suma importancia para la actividad biológica y química ya que, si hay oxígeno disuelto en el agua residual, impide que se generen malos olores (47). La cantidad de oxígeno disuelto está condicionada por distintos factores como la altitud, la temperatura, la actividad biológica y química, entre otros (47).

d. Sólidos Disueltos Totales

Se componen por iones disueltos en agua y moléculas orgánicas e inorgánicas. Poseen un tamaño menor a 0.0001 mm y se relacionan con la cantidad de minerales, metales y sales que el agua ha disuelto (48, 49).

e. Sólidos Suspendidos Totales

Representan la cantidad de materia insoluble en las aguas residuales (17). Se pueden percibir a simple vista; existen sólidos flotantes y sólidos que se sedimentan en el fondo de los cuerpos de agua. Estos últimos son indicadores de la cantidad de lodos a eliminar (47). Los lodos normalmente contienen hasta el 97% de agua, lo que los hace ligeros (17).

f. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es la cantidad de oxígeno que se necesita para degradar químicamente la materia orgánica biodegradable y no biodegradable en CO_2 y H_2O presente en el agua (47). El agente oxidante utilizado en la determinación de la DQO es el dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en medio ácido (50). Esta determinación permite medir la toxicidad de las aguas residuales y la degradabilidad de la materia orgánica antes de la descarga de los efluentes (50).

g. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)

Es un indicador de calidad de aguas tanto residuales como superficiales (39, 47). Consiste en medir el oxígeno disuelto que los microorganismos utilizan para degradar la materia orgánica biodegradable a los 5 días, a una temperatura de 20 °C, en condiciones aerobias y anaerobias (39, 47). En los efluentes de curtiembre, aproximadamente el 90% de la carga orgánica, cuantificada como DBO, procede de la etapa de ribera (17).

h. Sulfuros

Expresa la cantidad de iones de sulfuro generados en las descargas de aguas residuales (24). Los sulfuros se forman por el uso de sulfuro de sodio (Na_2S) y/o sulfhidrato de sodio (NaSH) y en la eliminación de pelos generados en el proceso del pelambre (17). El olor a huevo podrido es un indicador de toxicidad en las aguas residuales de curtiembre ya que, a baja exposición, produce dolor de cabeza y náuseas y, a alta exposición, puede producir la muerte. En las descargas a aguas superficiales, puede causar efectos tóxicos en especies mamíferas y ecosistemas acuáticos (17).

i. Aceites y Grasas

Los aceites y grasas son liberados del interior de la estructura de la piel. Las aguas residuales con contenido de grasas o aceites no permiten el paso de oxígeno de la atmósfera y se genera una demanda de oxígeno muy elevada (17).

j. Conductividad Eléctrica

Es la capacidad que tiene el agua de conducir la electricidad. El aumento de la concentración de iones de magnesio (Mg^+), calcio (Ca^+), sodio (Na^+), potasio (K^+), cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{-2}) y bicarbonato (HCO_3^-); principalmente, genera un incremento en la conductividad (51).

k. Nitrógeno Amoniacal (N-NH_4)

El nitrógeno amoniacal es un indicador de la desintegración de biomoléculas orgánicas nitrogenadas que se puede encontrar en forma molecular o como ion amonio (24). En medios aerobios, el nitrógeno amoniacal se convierte en nitritos. En el proceso de desenchalado se utiliza sulfato de amonio, lo que produce un incremento de nitrógeno amoniacal y puede generar el desarrollo vertiginoso de plantas acuáticas (24).

2.3. Definición de Términos Básicos

a. Adsorción

Consiste en capturar y retener iones o moléculas de otro cuerpo para conservarlas en su superficie (12).

b. Agua Residual Industrial (ARI)

Este tipo de agua es generada por las actividades industriales y sus características dependen del tipo de industria (47). Suelen tener una elevada concentración de metales pesados como cromo, plomo, níquel, etc. (52).

c. Bacterias Aerobias

Este tipo de bacterias requieren oxígeno molecular del agua para respirar o alimentarse. Al descomponer la materia orgánica se producen procesos aerobios los cuales se caracterizan por no presentar malos olores (47).

d. Bacterias Anaerobias

Estas bacterias utilizan oxígeno proveniente de sólidos orgánicos e inorgánicos debido a que el oxígeno disuelto en el agua les impide sobrevivir. Se producen procesos anaerobios y se caracterizan por emitir malos olores (47).

e. Bioacumulación

Es la acumulación de sustancias en organismos, órganos o tejidos y se debe a que la capacidad de absorción es mayor a la de eliminación (39).

f. Biodisponibilidad

Es la velocidad y cantidad de un contaminante que puede ser absorbido por un organismo (27) y se lleva a cabo mediante la interacción que hay entre el agua, la raíz y el sustrato, con la intervención de metabolitos secretados por la raíz y microorganismos en la rizósfera (7).

g. Biotecnología

Es el uso, parte o proceso de algún organismo para la generación de bienes o servicios que satisfagan las necesidades de la sociedad (39).

h. Efluente

Es el agua que desemboca fuera de un depósito donde fue almacenado. Dichas aguas pueden encontrarse tratadas o sin tratamiento alguno (44).

i. Macrófitas

Son especies que se pueden desarrollar en humedales y poseen gran capacidad para eliminar contaminantes que son absorbidos por las raíces, tallos y hojas (12).

j. Materia Orgánica

Son compuestos que poseen una característica en común, que es la de reaccionar con el oxígeno a través del proceso de oxidación (53). Pueden ser biodegradados por la acción de los microorganismos presentes en el agua. Dentro de estos compuestos también se puede encontrar sustancias orgánicas como fenoles, tensoactivos, entre otros (47).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método y Alcance de la Investigación

3.1.1. Método de Investigación

El método general corresponde al método hipotético deductivo. Este método se caracteriza por buscar la comprobación de la hipótesis planteada, en base a los resultados de investigación (54). En la presente investigación experimental se pretende contrastar la hipótesis planteada sobre la eficiencia del sistema mixto de tratamiento de aguas residuales de curtiembre.

3.1.2. Tipo de Investigación

Corresponde a una investigación de tipo aplicada la cual implica evaluar, comparar e interpretar para establecer precedentes y determinar causalidades e implicaciones con la finalidad de resolver problemas (54). Este tipo de investigación es el que corresponde al presente estudio, dado que se aplican principios de biorremediación y fitorremediación establecidos por previas investigaciones básicas; asimismo, evalúa el desempeño de los sistemas de tratamiento que hacen uso de dichos principios de forma individual y combinada, frente a la problemática de los contaminantes en efluentes de curtiembre.

3.1.3. Alcance

El alcance de la investigación es explicativo dado que, además de describir los conceptos y sus relaciones, busca definir la causa de los sucesos o por qué se relacionan dos o más variables (54). En la presente investigación se determinó la eficiencia del sistema mixto con Microorganismos Eficaces activados (EMa) y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales de curtiembre de Río Seco - Arequipa, aplicando una concentración de 5% de EMa y tiempos de tratamiento de 30, 45 y 60 días en condiciones de sombreadero, buscando explicar la relación entre los tipos y tiempo de tratamiento.

3.1.4. Diseño de la Investigación

Se aplicó un diseño experimental, el cual se utiliza cuando se pretende observar las consecuencias de una determinada intervención (54). En la investigación se comprobó el efecto de la aplicación de EMa y fitorremediación sobre la calidad de aguas residuales de todo el proceso de curtido. Dentro de este diseño, el estudio corresponde al pre-test debido a que se contó con un solo grupo de evaluación al que se le realizó una medición inicial antes del tratamiento y otra final posterior al tratamiento.

G: 01 - - - - - X - - - - - 02

Donde:

G: Grupo de estudio

O1: Observación de entrada (basales)

X: Tratamiento

O2: Observación de salida.

3.1.5. Universo y Muestra

El universo está representado por las aguas residuales de las curtiembres del Parque Industrial Río Seco, distrito de Cerro Colorado, provincia y región de Arequipa. La muestra está representada por 175.4 L de agua residual recolectada de la Curtiembre Pacheco S.R.Ltda. que fue distribuida en 1.4 L para la determinación basal de los parámetros en estudio, 67.5 L para el tratamiento de biorremediación, 39 L para el tratamiento de fitorremediación y 67.5 L para el tratamiento mixto.

3.2. Procedimiento

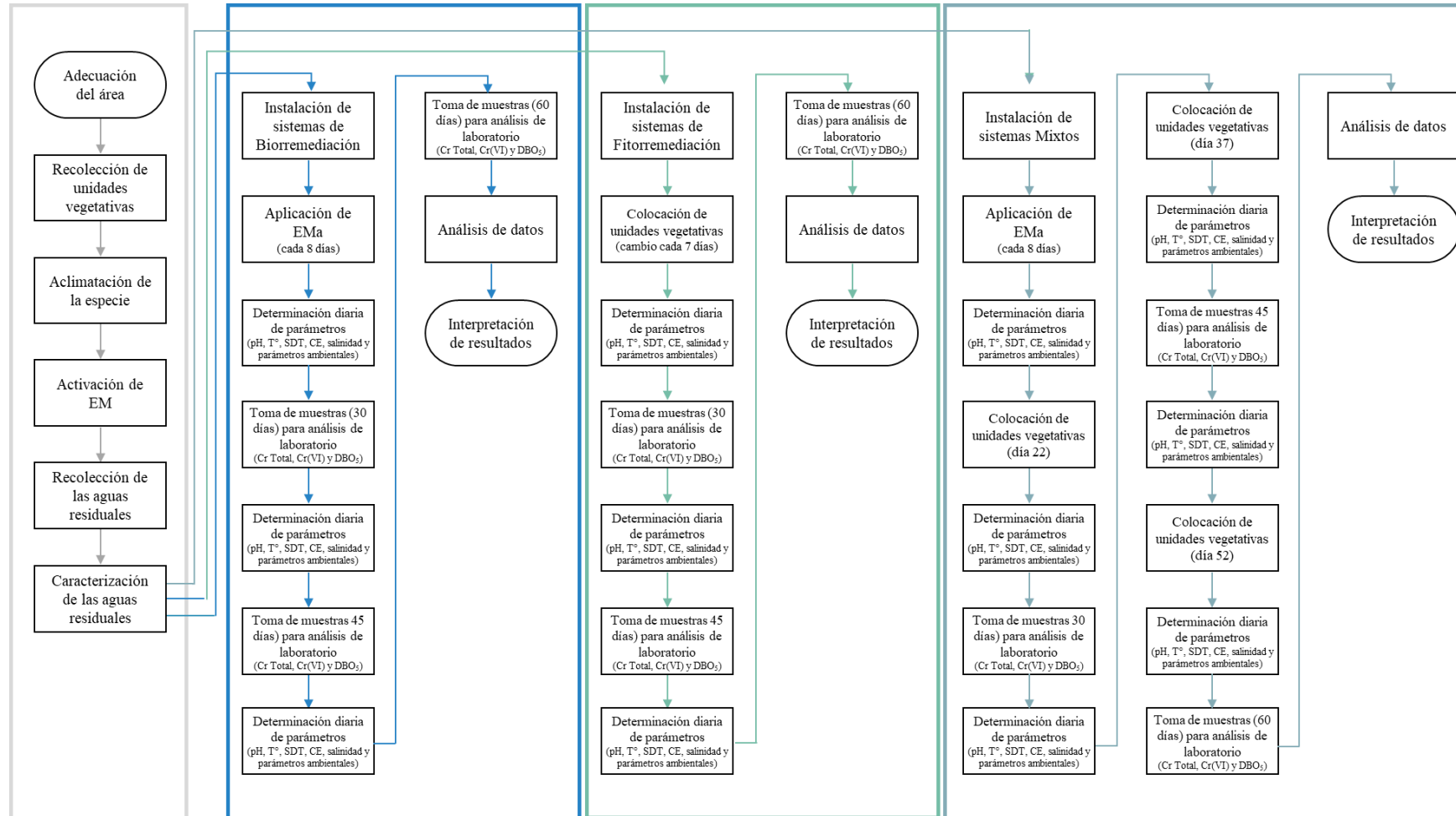


Figura 1. Diagrama de las actividades que se realizaron para desarrollar el experimento de la investigación

3.2.1. Lugar y Fecha de Investigación

La presente investigación fue llevada a cabo en las instalaciones del Centro de Investigación DIVA-VIDA E.I.R.L. ubicado en el distrito de Cerro Colorado, provincia y región de Arequipa con coordenadas E: 225751, N: 8187005, (zona 19 K) a 2385 m.s.n.m. El presente trabajo se realizó entre los meses de marzo del 2021 a octubre de 2022.

3.2.2. Acondicionamiento del Área

Se inició con la construcción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de curtiembre tanto para biorremediación con EMa (5%), fitorremediación con *Eichhornia crassipes* y el sistema mixto combinando ambos tipos de tratamiento. La plataforma de soporte para los sistemas de tratamiento fue construida de material OSB de 18 mm de grosor, contando con las medidas de 2.50 m de largo por 1.40 m de ancho. El soporte constó de tres niveles, el nivel superior para los baldes contenedores para biorremediación, el nivel intermedio y nivel inferior para los contenedores de fitorremediación como se grafica en la Figura 2. La plataforma se colocó en condiciones de sombreadero con malla Raschel con 70% de sombra.

3.2.3. Selección y Recolección de la Especie *Eichhornia crassipes*

Se realizó en el valle de Tambo, provincia de Islay, departamento de Arequipa con coordenadas E: 192517, N: 8104734, (zona 19 K) a 10 m.s.n.m., en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía, lugar donde crece esta especie, en aguas de poco movimiento. Para la selección de las unidades vegetativas se tomó en cuenta la etapa en la que se encontraban, ya que en etapa joven se logra un adecuado crecimiento y óptimo desarrollo (12, 14). Las plantas fueron arrastradas con un carrizo hasta la orilla donde se extrajeron y fueron colocadas cuidadosamente en contenedores con tapa para transportarlas al área de experimentación.

3.2.4. Aclimatación y Nutrición de *Eichhornia crassipes*

En el Centro de Investigación DIVA-VIDA E.I.R.L., se acondicionó una poza con agua declorada, donde se colocaron las plantas de *E. crassipes* recolectadas en el Valle de Tambo. Las plantas permanecieron en la poza por un periodo de 40 días, tiempo en el cual fueron nutridas con solución hidropónica La Molina.

Para la nutrición de las plantas, se utilizó la solución hidropónica La Molina, la cual incluye una solución concentrada “A” que contiene nitrato de potasio, nitrato de amonio y superfosfato

triple de calcio; asimismo incluye una solución concentrada “B” la cual contiene sulfato de magnesio, quelato de hierro y una mezcla de micronutrientes (manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno) (55). Considerando las indicaciones del fabricante se utilizó 5 ml de la solución concentrada “A” y 2 ml de la solución concentrada “B” por cada litro de agua de clorada para preparar la solución nutritiva La Molina. Tomando en cuenta las dimensiones de la poza de aclimatación, las proporciones de solución concentrada “A” y “B” fueron calculadas en función a 400 L de agua de la siguiente manera:

Tabla 3. *Proporción de soluciones concentradas para la nutrición de E. crassipes*

Solución La Molina	Volumen
A	2.0 L
B	0.8 L

Durante el tiempo de aclimatación las plantas estuvieron expuestas a las temperaturas mínima y máxima que oscilaron entre 7.9 y 24.2 °C en los meses de mayo y junio (SENAMHI, 2021). El fotoperiodo fue de 11/13 (día/noche), la humedad relativa fue de 30%.

Teniendo en cuenta que la investigación fue realizada en temporada de invierno, se registraron bajas temperaturas; en consecuencia, se pudo evidenciar una variación en las características físicas de la *Eichhornia crassipes* al término de la aclimatación, como por ejemplo un cambio brusco en el tamaño de la planta, la cual tenía una altura entre 20 a 30 cm al momento de su recolección, y al término de la aclimatación redujeron su tamaño un 40% aproximadamente, notándose un cambio en el tamaño de las hojas, peciolo y raíces.

3.2.5. Activación de EM

Para los sistemas de tratamiento por biorremediación y mixto se utilizó Microorganismos Eficaces (EM), los cuales fueron adquiridos de “Agrodistribuciones El Corcel”. Los EM fueron activados considerando las indicaciones de la guía técnica del producto que señala las proporciones de 5% de EM, 5% de melaza y 90% de agua (38). Inicialmente, en un recipiente limpio se diluyó la melaza con una porción de agua tibia, posteriormente se añadió los EM y por último se completó el porcentaje de agua con agua de clorada. Al terminar la mezcla, se procedió con el sellado hermético del recipiente que contenía los EM preparados. A los 4 días de activado, el contenedor fue ligeramente abierto para permitir la salida de los gases de fermentación, permaneciendo en un ambiente fresco a temperatura ambiente hasta su utilización.

La activación de EM se realizó 11 días antes de cada aplicación, lo que permitió la correcta fermentación del producto, caracterizándose por un olor agridulce y un pH entre 3 y 4, cumpliendo así con las características establecidas en la guía técnica del producto (38). Dicha activación se realizó en función al volumen de EMa necesario para cada aplicación. En el cálculo, se consideró la suma de los volúmenes tratados en los sistemas de biorremediación y mixto tomando en cuenta que cada unidad de observación tuvo un volumen de 7.5 L de ARI, que se realizaron tres repeticiones y se evaluaron tres periodos de tratamiento.

En la siguiente tabla se puede observar la cantidad total de EMa necesario y activado para cada aplicación, Cabe resaltar que los volúmenes de ARI fueron disminuyendo debido a que los tratamientos de 30 y 45 días fueron culminando.

Tabla 4. *Cantidad de EMa necesario y activado*

N° de Activación	1	2	3	4	5	6	7	8	
Día de Aplicación	0	8	16	24	32	40	48	56	Total
ARI (L)	135	135	135	135	90	90	45	45	
5% de EMa (L)	6.75	6.75	6.75	6.75	4.5	4.5	2.25	2.25	40.5

Teniendo en cuenta el cálculo anterior, se determinó las cantidades de EM, melaza y agua declorada necesaria para la obtención de EMa, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. *Proporciones de EM, melaza y agua para la obtención de EMa*

N° de activación	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
EMa (L)	6.75	6.75	6.75	6.75	4.5	4.5	2.25	2.25	40.50
5% de Melaza (L)	0.34	0.34	0.34	0.34	0.23	0.23	0.11	0.11	2.03
5% de EM (L)	0.34	0.34	0.34	0.34	0.23	0.23	0.11	0.11	2.03
90% de Agua (L)	6.08	6.08	6.08	6.08	4.05	4.05	2.03	2.03	36.45

3.2.6. Recolección de Aguas Residuales de Curtiembre

La recolección de las Aguas Residuales Industriales se llevó a cabo en la curtiembre PACHECO S.R.Ltda., ubicada en el Parque Industrial de Río Seco, distrito de Cerro Colorado, departamento de Arequipa. Teniendo en cuenta que el ciclo productivo del cuero tiene una duración aproximada de 7 días y que las descargas de cada subproceso se realizan en distintas jornadas, la recolección se llevó a cabo en una semana, utilizando 10 contenedores de 50 L de capacidad.

En función a los porcentajes de agua utilizada en cada subproceso, el volumen total recolectado fue de 176L, como se detalla a continuación:

Tabla 6. *Volumen de ARI de curtiembre recolectada*

Subproceso	Volumen de agua utilizada (%)	Volumen de agua recolectada (L)
Pre-Remojo	15.63	27.50
Remojo	9.38	16.50
Pelambre	10.16	17.88
Lavado 1 Pre-desencalado	15.63	27.50
Lavado 2 Pre-desencalado	7.81	13.75
Desencalado	7.81	13.75
Purga y desengrase	3.91	6.88
Curtido	3.91	6.88
Recurtido	15.63	27.50
Teñido	2.34	4.13
Engrase	7.81	13.75
Total	100	176

Debido a la duración del ciclo productivo, las aguas recolectadas se fueron acumulando en los contenedores antes mencionados y almacenados en las instalaciones de la Curtiembre Pacheco para su posterior transporte al área de experimentación.

3.2.7. Caracterización del ARI

Considerando que cada subproceso posee diferentes características, se realizó una mezcla proporcional de las aguas colectadas según lo indicado en la Tabla 6. Posterior a la homogenización del agua residual, se registraron los parámetros *in situ* (pH, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica y temperatura) y se realizó el muestreo para la determinación en laboratorio de DBO₅, Cr total y Cr(VI).

3.2.8. Instalación de los Sistemas de Tratamiento

Se realizó la instalación de los 3 sistemas de tratamiento correspondientes a biorremediación con EMa al 5% (B[5]), fitorremediación con *E. crassipes* (F[0]) y tratamiento mixto con EMa (5%) y *E. crassipes* (M[5]). El tratamiento por biorremediación con EMa (5%) se realizó en baldes contenedores con tapa de 20 L de capacidad por lo que al requerir un volumen total de 22.5 L de agua residual, se utilizaron 2 baldes, uno con 15 L y el otro con 7.5 L, los que

permanecieron bajo las mismas condiciones. Dado que se trabajó con diferentes tiempos de tratamiento se pudo utilizar los mismos sistemas para 30, 45 y 60 días. En el sistema de solo biorremediación con EMa (5%) se realizó la aplicación de los EMa cada 8 días durante 30, 45 y 60 días sin pasar por el tratamiento de fitorremediación.

En el tratamiento mixto, después de la biorremediación con EMa (5%) durante 22, 37 y 52 días, el agua residual de los sistemas mixtos fue descargada al primer contenedor de fitorremediación donde permaneció por 4 días, posterior a ello el agua fue descargada al segundo contenedor de fitorremediación donde permaneció por otros 4 días. Cada contenedor de fitorremediación contuvo 7.5 L de agua residual y 10 unidades de *E. crassipes*.

En el tratamiento de fitorremediación, las aguas residuales fueron utilizadas sin dilución, por lo que, las plantas de *E. crassipes* no toleraron el nivel de contaminación de las aguas en tratamiento, muriendo a los 2 días de exposición, optando por realizar la dilución al 50% con agua de clorada. Por lo tanto, el volumen de agua residual diluida al 50% fue de 26 L, distribuida en dos contenedores con 13 L y 10 unidades de *E. crassipes* cada uno. El proceso de fitorremediación continuó sin aplicación alguna de EMa durante los 30, 45 y 60 días de tratamiento

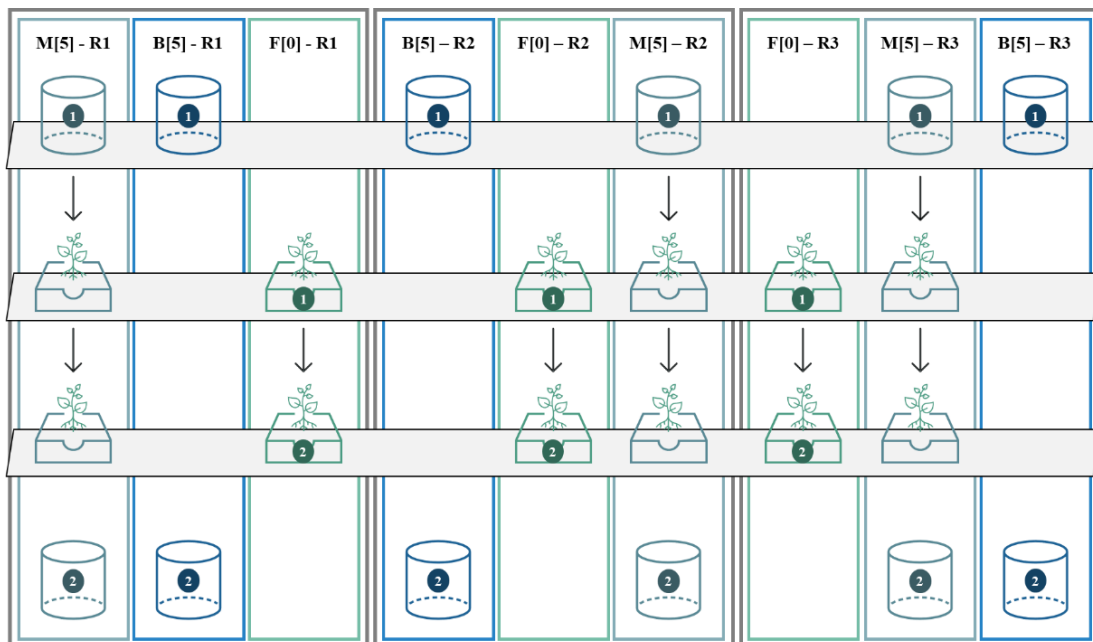


Figura 2. Distribución de los sistemas de tratamiento por repetición

3.2.9. Mantenimiento de los Sistemas de Tratamiento

a. Sistema de Biorremediación

El mantenimiento de este sistema de tratamiento consistió en la aplicación periódica de EMa (5%) cada 8 días, considerando que el fabricante recomienda que se realicen aplicaciones semanales para mejorar su eficiencia (38). En la Tabla 7, se detalla el volumen de EMa aplicado en función al volumen de ARI y día de tratamiento.

Tabla 7. *Volumen de EMa aplicado a los sistemas de tratamiento por biorremediación*

Día de Aplicación	0	8	16	24	32	40	48	56
Nº de Aplicación	1	2	3	4	5	6	7	8
ARI (L)	67.5	67.5	67.5	67.5	45	45	22.5	22.5
EMa Aplicado (L)	3.375	3.375	3.375	3.375	2.25	2.25	1.125	1.125

b. Sistema de Fitorremediación

En este sistema de tratamiento se realizó la cosecha y cambio de las unidades vegetativas cada 8 días, momento en que las plantas mostraban signos de daño vegetativo como cambios en el color de las hojas, indicando un proceso de necrosis. Asimismo, para reponer el agua perdida por evapotranspiración se adicionó agua de clorada para mantener el volumen constante.

c. Sistema Mixto

El sistema mixto combina los tratamientos de biorremediación y fitorremediación, a los cuales se les realizaron 8 aplicaciones de EMa (5%) de acuerdo con la Tabla 8, considerando que el periodo de evaluación más largo fue de 60 días.

Al igual que el tratamiento por fitorremediación, debido a la radiación solar se fue evaporando el agua de los contenedores, por lo que se tuvo que adicionar agua de clorada con el fin de completar el volumen de agua inicial (7.5 L).

Tabla 8. *Volumen de EMA aplicado a los sistemas de tratamiento mixto*

Día de Aplicación	0	8	16	24	32	40	48	56
Nº de Aplicación	1	2	3	4	5	6	7	8
ARI (L)	67.5	67.5	67.5	67.5	45	45	22.5	22.5
EMa Aplicado (L)	3.375	3.375	3.375	3.375	2.25	2.25	1.125	1.125

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La presente investigación analizó distintos parámetros fisicoquímicos, para ello fue necesario contar con las técnicas e instrumentos que nos permitieron realizar dichos análisis, los cuales se detallan a continuación.

3.3.1. Toma de Datos Físicos

Para medir los parámetros de pH y temperatura se utilizó el instrumento Hanna instruments, modelo HI98129. Para medir la conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y salinidad se utilizó el instrumento Tester Multifunción EZ-9909. La toma de estos parámetros se realizó en el agua residual, primero, previo al tratamiento para su caracterización, luego, durante el tratamiento se llevó a cabo de forma diaria en tres turnos (8, 13 y 18 hrs) para llevar un control adecuado y finalmente, al término de los tratamientos con Microorganismos Eficaces activados (biorremediación), con la especie *Eichhornia crassipes* (fitorremediación) y mixto. Dichas mediciones se realizaron con previa agitación de las aguas contenidas en los sistemas.

3.3.2. Análisis de Laboratorio

Para los análisis de laboratorio de los parámetros químicos, se realizaron los muestreos correspondientes a DBO₅, Cr(VI) y Cr total. Dichos análisis se realizaron para la caracterización de las aguas residuales de curtiembre previo al tratamiento, así como para los análisis posteriores a los tratamientos en los periodos evaluados (30, 45 y 60 días) en el laboratorio de análisis BHIOS. Los muestreos se realizaron según las indicaciones y protocolos del laboratorio que se describen a continuación.

a. DBO₅

Se toma una muestra de 1000 ml en un frasco de polietileno, evitando la formación de burbujas en la muestra al momento de llenar completamente el frasco, la muestra se conserva fría a una temperatura menor o igual a 6 °C.

b. Cr Total

Se toma una muestra de 200 ml en un frasco de polietileno, el cual contiene el preservante. La muestra se conserva fría a una temperatura menor o igual a 6 °C.

c. Cr(VI)

Se toma una muestra de 200 ml en un frasco de polietileno. La muestra se conserva fría a una temperatura menor o igual a 6 °C.

3.3.3. Condiciones Ambientales

Se registraron los datos de temperatura máxima y mínima, así como humedad relativa, haciendo uso de un termohigrómetro EUROTECH- SH-110. El registro se realizó durante los días de tratamiento de forma diaria en tres turnos (8, 13 y 18 hrs). La toma de estos datos fue importante, puesto que la temperatura del ambiente tiene influencia en el óptimo crecimiento de la especie *Eichhornia crassipes* y en la propia temperatura de los sistemas de tratamiento.

3.4. Diseño Estadístico

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar, con arreglo factorial de 3 x 3, haciendo un total de 09 tratamientos. El primer factor 3, corresponde a los sistemas de tratamiento de aguas residuales: fitorremediación, biorremediación y mixto. El segundo factor 3, corresponde a los días de duración del tratamiento: 30, 45 y 60 días. Se consideran 3 repeticiones por tratamiento, dando un total de 27 unidades experimentales (UE), cada una de las cuales está representada por un depósito de plástico (20 L de capacidad) conteniendo 7.5 L de agua residual de curtiembre y EMA cuando corresponda y dos contenedores con 10 unidades vegetativas de *Eichhornia crassipes* cada una. Los datos colectados fueron sometidos a una prueba de distribución normal y a un análisis no paramétrico de Friedman, Kruskal Wallis o Wilcoxon; y análisis paramétrico de ANOVA o T de Student, según corresponda para la prueba de hipótesis, con una significancia del 0.05. Además, se aplicó la prueba de ANOVA de 2 factores para el efecto de la interacción del tipo de tratamiento por periodo de tratamiento.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y Análisis de la Información

4.1.1. Determinación de Parámetros Basales Físicoquímicos de las ARI de Curtiembre

En la Tabla 9 se presenta los valores basales del efluente, contrastados con la normativa vigente aplicable al sector, LMP (D.S. 003-2002-PRODUCE) y los parámetros que no se encuentran considerados en esta normativa, no se compararon.

Se observa que el parámetro de cromo total se encontró muy por encima de los LMP incrementándose 44 veces aproximadamente, mientras que el parámetro de Cr(VI) se encontró dentro de los LMP (0.4 mg/L) establecidos por la normativa. En cuanto a la DBO₅, este excedió su valor en aproximadamente 4 veces (2082 mg/L) el valor del LMP (500 mg/L).

Respecto al parámetro de pH, se puede evidenciar que su valor basal fue de 6.9 encontrándose dentro de los LMP (entre 6 y 9), de igual manera el parámetro de T° (21 °C) cumple con la normativa establecida para los LMP (35 °C).

Tabla 9. *Resultados basales en comparación con Límites Máximos Permisibles vigentes*

Parámetro	Unidad	Basal	LMP
Cr Total	mg/L	87.05	2
Cr(VI)	mg/L	0.30	0.40
DBO ₅	mg/L	2082.00	500
pH	-	6.90	6-9
T°	°C	21.31	35
CE	mS/cm	34.93	-
SDT	ppt	17.50	-
SALT	ppt	20.58	-

4.1.2. Cuantificación de la Variación de los Parámetros Fisicoquímicos por Efecto del Tratamiento con EMa (5%) a los 30, 45 y 60 Días

En la Tabla 10 se muestran los valores obtenidos a los 30, 45 y 60 días de tratamiento por biorremediación con EMa (5%) de los efluentes de curtiembre; contrastados con los valores basales.

Se observa que hubo una reducción del 17.36% en el valor de Cr total a los 30 días, 12.69% a los 45 días y 12.96% a los 60 días con respecto al basal. Sin embargo, después de la disminución a los 30 días, se encontró un incremento de 5.66% a los 45 días y un nuevo incremento de 0.32% a los 60 días. El Cr(VI) aumentó a los 30 días de tratamiento sobre el 5767% (58.67 veces), a los 45 días incrementó en 6860% (69.6 veces) y a los 60 días en 9283.33% (93.83 veces), en comparación al valor basal.

La DBO₅ incrementó su valor a los 30, 45 y 60 días de tratamiento en 221.33% (3.21 veces), 2008.54% (21.09 veces) y 48.13% (1.48 veces) respectivamente en comparación al basal. Con relación al pH, también se observa un incremento progresivo de 2.61% (1.02 veces), 3.33% (1.03 veces) y 3.77% (1.04 veces) respectivamente, de acuerdo con el dato basal. En contraste, la temperatura (T°), disminuyó su valor en 14.08%, 13.75% y 24.59% respectivamente en comparación con el valor basal, siendo la disminución del 0.38% entre 30 y 45 días, y de 12.57% entre 45 y 60 días.

La conductividad eléctrica (CE), disminuyó progresivamente en 16.84%, 20.15% y 31.81% a los 30, 45 y 60 días de tratamiento respectivamente, de acuerdo con el valor basal. De igual modo, los sólidos disueltos totales (SDT), redujeron su valor paulatinamente en 17.26%,

20.57% y 32.23% en los 30, 45 y 60 días de tratamiento respectivamente, de acuerdo con el valor basal. Para el parámetro de salinidad se observa que, a los 30, 45 y 60 días de tratamiento, redujo gradualmente su valor en 18.03%, 21.62% y 33.24% respectivamente, comparados con el valor basal.

Tabla 10. Resultados tras el tratamiento por biorremediación a los 30, 45 y 60 días

Parámetro	UND.	Basal	B[5]		
			30 días	45 días	60 días
Cr Total	mg/L	87.05	71.94 ± 2.744	76.01 ± 6.923	75.77 ± 7.637
Cr(VI)	mg/L	0.30	17.60 ± 0.889	20.88 ± 0.742	28.15 ± 0.990
DBO ₅	mg/L	2082.00	6690 ± 197.990	43900 ± 919.239	3084 ± 253.144
pH	-	6.9	7.08 ± 0.068	7.13 ± 0.090	7.16 ± 0.121
(T°)	°C	21.31	18.31 ± 2.728	18.38 ± 2.745	16.07 ± 4.656
CE	mS/cm	34.93	29.05 ± 2.834	27.89 ± 3.037	23.82 ± 7.405
SDT	ppt	17.5	14.48 ± 1.415	13.90 ± 1.525	11.86 ± 3.700
SALT	ppt	20.58	16.87 ± 1.806	16.13 ± 1.938	13.74 ± 4.389

4.1.3. Cuantificación de la Variación de los Parámetros Físicoquímicos por Efecto del Tratamiento con *Eichhornia crassipes*, a los 30, 45 y 60 Días

En la Tabla 11 se muestran los valores obtenidos a los 30, 45 y 60 días de tratamiento por fitorremediación con *Eichhornia crassipes* de los efluentes de curtiembre; contrastados con los valores basales.

Se observa que el Cr Total a los 30 y 45 días de tratamiento incrementó su valor en 13.56% (1.14 veces) y 6.44% (1.06 veces) respectivamente, comparados con el valor basal; sin embargo, a los 60 días disminuyó su valor en 25.1% respecto al valor basal y 29.63% entre los 45 y 60 días de tratamiento. El Cr(VI) incrementó su valor a los 30, 45 y 60 días de tratamiento en 5500% (56 veces), 21150% (212.5 veces) y 10886% (109.6 veces) respectivamente, comparado con la concentración basal, siendo el incremento del 279.46% entre 30 y 45 días, y la disminución de 48.42% entre 45 y 60 días.

La DBO₅ a los 30, 45 y 60 días de tratamiento redujo gradualmente su valor en 15.66%, 1.97% y 10.52% respectivamente, comparado con el dato basal. En contraste el pH incrementó en 3.62% (1.03 veces) a los 30 días, 4.49% (1.04 veces) a los 45 días y 4.49% (1.04 veces) a los

60 días comparando con el valor basal. La temperatura redujo su valor en 18.25%, 17.64% y 16.75% respectivamente, comparado con el dato basal; sin embargo, se observa un ligero incremento posterior de 0.75% entre los 30 y 45 días, y un 1.08% entre los 45 y 60 días.

Se observa que la conductividad eléctrica (CE) disminuyó su valor gradualmente en 41.54%, 42.63% y 42.71% a los 30, 45 y 60 días de tratamiento respectivamente, contrastado con el dato basal. Con relación a los sólidos disueltos totales (SDT), se observa una disminución de 41.85%, 42.86% y 42.91% en los 30, 45 y 60 días de tratamiento respectivamente, comparado con el dato basal. Del mismo modo la salinidad redujo su valor en 44.36%, 45.33% y 45.38% en los 30, 45 y 60 días de tratamiento respectivamente, comparado con el dato basal.

Tabla 11. *Resultados tras el tratamiento por fitorremediación a los 30, 45 y 60 días*

Parámetro	UND.	Basal	F[0]		
			30 días	45 días	60 días
Cr Total	mg/L	87.05	98.85 ± 1.626	92.66 ± 6.392	65.20 ± 4.695
Cr(VI)	mg/L	0.30	16.80 ± 0.283	63.75 ± 7.283	32.88 ± 1.358
DBO ₅	mg/L	2082.00	1756 ± 5.567	2041 ± 91.924	1863 ± 7.071
pH	-	6.9	7.15 ± 0.075	7.21 ± 0.123	7.21 ± 0.112
(T°)	°C	21.31	17.42 ± 3.631	17.55 ± 3.920	17.74 ± 4.194
CE	mS/cm	34.93	20.42 ± 2.413	20.04 ± 2.119	20.01 ± 1.872
SDT	ppt	17.5	10.18 ± 1.285	10.00 ± 1.109	9.99 ± 0.975
SALT	ppt	20.58	11.45 ± 1.419	11.25 ± 1.226	11.24 ± 1.079

4.1.4. Cuantificación de la Variación de los Parámetros Físicoquímicos por Efecto del Tratamiento Mixto con Biorremediación y Fitorremediación a los 30, 45 y 60 Días

En la Tabla 12 se muestran los valores obtenidos a los 30, 45 y 60 días de tratamiento mixto con biorremediación y fitorremediación de los efluentes de curtiembre; contrastados con los valores basales.

Se observa que el Cr Total redujo su valor en 20.47% a los 30 días, 34.58% a los 45 días y 31.29% a los 60 días de tratamiento contrastado con el valor basal. Por su parte, el Cr(VI) incrementó paulatinamente en 4576.67% (46.76 veces) a los 30 días, 5266.66% (53.66 veces)

a los 45 días y 7343.33% (74.43 veces) a los 60 días de tratamiento comparado con el valor basal, observando un incremento de 14.75% entre 30 y 45 días, y de 38.7% entre 45 y 60 días.

La DBO₅, a los 30 y 45 días de tratamiento incrementó su valor en 288.57% (3.89 veces) y 709.32% (8.09 veces) con relación al valor basal; sin embargo, a los 60 días redujo en 58.50% comparado con el valor basal, alcanzando una disminución del 94.87% entre 45 y 60 días. Con relación al pH, su valor aumentó en 2.61% (1.02 veces) a los 30 días, 3.33% (1.03 veces) a los 45 días y 3.77% (1.04 veces) a los 60 días de tratamiento comparado con el valor basal. En el caso de la temperatura se observa una reducción progresiva del 15.30% a los 30 días, 29.85% a los 45 días y 35.66% a los 60 días de tratamiento respecto al dato basal.

La conductividad eléctrica (CE), redujo su valor de manera progresiva en 10.79% a los 30 días, 32.64% a los 45 días y 40.65% a los 60 días de tratamiento, comparado con el índice basal. En los sólidos disueltos totales (SDT) se observa una disminución de 11.20% a los 30 días, 33.03% a los 45 días y 41.03% a los 60 días de tratamiento, comparado con el dato basal. Del mismo modo, la salinidad, redujo su valor de manera escalonada en 11.47% a los 30 días, 21.09% a los 45 días y 24% a los 60 días de tratamiento con relación al dato basal.

Tabla 12. Resultados tras el tratamiento mixto a los 30, 45 y 60 días

Parámetro	UND.	Basal	M[5]		
			30 días	45 días	60 días
Cr Total	mg/L	87.05	69.23 ± 2.553	56.95 ± 0.460	59.81 ± 5.119
Cr(VI)	mg/L	0.30	14.03 ± 1.520	16.10 ± 0.283	22.33 ± 5.409
DBO ₅	mg/L	2082.00	8090 ± 70.711	16850 ± 3323.402	864 ± 15.556
pH	-	6.9	7.08 ± 0.069	7.13 ± 0.091	7.16 ± 0.121
(T°)	°C	21.31	18.05 ± 2.900	14.95 ± 4.812	13.71 ± 5.261
CE	mS/cm	34.93	31.16 ± 3.828	23.53 ± 7.621	20.73 ± 8.218
SDT	ppt	17.5	15.54 ± 1.941	11.72 ± 3.799	10.32 ± 4.093
SALT	ppt	20.58	18.22 ± 2.503	16.24 ± 2.044	15.64 ± 2.157

4.1.5. Contratación de los Tres Métodos de Tratamiento

a. Cromo Total

En la Tabla 13 se muestra el efecto del tratamiento por biorremediación (B[5]), fitorremediación (F[0]) y mixto (M[5]) sobre la concentración de cromo total en el efluente de curtiembre a los 30, 45 y 60 días.

El tratamiento mixto M[5] mostró una mayor remoción en los tres tiempos de tratamiento (20.47%, 34.58%, 31.29%, respectivamente) seguido del tratamiento B[5] a los 30 y 45 días (17.36% y 12.69%, respectivamente). El tratamiento F[0], a pesar de tener un incremento a los 30 y 45 días, obtuvo mayor remoción (25.1%) en el periodo de 60 días de tratamiento en comparación al B[5] (12.96%). El mayor porcentaje de remoción se obtuvo con el tratamiento de M[5] a los 45 días (34.58%).

Tabla 13. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la concentración de cromo total en el efluente a los 30, 45 y 60 días.

Tratamiento	Basal	30 días	45 días	60 días
B[5]	87.05	71.94 ± 2.744	76.01 ± 6.923	75.77 ± 7.637
F[0]	87.05	98.85 ± 1.626	92.66 ± 6.392	65.20 ± 4.695
M[5]	87.05	69.23 ± 2.553	56.95 ± 0.460	59.81 ± 5.119

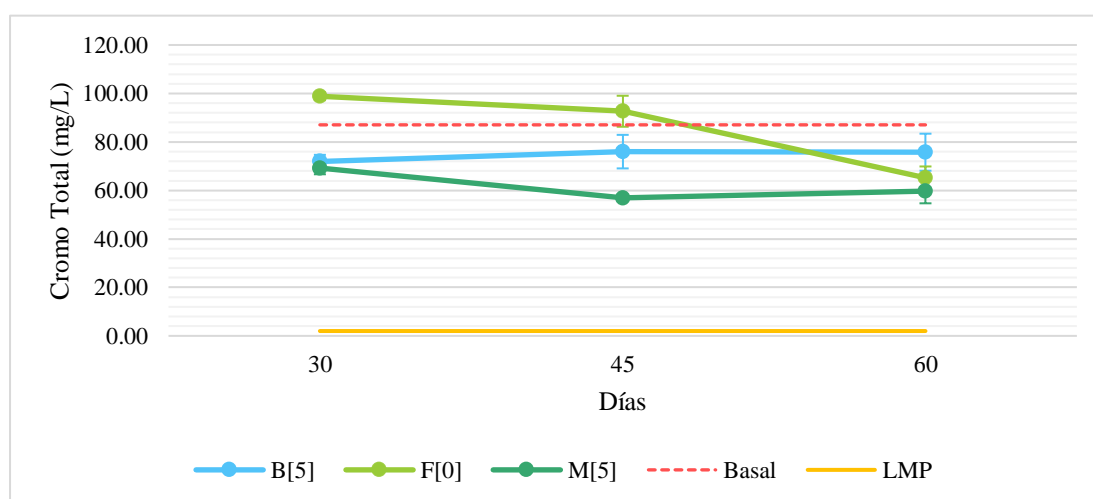


Figura 3. Cromo Total en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal y LMP.

b. Cromo (VI)

En la Tabla 14 se muestra el efecto del tratamiento por biorremediación (B[5]), fitorremediación (F[0]) y mixto (M[5]) sobre la concentración de Cr(VI) en el efluente de curtiembre a los 30, 45 y 60 días.

El tratamiento mixto M[5] mostró un menor incremento en los tres tiempos de tratamiento, 4576.67% (46.76 veces) a los 30 días, 5266.66% (53.66 veces) a los 45 días y 7343.33% (74.43 veces) a los 60 días. El tratamiento F[0] a pesar de mostrar un aumento a los 45 y 60 días, mostró un menor incremento a los 30 días con un 5500% (56 veces) en comparación con B[5] (5766.67%) (58.67 veces). El menor porcentaje de incremento se obtuvo con el tratamiento M[5] a los 30 días (46.76%).

Tabla 14. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la concentración de Cr(VI) en el efluente a los 30, 45 y 60 días.

Tratamiento	Basal	30 días	45 días	60 días
B[5]	0.30	17.60 ± 0.889	20.88 ± 0.742	28.15 ± 0.990
F[0]	0.30	16.80 ± 0.283	63.75 ± 7.283	32.88 ± 1.358
M[5]	0.30	14.03 ± 1.520	16.10 ± 0.283	22.33 ± 5.409

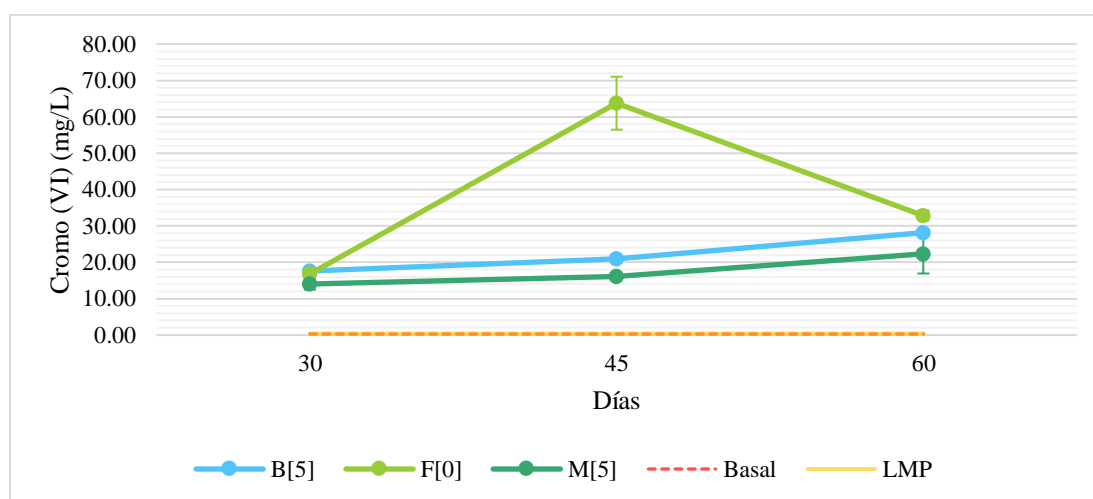


Figura 4. Cromo (VI) en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal y LMP.

c. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

En la Tabla 15 se muestra el efecto del tratamiento por biorremediación (B[5]), fitorremediación (F[0]) y mixto (M[5]) sobre la concentración de DBO₅ en el efluente de curtiembre a los 30, 45 y 60 días.

El tratamiento por biorremediación B[5] mostró un incremento en los tres tiempos de tratamiento, 221.33% (3.21 veces) a los 30 días, 2008.54% (21.09 veces) a los 45 días y 48.13% (1.48 veces) a los 60 días, seguido de M[5] con 288.57% (3.89 veces) y 709.32% (8.09 veces) a los 30 y 45 días respectivamente. A pesar de mostrar una disminución en los tres tiempos de tratamiento en F[0] (15.66%, 1.97% y 10.52% respectivamente), el tratamiento M[5] mostró el mayor porcentaje de reducción a los 60 días (58.50%).

Tabla 15. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la concentración de la DBO₅ en el efluente a los 30, 45 y 60 días

Tratamiento	Basal	30 días	45 días	60 días
B[5]	2082.00	6690 ± 197.990	43900 ± 919.239	3084 ± 253.144
F[0]	2082.00	1756 ± 5.567	2041 ± 91.924	1863 ± 7.071
M[5]	2082.00	8090 ± 70.711	16850 ± 3323.402	864 ± 15.556

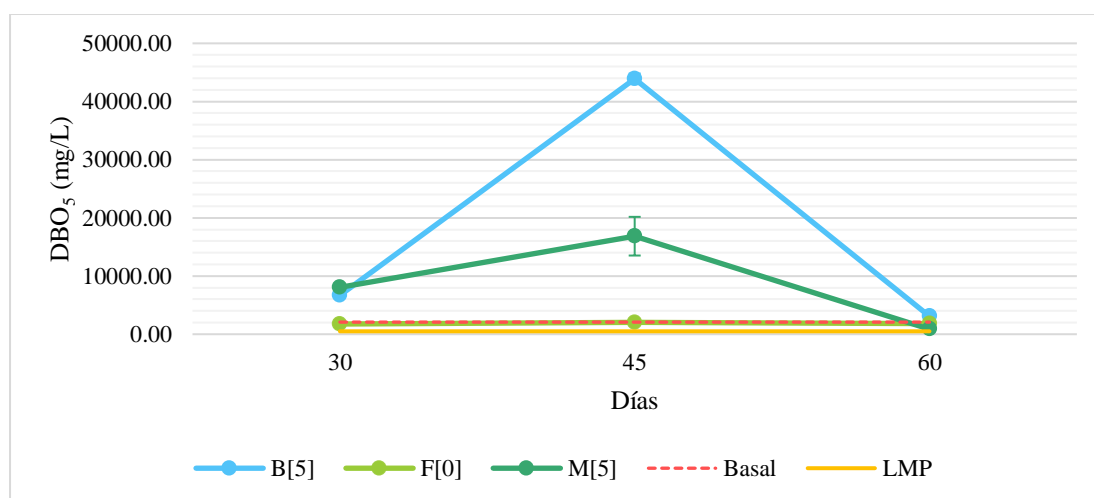


Figura 5. DBO₅ en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal y LMP.

d. pH

En la Tabla 16 se muestra el efecto del tratamiento por biorremediación (B[5]), fitorremediación (F[0]) y mixto (M[5]) sobre la concentración de pH en el efluente de curtiembre a los 30, 45 y 60 días.

El tratamiento mixto M[5] y de biorremediación B[5] mostraron un menor aumento de pH en los tres tiempos de tratamiento, 2.61% (1.02 veces) a los 30 días, 3.33% (1.03 veces) a los 45 días y 3.77% (1.04 veces) a los 60 días, valores que se repiten en ambos tratamientos, contrastados con el tratamiento F[0] con incrementos de 3.62% (1.03 veces) a los 30 días, 4.49% (1.04 veces) a los 45 días y 4.49% (1.04 veces) a los 60 días.

Tabla 16. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto el pH en el efluente a los 30, 45 y 60 días

Tratamiento	Basal	Media según días de tratamiento		
		30 días	45 días	60 días
B[5]	6.90	7.08 ± 0.068	7.13 ± 0.090	7.16 ± 0.121
F[0]	6.90	7.15 ± 0.075	7.21 ± 0.123	7.21 ± 0.112
M[5]	6.90	7.08 ± 0.069	7.13 ± 0.091	7.16 ± 0.121

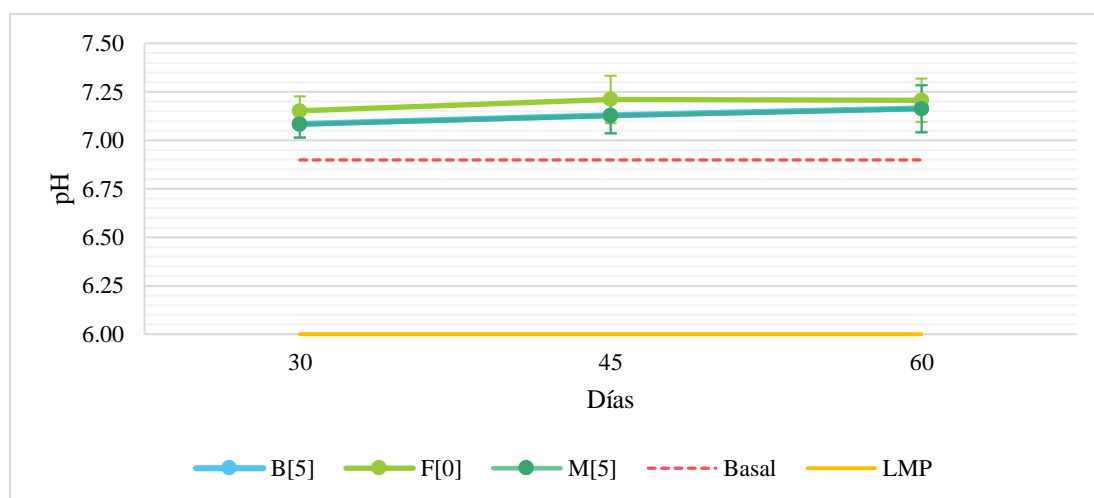


Figura 6. pH en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal y LMP.

e. Temperatura (T°)

En la Tabla 17 se muestra el efecto del tratamiento por biorremediación (B[5]), fitorremediación (F[0]) y mixto (M[5]) sobre la temperatura en el efluente de curtiembre a los 30, 45 y 60 días

El tratamiento mixto M[5] mostró una mayor disminución a los 45 y 60 días de tratamiento con 29.85% y 35.66% respectivamente, seguido del tratamiento B[5] a los 60 días (24.59%). F[0] mostró una mayor disminución a los 30 y 45 días (18.25%, 17.64%, respectivamente) en comparación con B[5] (14.08%, 13.75%, respectivamente).

Tabla 17. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la T° en el efluente a los 30, 45 y 60 días.

Tratamiento	Basal	Media según días de tratamiento		
		30 días	45 días	60 días
B[5]	21.31	18.31 ± 2.728	18.38 ± 2.745	16.07 ± 4.656
F[0]	21.31	17.42 ± 3.631	17.55 ± 3.920	17.74 ± 4.194
M[5]	21.31	18.05 ± 2.900	14.95 ± 4.812	13.71 ± 5.261

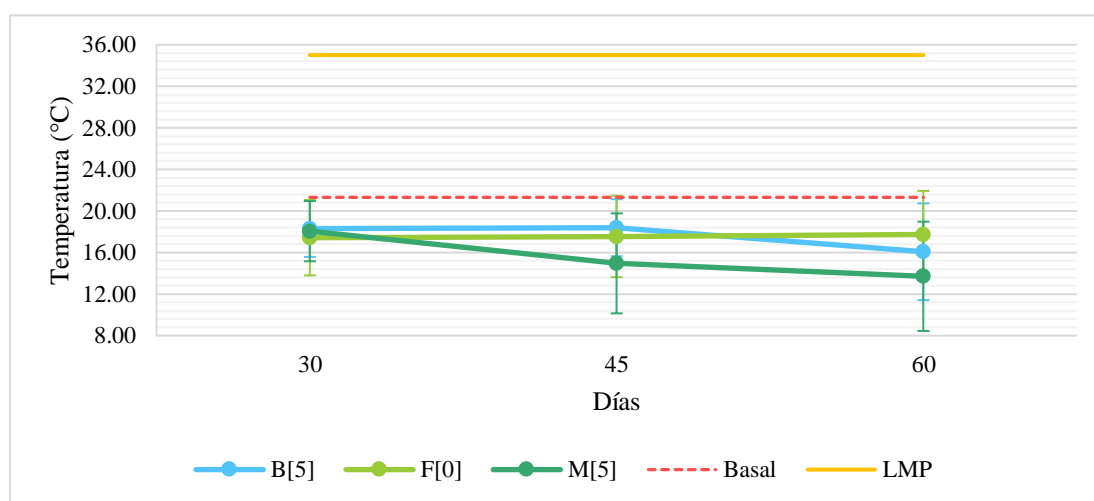


Figura 7. Temperatura en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal y LMP.

f. Conductividad Eléctrica (CE)

En la Tabla 18 se muestra el efecto del tratamiento por biorremediación (B[5]), fitorremediación (F[0]) y mixto (M[5]) sobre la CE en el efluente de curtiembre a los 30, 45 y 60 días.

El tratamiento por fitorremediación F[0] mostró mayor disminución en los tres tiempos de tratamiento, 41.54% a los 30 días, 42.63% a los 45 días y 42.71% a los 60 días, seguido de M[5], que a los 45 y 60 días (32.64% y 40.65% respectivamente) se observó mayor disminución que en B[5] (20.15% y 31.81% respectivamente).

Tabla 18. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la CE en el efluente a los 30, 45 y 60 días.

Tratamiento	Basal	Media según días de tratamiento		
		30 días	45 días	60 días
B[5]	34.93	29.05 ± 2.834	27.89 ± 3.037	23.82 ± 7.405
F[0]	34.93	20.42 ± 2.413	20.04 ± 2.119	20.01 ± 1.872
M[5]	34.93	31.16 ± 3.828	23.53 ± 7.621	20.73 ± 8.218

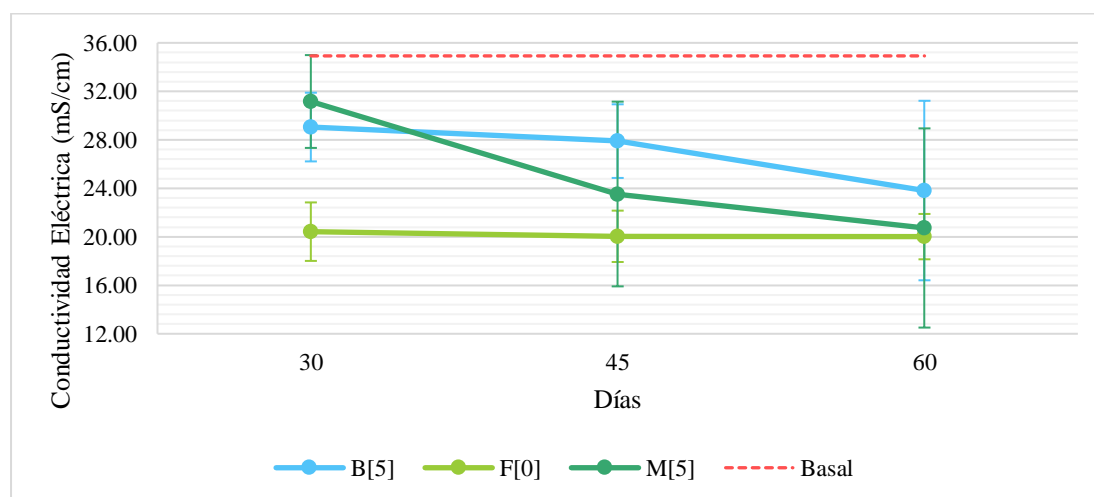


Figura 8. Conductividad eléctrica en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal.

g. Sólidos Disueltos Totales (SDT)

En la Tabla 19 se muestra el efecto del tratamiento por biorremediación (B[5]), fitorremediación (F[0]) y mixto (M[5]) sobre la concentración SDT en el efluente de curtiembre a los 30, 45 y 60 días.

El tratamiento por fitorremediación F[0] mostró mayor reducción en los tres tiempos de tratamiento, siendo 41.85%, 42.86% y 42.91% a los 30, 45 y 60 días respectivamente, seguido de M[5], que en los tiempos de 45 y 60 días (33.03% y 41.03% respectivamente) se observó mayor disminución que en B[5] (20.57% y 32.23% respectivamente). Cabe resaltar que el tratamiento F[0] muestra el mayor porcentaje de reducción a los 60 días (42.91%).

Tabla 19. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la concentración SDT en el efluente a los 30, 45 y 60 días.

Tratamiento	Basal	Media según días de tratamiento		
		30 días	45 días	60 días
B[5]	17.50	14.48 ± 1.415	13.90 ± 1.525	11.86 ± 3.700
F[0]	17.50	10.18 ± 1.285	10.00 ± 1.109	9.99 ± 0.975
M[5]	17.50	15.54 ± 1.941	11.72 ± 3.799	10.32 ± 4.093

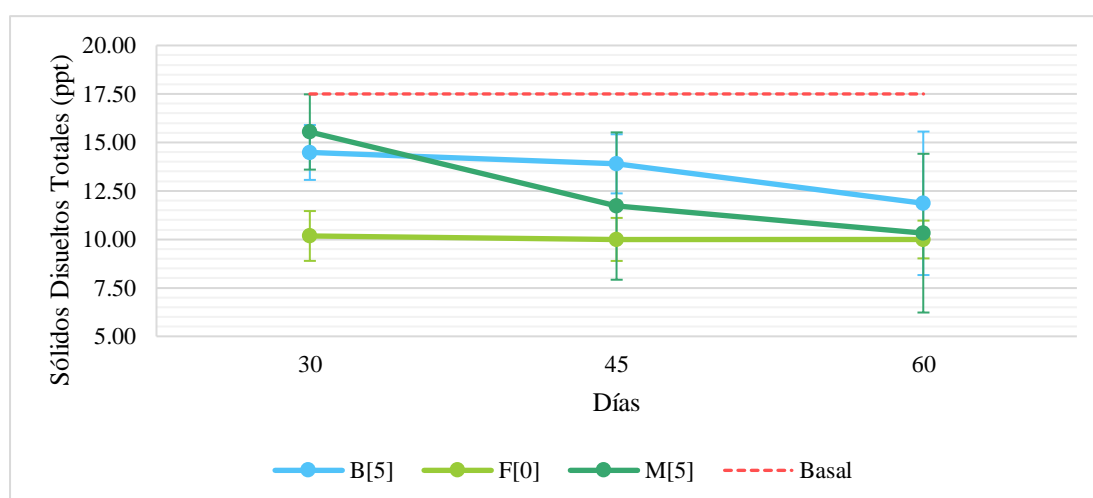


Figura 9. Sólidos disueltos totales en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación a basal.

h. Salinidad

En la Tabla 20 se muestra el efecto del tratamiento por biorremediación (B[5]), fitorremediación (F[0]) y mixto (M[5]) sobre la salinidad en el efluente de curtiembre a los 30, 45 y 60 días.

El tratamiento por fitorremediación F[0] mostró mayor disminución en los tres tiempos de tratamiento, siendo 44.36%, 45.33% y 45.38% a los 30, 45 y 60 días respectivamente, seguido de B[5], que, en los tiempos de 30, 45 y 60 días (18.03%, 21.62% y 33.24% respectivamente) se observó mayor disminución que en M[5] (11.47%, 21.09% y 24% respectivamente).

Tabla 20. Efecto del tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto sobre la Salinidad en el efluente a los 30, 45 y 60 días.

Tratamiento	Basal	Media según días de tratamiento		
		30 días	45 días	60 días
B[5]	20.58	16.87 ± 1.806	16.13 ± 1.938	13.74 ± 4.389
F[0]	20.58	11.45 ± 1.419	11.25 ± 1.226	11.24 ± 1.079
M[5]	20.58	18.22 ± 2.503	16.24 ± 2.044	15.64 ± 2.157

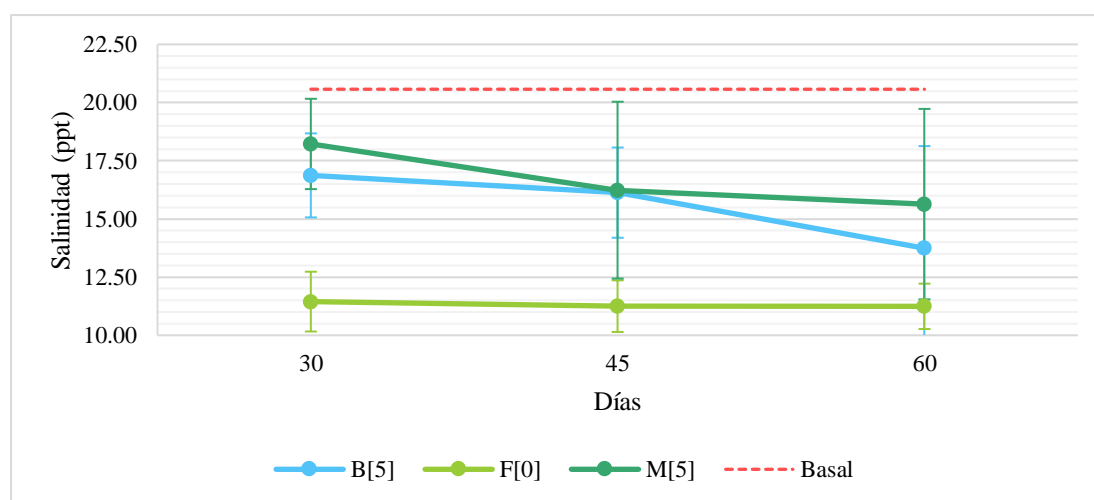


Figura 10. Salinidad en el efluente tras los tratamientos de biorremediación, fitorremediación y mixto a los 30, 45 y 60 días en comparación al basal.

4.2. Comprobación de Hipótesis

4.2.1. Hipótesis 1

Los parámetros basales fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre del Parque Industrial de Río Seco – Arequipa superan los LMP vigentes.

a. Comparación

En la Tabla 9 se comparan los datos basales con los Límites Máximos Permisibles (LMP) aplicables, evidenciando que el Cr Total (87.05 mg/L), supera excesivamente los LMP (2 mg/L). Caso contrario sucede en la concentración de Cr(VI), ya que el dato basal (0.30 mg/L) es inferior a los LMP (0.40 mg/L). En cambio, la DBO₅ basal (2082 mg/L) supera los LMP (500 mg/L). Finalmente, el valor basal del pH (6.90) y la T° (21.31 °C), son inferiores a los LMP. Y en cuanto a la conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y salinidad, no hay valores referenciales en la normativa vigente aplicable al sector.

b. Regla de Decisión

H₀: Los valores basales superan los LMP.

H₁: Los valores basales no superan los LMP.

c. Decisión Sobre la H₀

Para Cr Total y DBO₅, se acepta la H₀. Mientras que para Cr(VI), pH y T°, se rechaza la H₀ y se acepta H₁.

d. Redacción de la Conclusión

Existe evidencia para sustentar que los valores de Cr Total y DBO₅ superan los LMP, mientras que para los valores de Cr(VI), pH y T°, no se incumple la normativa aplicada.

4.2.2. Hipótesis 2

Los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre por efecto del tratamiento con EMa (5%) difieren con respecto al basal y entre los diferentes periodos de tratamiento.

a. Evaluación de la Normalidad

Tabla 21. Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el tratamiento por biorremediación

Parámetro	Periodo de Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CrTB ₅	30 días	0.219	3		0.987	3	0.781
	45 días	0.295	3		0.920	3	0.452
	60 días	0.294	3		0.921	3	0.454
CrVIB ₅	30 días	0.299	3		0.915	3	0.433
	45 días	0.343	3		0.844	3	0.224
	60 días	0.300	3		0.913	3	0.430
DBOB ₅	30 días	0.314	3		0.893	3	0.363
	45 días	0.228	3		0.982	3	0.742
	60 días	0.331	3		0.864	3	0.280
pHB ₅	30 días	0.076	90	0.200*	0.981	90	0.207
	45 días	0.063	134	0.200*	0.992	134	0.6
	60 días	0.067	181	0.044	0.956	181	0
TB ₅	30 días	0.069	90	0.200*	0.975	90	0.086
	45 días	0.067	134	0.200*	0.974	134	0.011
	60 días	0.106	181	0	0.951	181	0
CEB ₅	30 días	0.069	90	0.200*	0.975	90	0.078
	45 días	0.07	134	0.200*	0.975	134	0.014
	60 días	0.197	181	0	0.855	181	0
SDTB ₅	30 días	0.076	90	0.200*	0.97	90	0.034
	45 días	0.07	134	0.196	0.973	134	0.009
	60 días	0.192	181	0	0.855	181	0
SALTB ₅	30 días	0.076	90	0.200*	0.977	90	0.104
	45 días	0.072	134	0.087	0.977	134	0.024
	60 días	0.171	181	0	0.873	181	0

Nota: *Este es un límite inferior de la significación verdadera. ^aCorrección de la significación de Lilliefors

H₀: Los datos presentan distribución normal (p>0.05)

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

Conclusión: Según la prueba de KS, la mayor parte de datos presenta distribución normal ($p > 0.05$). Según la prueba de SW, los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$).

b. Evaluación de la Igualdad de Varianzas

Tabla 22. Prueba de homogeneidad de varianza en los datos obtenidos en el tratamiento por biorremediación

Parámetro	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CrTB ₅	0.000	2	0	0.000
CrVIB ₅	0.289	2	4	0.763
DBOB ₅	4.153E+15	2	3	0.000
pHB ₅	12.623	2	402	0.000
TB ₅	33.168	2	402	0.000
CEB ₅	73.356	2	402	0.000
SDTB ₅	72.971	2	402	0.000
SALTB ₅	63.664	2	402	0.000

Conclusión: Según el estadístico de Levene, los datos no presentan homogeneidad de varianza, excepto Cr(VI).

c. Tipo de Prueba a Aplicar

Se aplica la prueba de T de Student para el contraste del tiempo de tratamiento con el basal y la prueba de ANOVA para el contraste entre los tiempos de tratamiento.

d. Procedimiento

- **Expresión simbólica de las hipótesis**

Para la prueba de T

$H_0: \mu_{\text{días de tratamiento}} = \text{valor basal}$

$H_1: \mu_{\text{días de tratamiento}} \neq \text{valor basal}$

Para la prueba de ANOVA

$H_0: \mu_{30 \text{ días}} = \mu_{45 \text{ días}} = \mu_{60 \text{ días}}$

$$H_1: \mu_{30 \text{ días}} \neq \mu_{45 \text{ días}} \neq \mu_{60 \text{ días}}$$

- **Nivel de significancia**

$$\alpha = 0.05$$

e. Cálculo del Estadístico de la Prueba T

Tabla 23. Prueba T para una muestra de los datos obtenidos en el tratamiento por biorremediación

Parámetro	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Valor de prueba = 87.05						
CrT30B5	-7.789	1	0.081	-15.11	-39.76	9.54
CrT45B5	-2.256	1	0.266	-11.045	-73.2419	51.1519
CrT60B5	-2.089	1	0.284	-11.28	-79.8935	57.3335
Valor de prueba = 0.30						
CrVI30B5	33.713	2	0.001	17.3	15.0921	19.5079
CrVI45B5	39.19	1	0.016	20.575	13.9042	27.2458
CrVI60B5	39.786	1	0.016	27.85	18.9557	36.7443
Valor de prueba = 2082.00						
DBO30B5	32.914	1	0.019	4608	2829.1313	6386.8687
DBO45B5	64.335	1	0.01	41818	33558.9669	50077.0331
DBO60B5	5.598	1	0.113	1002	-1272.4106	3276.4106
Valor de prueba = 6.9						
pH30B5	25.548	89	0	0.18411	0.1698	0.1984
pH45B5	29.295	133	0	0.22806	0.2127	0.2435
pH60B5	29.422	180	0	0.26448	0.2467	0.2822
Valor de prueba = 21.31						
T30B5	-10.444	89	0	-3.00367	-3.5751	-2.4322
T45B5	-12.335	133	0	-2.92545	-3.3946	-2.4563
T60B5	-15.132	180	0	-5.23696	-5.9199	-4.5541
Valor de prueba = 34.93						
CE30B5	-19.668	89	0	-5.87622	-6.4699	-5.2826
CE45B5	-26.817	133	0	-7.03612	-7.5551	-6.5171
CE60B5	-20.194	180	0	-11.11425	-12.2003	-10.0282

Valor de prueba = 17.50						
SDT30B5	-20.22	89	0	-3.01678	-3.3132	-2.7203
SDT45B5	-27.361	133	0	-3.60366	-3.8642	-3.3431
SDT60B5	-20.508	180	0	-5.63994	-6.1826	-5.0973
Valor de prueba = 20.58						
SALT30B5	-19.486	89	0	-3.70889	-4.0871	-3.3307
SALT45B5	-26.577	133	0	-4.45045	-4.7817	-4.1192
SALT60B5	-20.963	180	0	-6.83878	-7.4825	-6.195

- **Regla de decisión**

H_0 : Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H_1 : Los valores entre grupos no son iguales $p < 0.05$

- **Decisión sobre la H_0**

Para Cr Total y DBO_5 (60 días) se acepta la H_0 , mientras que para DBO_5 (30 y 45 días) se rechaza la H_0 y se acepta H_1 . Para Cr(VI), pH, T° , CE, SDT y SALT se rechaza la H_0 y se acepta H_1 en todos los tiempos de tratamiento.

- **Redacción de la conclusión**

Existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de Cr Total y DBO_5 (60 días) no difieren del valor basal, mientras que los valores de Cr(VI), pH, T° , CE, SDT y SALT y DBO_5 (30 y 45 días) de los diferentes periodos de tratamiento sí difieren del valor basal.

f. Cálculo del Estadístico de Prueba de ANOVA

Tabla 24. Prueba ANOVA de un factor para los datos obtenidos en el tratamiento por biorremediación

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CrTB5	Inter-grupos	20.832233	2	10.416117	0.2746643	0.7770743
	Intra-grupos	113.76925	3	37.923083		
	Total	134.60148	5			
CrVIB5	Inter-grupos	134.83875	2	67.419375	86.678184	0.0005087

	Intra-grupos	3.11125	4	0.7778125		
	Total	137.95	6			
	Inter-grupos	2.042E+09	2	1.021E+09	3230.6141	9.998E-06
DBOB5	Intra-grupos	948282	3	316094		
	Total	2.043E+09	5			
	Inter-grupos	0.397	2	.198	19.313	0.000
pHB5	Intra-grupos	4.129	402	.010		
	Total	4.525	404			
	Inter-grupos	520.774	2	260.387	18.803	0.000
TB5	Intra-grupos	5567.075	402	13.848		
	Total	6087.848	404			
	Inter-grupos	2139.620	2	1069.810	36.412	0.000
CEB5	Intra-grupos	11811.027	402	29.381		
	Total	13950.647	404			
	Inter-grupos	535.343	2	267.671	36.458	0.000
SDTB5	Intra-grupos	2951.423	402	7.342		
	Total	3486.765	404			
	Inter-grupos	752.003	2	376.002	35.503	0.000
SALTB5	Intra-grupos	4257.412	402	10.591		
	Total	5009.416	404			

Tabla 25. Comparaciones múltiples de Tukey y Dunnett en los datos obtenidos en el tratamiento por biorremediación

Variable dependiente			Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
CrTB5	T3 de Dunnett	30 días	45 días	-4.06500	5.26542	0.832	-66.1407	58.0107
			60 días	-3.83000	5.73791	0.875	-76.9909	69.3309
		45 días	30 días	4.06500	5.26542	0.832	-58.0107	66.1407
			60 días	.23500	7.28842	1.000	-46.4743	46.9443
		60 días	30 días	3.83000	5.73791	0.875	-69.3309	76.9909
			45 días	-.23500	7.28842	1.000	-46.9443	46.4743
CrVIB5	HSD de Tukey	30 días	45 días	-3.27500*	0.8050945	0.032803	-6.144348	-0.405652
			60 días	-10.55000*	0.8050945	0.000437	-13.41935	-7.680652
		45 días	30 días	3.27500*	0.8050945	0.032803	0.4056522	6.1443478
			60 días	-7.27500*	0.8819368	0.0026117	-10.41821	-4.131787
		60 días	30 días	10.55000*	0.8050945	0.000437	7.6806522	13.419348
			45 días	7.27500*	0.8819368	0.0026117	4.1317869	10.418213
DBOB5	T3 de Dunnett	30 días	45 días	-37210.00000*	664.90601	0.014	-48560.0190	-25859.9810
			60 días	3606.00000*	227.24656	0.010	2068.1229	5143.8771
		45 días	30 días	37210.00000*	664.90601	0.014	25859.9810	48560.0190
			60 días	40816.00000*	674.19656	0.010	30563.4781	51068.5219
		60 días	30 días	-3606.00000*	562.22238	0.0156354	-5955.369	-1256.631
			45 días	-40816.00000*	562.22238	1.652E-05	-43165.37	-38466.63
pHB5	T3 de Dunnett	30 días	45 días	-.04395*	0.01061	0	-0.0695	-0.0184

			60 días	-.08036*	0.01152	0	-0.108	-0.0527
		45 días	30 días	.04395*	0.01061	0	0.0184	0.0695
			60 días	-.03642*	0.01189	0.007	-0.065	-0.0079
		60 días	30 días	.08036*	0.01152	0	0.0527	0.108
			45 días	.03642*	0.01189	0.007	0.0079	0.065
			45 días	-0.07822	0.37277	0.995	-0.9759	0.8194
		30 días	60 días	2.23329*	0.44997	0	11.522	33.144
			30 días	0.07822	0.37277	0.995	-0.8194	0.9759
TB5	T3 de Dunnett	45 días	60 días	2.31151*	0.41955	0	13.043	33.187
			30 días	-2.23329*	0.44997	0	-33.144	-11.522
		60 días	45 días	-2.31151*	0.41955	0	-33.187	-13.043
			45 días	1.15990*	0.39763	0.012	0.2027	21.171
		30 días	60 días	5.23803*	0.62625	0	37.332	67.428
			30 días	-1.15990*	0.39763	0.012	-21.171	-0.2027
CEB5	T3 de Dunnett	45 días	60 días	4.07813*	0.60972	0	26.129	55.433
			30 días	-5.23803*	0.62625	0	-67.428	-37.332
		60 días	45 días	-4.07813*	0.60972	0	-55.433	-26.129
			45 días	.58688*	0.19902	0.011	0.1078	10.659
		30 días	60 días	2.62317*	0.31287	0	18.714	33.750
			30 días	-.58688*	0.19902	0.011	-10.659	-0.1078
		45 días	60 días	2.03629*	0.30492	0	13.036	27.690
			30 días	-2.62317*	0.31287	0	-33.750	-18.714
SDTB5	T3 de Dunnett	60 días	45 días	-2.03629*	0.30492	0	-27.690	-13.036

		30 días	45 días	.74156*	0.25352	0.011	0.1313	13.518
			60 días	3.12990*	0.3777	0	22.224	40.374
SALTB5	T3 de Dunnett	45 días	30 días	-.74156*	0.25352	0.011	-13.518	-0.1313
			60 días	2.38834*	0.3667	0	15.073	32.694
		60 días	30 días	-3.12990*	0.3777	0	-40.374	-22.224
			45 días	-2.38834*	0.3667	0	-32.694	-15.073

Nota: *La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

- **Regla de decisión**

H_0 : Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H_1 : Los valores entre grupos no son iguales $p < 0.05$

- **Decisión sobre la H_0**

Para Cr Total se acepta la H_0 entre los tiempos de tratamiento. Para Cr(VI), DBO_5 , pH, CE, SDT y SALT se rechaza la H_0 y se acepta H_1 entre todos los tiempos de tratamiento. Para T° , se acepta H_0 entre los tratamientos de 30 y 45 días.

- **Redacción de la conclusión**

Existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de Cr Total son iguales entre los diferentes tiempos de tratamiento. Por otro lado, Cr(VI), DBO_5 , pH, CE, SDT y SALT difieren entre los tiempos de tratamiento. En el caso de T° , existe diferencia significativa entre el tratamiento de 60 días con los tratamientos de 30 y 45 días, mientras que, entre 30 y 45 días, no hay diferencia significativa.

4.2.3. Hipótesis 3

Los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre por efecto del tratamiento con *Eichhornia crassipes* difieren con respecto al basal y entre los diferentes tiempos de tratamiento.

a. Evaluación de la Normalidad

Tabla 26. Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación

Periodo de Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CrTF0	30 días	0.355	3	0.820	3	0.162
	45 días	0.228	3	0.982	3	0.744
	60 días	0.360	3	0.809	3	0.136
CrVIF0	30 días	0.370	3	0.786	3	0.081
	45 días	0.177	3	1.000	3	0.964

	60 días	0.347	3		0.836	3	0.203
DBOF0	30 días	0.314	3		0.893	3	0.363
	45 días	0.235	3		0.978	3	0.714
	60 días	0.341	3		0.847	3	0.232
pHF0	30 días	0.102	90	0.022	0.969	90	0.032
	45 días	0.092	134	0.008	0.911	134	0.000
	60 días	0.094	181	0.001	0.913	181	0.000
TF0	30 días	0.115	90	0.005	0.954	90	0.003
	45 días	0.088	134	0.012	0.955	134	0.000
	60 días	0.084	181	0.003	0.953	181	0.000
CEF0	30 días	0.112	90	0.007	0.890	90	0.000
	45 días	0.134	134	0.000	0.854	134	0.000
	60 días	0.132	181	0.000	0.854	181	0.000
SDTF0	30 días	0.143	90	0.000	0.842	90	0.000
	45 días	0.165	134	0.000	0.800	134	0.000
	60 días	0.143	181	0.000	0.801	181	0.000
SALTF0	30 días	0.158	90	0.000	0.840	90	0.000
	45 días	0.169	134	0.000	0.799	134	0.000
	60 días	0.150	181	0.000	0.798	181	0.000

Nota: *Este es un límite inferior de la significación verdadera. ^aCorrección de la significación de Lilliefors.

H₀: Los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$)

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

Conclusión: Según la prueba de KS, los datos no presentan distribución normal ($p < 0.05$), y según la prueba de SW, los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$).

b. Evaluación de la Igualdad de Varianzas

Tabla 27. Prueba de homogeneidad de varianza en los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación

Parámetro	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CrTF0	0.000	2	0	0.000
CrVIF0	6.001E+15	2	3	0.000
DBOF0	5.152E+17	2	3	0.000

Conclusión: Según el estadístico de Levene, los datos no presentan homogeneidad de varianza.

Para los parámetros de campo, no aplica.

c. Tipo de Prueba a Aplicar

Se aplica la prueba de T de Student para el contraste del tiempo de tratamiento con el basal de los parámetros Cr Total, Cr(VI) y DBO₅ y la prueba de ANOVA para el contraste entre los tiempos de tratamiento. Se aplica la prueba de Wilcoxon para el contraste del tiempo de tratamiento con el basal de los parámetros pH, T°, CE, SDT y SALT, y la prueba de Friedman para muestras relacionadas en el contraste entre los tiempos de tratamiento.

d. Procedimiento

- **Expresión simbólica de las hipótesis**

Para la prueba de T

$$H_0: \mu_{\text{días de tratamiento}} = \text{valor basal}$$

$$H_1: \mu_{\text{días de tratamiento}} \neq \text{valor basal}$$

Para la prueba de ANOVA

$$H_0: \mu_{30 \text{ días}} = \mu_{45 \text{ días}} = \mu_{60 \text{ días}}$$

$$H_1: \mu_{30 \text{ días}} \neq \mu_{45 \text{ días}} \neq \mu_{60 \text{ días}}$$

Para la prueba Wilcoxon

$$H_0: Me_{\text{días de tratamiento}} = \text{valor basal}$$

$$H_1: Me_{\text{días de tratamiento}} \neq \text{valor basal}$$

Para la prueba de Friedman

$$H_0: Me_{30 \text{ días}} = Me_{45 \text{ días}} = Me_{60 \text{ días}}$$

$$H_1: Me_{30 \text{ días}} \neq Me_{45 \text{ días}} \neq Me_{60 \text{ días}}$$

- **Nivel de significancia**

$$\alpha = 0.05$$

e. Cálculo del Estadístico de Prueba T

Tabla 28. Prueba T para una muestra de los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Valor de prueba = 87.05						
CrT30F0	10.243	1	0.062	1.178.000	-28.321	263.921
CrT45F0	1.237	1	0.433	559.000	-518.420	630.220
CrT60F0	-6.587	1	0.096	-2.187.000	-640.546	203.146
Valor de prueba = 0.30						
CrVI30F0	82.500	1	0.008	16.50000	13.9588	19.0412
CrVI45F0	12.320	1	0.052	63.45000	-1.9870	128.8870
CrVI60F0	33.938	1	0.019	32.58000	20.3820	44.7780
Valor de prueba = 2082.00						
DBO30F0	-81.500	1	0.008	-326.00000	-376.8248	-275.1752
DBO45F0	-0.631	1	0.642	-41.00000	-866.9033	784.9033
DBO60F0	-43.800	1	0.015	-219.00000	-282.5310	-155.4690

f. Cálculo del Estadístico de la Prueba de Wilcoxon

Tabla 29. Prueba de Wilcoxon para los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La media de pH30F0 es igual a 6.900	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
2	La media de pH45F0 es igual a 6.900	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
3	La media de pH60F0 es igual a 6.900	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
4	La media de T30F0 es igual a 21.310	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.

5	La media de T45F0 es igual a 21.310	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
6	La media de T60F0 es igual a 21.310	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
7	La media de CE0F0 es igual a 34.930	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
8	La media de CE45F0 es igual a 34.930	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
9	La media de CE60F0 es igual a 34.930	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
10	La media de SDT30F0 es igual a 21.312	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
11	La media de SDT45F0 es igual a 17.500	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
12	La media de SDT60F0 es igual a 17.500	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
13	La media de SALT30F0 es igual a 20.580	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
14	La media de SALT45F0 es igual a 20.580	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
15	La media de SALT60F0 es igual a 20.580	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.

- **Regla de decisión**

H_0 : Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H_1 : Los valores entre grupos no son iguales $p < 0.05$

- **Decisión sobre la H_0**

Para Cr Total, Cr(VI) 45 días y DBO₅ 45 días, se acepta la H_0 . Mientras que para Cr(VI) y DBO₅ (30 y 60 días) se rechaza la H_0 y se acepta H_1 . Para pH, T°, CE, SDT y SALT se rechaza la H_0 y se acepta H_1 en todos los tiempos de tratamiento.

- **Redacción de la conclusión**

Existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de Cr Total y Cr(VI) 45 días y DBO₅ 45 días no difieren del valor basal. En contraste, no existe evidencia muestral para sustentar que los valores de Cr(VI) y DBO₅ (30 y 60 días) y de pH, T°, CE, SDT y SALT, de los diferentes periodos de tratamiento son iguales al valor basal, por lo que estos valores son diferentes entre periodos de tratamiento y el valor basal.

g. Cálculo del Estadístico de Prueba ANOVA

Tabla 30. *Prueba ANOVA de un factor para los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación*

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CrTF0	Inter-grupos	1283.127	2	641.563	29.362	0.011
	Intra-grupos	65.551	3	21.850		
	Total	1348.677	5			
CrVIF0	Inter-grupos	2277.217	2	1138.609	62.142	0.004
	Intra-grupos	54.968	3	18.323		
	Total	2332.185	5			
DBOF0	Inter-grupos	82905.333	2	41452.667	14.575	0.029
	Intra-grupos	8532.000	3	2844.000		
	Total	91437.333	5			

Tabla 31. Comparaciones múltiples de Dunnett en los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación

Variable dependiente			Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
CrTF0	T3 de Dunnett	30 días	45 días	6.19000	4.66400	0.627	-67.7718	80.1518
			60 días	33.65000	3.51353	0.073	-12.3938	79.6938
		45 días	30 días	-6.19000	4.66400	0.627	-80.1518	67.7718
			60 días	27.46000	5.60828	0.094	-11.8690	66.7890
		60 días	30 días	-33.65000	3.51353	0.073	-79.6938	12.3938
			45 días	-27.46000	5.60828	0.094	-66.7890	11.8690
CrVIF0	T3 de Dunnett	30 días	45 días	-46.95000	5.15388	0.115	-155.0903	61.1903
			60 días	-16.08000	0.98061	0.053	-33.0305	0.8705
		45 días	30 días	46.95000	5.15388	0.115	-61.1903	155.0903
			60 días	30.87000	5.23871	0.162	-63.1214	124.8614
		60 días	30 días	16.08000	0.98061	0.053	-.8705	33.0305
			45 días	-30.87000	5.23871	0.162	-124.8614	63.1214
DBOF0	T3 de Dunnett	30 días	45 días	-285.00000	65.12296	0.234	-1635.8597	1065.8597
			60 días	-107.00000*	6.40312	0.009	-149.8537	-64.1463
		45 días	30 días	285.00000	65.12296	0.234	-1065.8597	1635.8597
			60 días	178.00000	65.19202	0.362	-1160.0189	1516.0189
		60 días	30 días	107.00000*	6.40312	0.009	64.1463	149.8537
			45 días	-178.00000	65.19202	0.362	-1516.0189	1160.0189

Nota: *La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Tabla 32. Comparaciones múltiples de Tukey en los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación

Variable dependiente			Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%			
						Límite inferior	Límite superior		
CrTF0	HSD de Tukey	30 días	45 días	6.19000	4.67442	0.475	-13.3431	25.7231	
			60 días	33.65000*	4.67442	0.011	14.1169	53.1831	
		45 días	30 días	-6.19000	4.67442	0.475	-25.7231	13.3431	
			60 días	27.46000*	4.67442	0.020	7.9269	46.9931	
	60 días	30 días	-33.65000*	4.67442	0.011	-53.1831	-14.1169		
		45 días	-27.46000*	4.67442	0.020	-46.9931	-7.9269		
	CrVIF0	HSD de Tukey	30 días	45 días	-46.95000*	4.28051	0.003	-64.8370	-29.0630
				60 días	-16.08000	4.28051	0.066	-33.9670	1.8070
45 días			30 días	46.95000*	4.28051	0.003	29.0630	64.8370	
			60 días	30.87000*	4.28051	0.011	12.9830	48.7570	
60 días		30 días	16.08000	4.28051	0.066	-1.8070	33.9670		
		45 días	-30.87000*	4.28051	0.011	-48.7570	-12.9830		
DBOF0		HSD de Tukey	30 días	45 días	-285.00000*	53.32917	0.026	-507.8475	-62.1525
				60 días	-107.00000	53.32917	0.257	-329.8475	115.8475
	45 días		30 días	285.00000*	53.32917	0.026	62.1525	507.8475	
			60 días	178.00000	53.32917	0.088	-44.8475	400.8475	
	60 días	30 días	107.00000	53.32917	0.257	-115.8475	329.8475		
		45 días	-178.00000	53.32917	0.088	-400.8475	44.8475		

Nota: * La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

h. Cálculo del Estadístico de Prueba de Friedman

Tabla 33. Prueba de dos vías de Friedman para los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones de pH30F0, pH45F0 y pH60F0 son las mismas.	Análisis de dos vías de Friedman de varianza por rangos de muestras relacionadas	0.241	Retener la hipótesis nula.
2	Las distribuciones de T30F0, T45F0 y T60F0 son las mismas.	Análisis de dos vías de Friedman de varianza por rangos de muestras relacionadas	0.000	Rechaza la hipótesis nula.

3	Las distribuciones de CE30F0, CE45F0 y CE60F0 son las mismas.	Análisis de dos vías de Friedman de varianza por rangos de muestras relacionadas	0.989	Retener la hipótesis nula.
4	Las distribuciones de SDT30F0, SDT45F0 y SDT60F0 son las mismas.	Análisis de dos vías de Friedman de varianza por rangos de muestras relacionadas	0.830	Retener la hipótesis nula.
5	Las distribuciones de SALT30F0, SALT45F0 y SALT60F0 son las mismas.	Análisis de dos vías de Friedman de varianza por rangos de muestras relacionadas	0.830	Retener la hipótesis nula.

Tabla 34. Comparaciones múltiples entre los datos obtenidos en el tratamiento por fitorremediación

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
T45F0-T60F0	0.000	0.149	0.000	1.000	1.000
T45F0-T30F0	0.450	0.149	3.019	0.003	0.008
T60F0-T30F0	0.450	0.149	3.019	0.003	0.088

Nota: Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es 0.05.

- **Regla de decisión**

H_0 : Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H_1 : Los valores entre grupos no son iguales $p < 0.05$

- **Decisión sobre la H_0**

Para Cr Total, Cr(VI), DBO_5 , T° , se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 . Para los pH, CE, STD y SALT, se acepta la H_0 entre los tiempos de tratamiento.

- **Redacción de la conclusión**

No existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de Cr Total, Cr(VI), DBO_5 y T° son iguales entre los tiempos de tratamiento, por lo que estos los valores difieren entre sí. En contraste, existe suficiente evidencia muestral para

sustentar que los valores de pH, CE, SDT y SALT no difieren entre los tiempos de tratamiento.

De acuerdo con los resultados de las comparaciones múltiples de Tukey, en el parámetro Cr Total, existe diferencia significativa entre el tratamiento de 60 días con los tratamientos de 30 y 45 días. En Cr(VI), existe diferencia significativa entre el tratamiento de 45 días con los tratamientos de 30 y 60 días. En DBO₅, existe diferencia significativa entre el tratamiento de 30 y 45 días.

De acuerdo con los resultados de las comparaciones por pares de la prueba de Friedman, para el parámetro de T°, existe diferencia significativa entre los valores de 30 días con los valores de 45 y 60 días.

4.2.4. Hipótesis 4

Los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de curtiembre por efecto del tratamiento mixto con EMa (5%) y *Eichhornia crassipes* difieren con respecto al basal y, los tratamientos de 30, 45 y 60 días difieren entre sí.

a. Evaluación de la Normalidad

Tabla 35. Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el tratamiento mixto

Parámetro	Periodo Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CrTM5	30 días	0.342	3		0.845	3	0.226
	45 días	0.381	3		0.759	3	0.020
	60 días	0.344	3		0.842	3	0.219
CrVIM5	30 días	0.259	3		0.959	3	0.611
	45 días	0.358	3		0.812	3	0.144
	60 días	0.186	3		0.998	3	0.920
DBOM5	30 días	0.350	3		0.830	3	0.187
	45 días	0.175	3		1.000	3	0.995
	60 días	0.352	3		0.826	3	0.178
pHM5	30 días	0.109	90	0.010	0.949	90	0.001
	45 días	0.071	134	0.098	0.973	134	0.010
	60 días	0.082	181	0.005	0.961	181	0.000

TM5	30 días	0.063	90	0.200*	0.974	90	0.068
	45 días	0.122	134	0.000	0.953	134	0.000
	60 días	0.163	181	0.000	0.921	181	0.000
CEM5	30 días	0.077	90	0.200*	0.971	90	0.041
	45 días	0.182	134	0.000	0.878	134	0.000
	60 días	0.231	181	0.000	0.847	181	0.000
SDTM5	30 días	0.091	90	0.060	0.969	90	0.030
	45 días	0.188	134	0.000	0.877	134	0.000
	60 días	0.232	181	0.000	0.848	181	0.000
SALTM5	30 días	0.096	90	0.041	0.962	90	0.011
	45 días	0.106	134	0.001	0.968	134	0.003
	60 días	0.091	181	0.001	0.968	181	0.000

Nota: *Este es un límite inferior de la significación verdadera. *Corrección de la significación de Lilliefors.

H₀: Los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$)

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

Conclusión: Según la prueba de SW, la mayor parte de datos presenta distribución normal ($p < 0.05$), a excepción de Cr Total 45 días. Según la prueba de KS, la mayor parte de los datos no presentan distribución normal ($p > 0.05$).

b. Evaluación de la Igualdad de Varianzas

Tabla 36. Prueba de homogeneidad de varianza en los datos obtenidos en el tratamiento mixto

Parámetro	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CrTM5	4.600E+15	2	3	0.000
CrVIM5	4.834E+16	2	3	0.000
DBOM5	0.000	2	0	0.000

Conclusión: Según el estadístico de Levene los datos no presentan homogeneidad de varianza.

Para los parámetros de campo, no aplica.

c. Tipo de Prueba a Aplicar

Se aplica la prueba de T de Student para el contraste del tiempo de tratamiento con el basal de los parámetros Cr Total, Cr(VI) y DBO₅ y la prueba de ANOVA para el contraste entre los tiempos de tratamiento. Se aplica la prueba de Wilcoxon para el contraste del tiempo de tratamiento con el basal de los parámetros pH, T°, CE, SDT y SALT, y la prueba de Friedman para muestras relacionadas en el contraste entre los tiempos de tratamiento.

d. Procedimiento

- **Expresión simbólica de las hipótesis**

Para la prueba de T

$$H_0: \mu_{\text{días de tratamiento}} = \text{valor basal}$$

$$H_1: \mu_{\text{días de tratamiento}} \neq \text{valor basal}$$

Para la prueba de ANOVA

$$H_0: \mu_{30 \text{ días}} = \mu_{45 \text{ días}} = \mu_{60 \text{ días}}$$

$$H_1: \mu_{30 \text{ días}} \neq \mu_{45 \text{ días}} \neq \mu_{60 \text{ días}}$$

Para la prueba Wilcoxon

$$H_0: Me_{\text{días de tratamiento}} = \text{valor basal}$$

$$H_1: Me_{\text{días de tratamiento}} \neq \text{valor basal}$$

Para la prueba de Friedman

$$H_0: Me_{30 \text{ días}} = Me_{45 \text{ días}} = Me_{60 \text{ días}}$$

$$H_1: Me_{30 \text{ días}} \neq Me_{45 \text{ días}} \neq Me_{60 \text{ días}}$$

- **Nivel de significancia**

$$\alpha = 0.05$$

e. Cálculo del Estadístico de Prueba T

Tabla 37. Prueba T para una muestra de los datos obtenidos en el tratamiento mixto

Parámetro	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Valor de prueba = 87.05						
CrT30M5	-9,875	1	0.064	-17.825	-40.7597	5.1097
CrT45M5	-92,631	1	0.007	-30.105	-34.2345	-25.9755
CrT60M5	-7,525	1	0.084	-27.240	-73.2365	18.7565
Valor de prueba = 0.30						
CrVI30M5	12,767	1	0.050	13.725	0.0658	27.3842
CrVI45M5	79,000	1	0.008	15.800	13.2588	18.3412
CrVI60M5	5,758	1	0.109	22.025	-26.5762	70.6262
Valor de prueba = 2082.00						
DBO30M5	120,160	1	0.005	6008.000	5372.6898	6643.3102
DBO45M5	6,284	1	0.100	14768.000	-15091.5811	44627.5811
DBO60M5	-110,727	1	0.006	-1218.000	-1357.7683	-1078.2317

f. Cálculo del Estadístico de Prueba de Wilcoxon

Tabla 38. Prueba de Wilcoxon para los datos obtenidos en el tratamiento mixto

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La media de pH30M5 es igual a 6.900	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
2	La media de pH45M5 es igual a 6.900	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
3	La media de pH60M5 es igual a 6.900	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
4	La media de T30M5 es igual a 21.310	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
5	La media de T45M5 es igual a 21.310	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.

6	La media de T60M5 es igual a 21.310	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
7	La media de CE0M5 es igual a 34.930	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
8	La media de CE45M5 es igual a 34.930	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
9	La media de CE60M5 es igual a 34.930	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
10	La media de SDT30M5 es igual a 21.312	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
11	La media de SDT45M5 es igual a 17.500	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
12	La media de SDT60M5 es igual a 17.500	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
13	La media de SALT30M5 es igual a 20.580	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
14	La media de SALT45M5 es igual a 20.580	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.
15	La media de SALT60M5 es igual a 20.580	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	0.000	Rechazar hipótesis nula.

- **Regla de decisión**

H_0 : Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H_1 : Los valores entre grupos no son iguales $p < 0.05$

- **Decisión sobre la H_0**

Según la prueba de T, para Cr Total de 30 y 60 días, Cr(VI) de 60 días y DBO₅ de 45 días, se acepta la H_0 . Mientras que, para Cr Total de 45 días, Cr(VI) de 30 y 45 días, y DBO₅ de 30 y 60 días se rechaza la H_0 y se acepta H_1 .

Según la prueba de Wilcoxon, para pH, T°, CE, SDT y SALT se rechaza la H_0 y se acepta H_1 en todos los tiempos de tratamiento.

- **Redacción de la conclusión**

Existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de Cr Total de 30 y 60 días, Cr(VI) de 60 días y DBO₅ (45 días) no difieren del valor basal. Mientras que no existe evidencia muestral para sustentar que los valores de Cr Total de 45 días, Cr(VI) de 30 y 45 días, DBO₅ de 30 y 60 días son iguales al valor basal, por lo que difieren significativamente del mismo, de acuerdo con la prueba de T de Student.

Por otro lado, no existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de pH, T°, CE, SDT y SALT de los diferentes periodos de tratamiento son iguales al valor basal, por lo que se concluye que difieren significativamente del mismo, de acuerdo con la prueba de Wilcoxon.

g. Cálculo del Estadístico de Prueba ANOVA

Tabla 39. Prueba ANOVA de un factor para los datos obtenidos en el tratamiento mixto

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CrTM5	Inter-grupos	165.099	2	82.550	7.519	0.068
	Intra-grupos	32.936	3	10.979		
	Total	198.035	5			
CrVIM5	Inter-grupos	74.631	2	37.315	3.537	0.163
	Intra-grupos	31.653	3	10.551		
	Total	106.283	5			
DBOM5	Inter-grupos	256336581.333	2	128168290.667	34.796	0.008
	Intra-grupos	11050242.000	3	3683414.000		
	Total	267386823.333	5			

Tabla 40. Comparaciones múltiples de Dunnett en los datos obtenidos en el tratamiento mixto

Variable dependiente			Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
CrTM5	T3 de Dunnett	30 días	45 días	12.28000	1.83403	0.143	-20.9647	45.5247
			60 días	9.41500	4.04505	0.344	-29.5317	48.3617
		45 días	30 días	-12.28000	1.83403	0.143	-45.5247	20.9647
			60 días	-2.86500	3.63456	0.830	-76.6768	70.9468
		60 días	30 días	-9.41500	4.04505	0.344	-48.3617	29.5317
			45 días	2.86500	3.63456	0.830	-70.9468	76.6768
CrVIM5	T3 de Dunnett	30 días	45 días	-2.07500	1.09345	0.484	-21.7049	17.5549
			60 días	-8.30000	3.97319	0.431	-68.0271	51.4271
		45 días	30 días	2.07500	1.09345	0.484	-17.5549	21.7049
			60 días	-6.22500	3.83023	0.556	-86.0969	73.6469
		60 días	30 días	8.30000	3.97319	0.431	-51.4271	68.0271
			45 días	6.22500	3.83023	0.556	-73.6469	86.0969
DBOM5	T3 de Dunnett	30 días	45 días	-8760.00000	2350.53185	0.274	-58343.9344	40823.9344
			60 días	7226.00000*	51.19570	0.005	6359.3502	8092.6498
		45 días	30 días	8760.00000	2350.53185	0.274	-40823.9344	58343.9344
			60 días	15986.00000	2350.02574	0.154	-33695.8916	65667.8916
		60 días	30 días	-7226.00000*	51.19570	0.005	-8092.6498	-6359.3502
			45 días	-15986.00000	2350.02574	0.154	-65667.8916	33695.8916

Nota: *La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Tabla 41. Prueba de dos vías de Friedman para los datos obtenidos en el tratamiento mixto

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones de pH30M5, pH45M5 y pH60M5 son las mismas.	Análisis de dos vías de Friedman de varianza por rangos de muestras relacionadas	0.304	Retener la hipótesis nula.
2	Las distribuciones de T30M5, T45M5 y T60M5 son las mismas.	Análisis de dos vías de Friedman de varianza por rangos de muestras relacionadas	0.000	Rechaza la hipótesis nula.
3	Las distribuciones de CE30M5, CE45M5 y CE60M5 son las mismas.	Análisis de dos vías de Friedman de varianza por rangos de muestras relacionadas	0.000	Rechaza la hipótesis nula.
4	Las distribuciones de SDT30M5, SDT45M5 y SDT60M5 son las mismas.	Análisis de dos vías de Friedman de varianza por rangos de muestras relacionadas	0.000	Rechaza la hipótesis nula.
5	Las distribuciones de SALT30M5, SALT45M5 y SALT60M5 son las mismas.	Análisis de dos vías de Friedman de varianza por rangos de muestras relacionadas	0.000	Rechaza la hipótesis nula.

Tabla 42. Comparaciones múltiples entre los datos obtenidos en el tratamiento mixto

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
T45M5-T60M5	0.000	0.149	0.000	1.000	1.000
T45M5-T30M5	0.417	0.149	2.795	0.005	0.016
T60M5-T30M5	0.417	0.149	2.795	0.005	0.016
CE45M5-CE60M5	0.000	0.149	0.000	1.000	1.000
CE45M5-CE30M5	0.417	0.149	2.795	0.005	0.016
CE60M5-CE30M5	0.417	0.149	2.795	0.005	0.016
SDT45M5-SDT60M5	0.000	0.149	0.000	1.000	1.000
SDT45M5-SDT30M5	0.417	0.149	2.795	0.005	0.016
SDT60M5-SDT30M5	0.417	0.149	2.795	0.005	0.016
SALT45M5-SALT60M5	0.000	0.149	0.000	1.000	1.000
SALT45M5-SALT30M5	0.350	0.149	2.348	0.019	0.057
SALT60M5-SALT30M5	0.350	0.149	2.348	0.019	0.057

Nota: Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es 0.05.

- **Regla de decisión**

H_0 : Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H_1 : Los valores entre grupos no son iguales $p < 0.05$

- **Decisión sobre la H_0**

Para Cr Total y Cr(VI) se acepta la H_0 , entre los tiempos de tratamiento. Para DBO_5 de 30 y 60 días, se rechaza la H_0 y acepta la H_1 , según la prueba de ANOVA.

Para T° , CE, SDT y SALT no se acepta la H_0 , mientras que para pH se acepta la H_0 y se rechaza H_1 .

- **Redacción de la conclusión**

Existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de Cr Total y Cr(VI) son iguales entre los tiempos de tratamiento; por otra parte, no existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de DBO_5 son iguales entre los tiempos de tratamiento de acuerdo con la prueba de ANOVA, encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos de DBO_5 de 30 y 60 días, de acuerdo con la prueba de comparaciones múltiples de Dunnett.

Existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de pH son iguales entre los tiempos de tratamiento, pero no existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de T° , CE, STD y SALT son iguales entre los tiempos de tratamiento de acuerdo con la prueba de Friedman, encontrándose diferencias significativas en los valores de T° , CE, STD y SALT entre los tratamientos de 30 días con los tratamientos de 45 y 60 días de acuerdo con la prueba de comparaciones por pares de la prueba de Friedman.

4.2.5. Hipótesis 5

Los sistemas de tratamiento por biorremediación, fitorremediación y mixto en los diferentes periodos de tiempo difieren entre sí, en cuanto a los resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados.

a. Evaluación de la Normalidad

Tabla 43. Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en los tres tratamientos

Parámetro	Tipo de Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CrT	B[5]	0.213	9	0.200*	0.875	9	0.140
	F[0]	0.184	9	0.200*	0.936	9	0.538
	M[5]	0.266	9	0.065	0.814	9	0.030
CrVI	B[5]	0.199	9	0.200*	0.940	9	0.578
	F[0]	0.199	9	0.200*	0.924	9	0.426
	M[5]	0.238	9	0.149	0.860	9	0.095
DBO	B[5]	0.359	9	0.001	0.721	9	0.003
	F[0]	0.244	9	0.132	0.822	9	0.036
	M[5]	0.187	9	0.200*	0.904	9	0.278
pH	B[5]	0.078	405	0.000	0.958	405	0.000
	F[0]	0.090	405	0.000	0.908	405	0.000
	M[5]	0.099	405	0.000	0.958	405	0.000
T	B[5]	0.099	405	0.000	0.953	405	0.000
	F[0]	0.087	405	0.000	0.956	405	0.000
	M[5]	0.134	405	0.000	0.945	405	0.000
CE	B[5]	0.180	405	0.000	0.837	405	0.000
	F[0]	0.130	405	0.000	0.860	405	0.000
	M[5]	0.175	405	0.000	0.888	405	0.000
SDT	B[5]	0.175	405	0.000	0.837	405	0.000
	F[0]	0.146	405	0.000	0.808	405	0.000
	M[5]	0.178	405	0.000	0.889	405	0.000
SALT	B[5]	0.153	405	0.000	0.862	405	0.000
	F[0]	0.157	405	0.000	0.805	405	0.000
	M[5]	0.075	405	0.000	0.974	405	0.000

Nota: *Este es un límite inferior de la significación verdadera. ^aCorrección de la significación de Lilliefors.

H₀: Los datos presentan distribución normal (p>0.05)

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

Conclusión: Según la prueba de SW, los datos no presentan distribución normal ($p < 0.05$). Según la prueba de KS, la mayor parte de los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$).

Tabla 44. Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en los tres periodos de tratamiento

Parámetros	Periodo de Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CrT	30 días	0.227	9	0.200	0.842	9	0.061
	45 días	0.134	9	0.200*	0.929	9	0.474
	60 días	0.236	9	0.160	0.857	9	0.089
CrVI	30 días	0.212	9	0.200*	0.903	9	0.273
	45 días	0.365	9	0.001	0.765	9	0.008
	60 días	0.223	9	0.200*	0.930	9	0.480
DBO	30 días	0.301	9	0.018	0.748	9	0.005
	45 días	0.216	9	0.200*	0.819	9	0.034
	60 días	0.213	9	0.200*	0.865	9	0.107
pH	30 días	0.076	270	0.001	0.983	270	0.002
	45 días	0.063	402	0.001	0.951	402	0.000
	60 días	0.063	543	0.000	0.955	543	0.000
T	30 días	0.050	270	0.096	0.983	270	0.003
	45 días	0.054	402	0.007	0.992	402	0.024
	60 días	0.061	543	0.000	0.976	543	0.000
CE	30 días	0.086	270	0.000	0.963	270	0.000
	45 días	0.066	402	0.000	0.973	402	0.000
	60 días	0.080	543	0.000	0.956	543	0.000
SDT	30 días	0.092	270	0.000	0.960	270	0.000
	45 días	0.074	402	0.000	0.971	402	0.000
	60 días	0.080	543	0.000	0.955	543	0.000
SALT	30 días	0.102	270	0.000	0.958	270	0.000
	45 días	0.101	402	0.000	0.954	402	0.000
	60 días	0.063	543	0.000	0.978	543	0.000

Nota: *Este es un límite inferior de la significación verdadera. ^aCorrección de la significación de Lilliefors.

H₀: Los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$)

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

Conclusión: Según la prueba de SW, la mayor parte de datos no presenta distribución normal ($p < 0.05$), a excepción de T° 30 días. Según la prueba de KS, la mayor parte de los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$), exceptuando Cr(VI) a los 45 días.

b. Evaluación de la Igualdad de Varianzas por Tipo de Tratamiento

Tabla 45. Prueba de homogeneidad de varianza de los datos obtenidos en los tres tratamientos

Parámetros	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CrT	7.910	2	15	0.005
CrVI	10.061	2	16	0.001
DBO	21.499	2	15	0.000

Conclusión: Según el estadístico de Levene los datos no presentan homogeneidad de varianza.

Para los parámetros de campo, no aplica.

c. Evaluación de la Igualdad de Varianzas por Periodos de Tratamiento

Tabla 46. Prueba de homogeneidad de varianza en los datos obtenidos en los tres periodos de tratamiento

Parámetros	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CrT	2.514	2	15	0.114
CrVI	23.282	2	16	0.000
DBO	13.681	2	15	0.000

Conclusión: Según el estadístico de Levene los datos no presentan homogeneidad de varianza, excepto Cr Total. Para los parámetros de campo, no aplica.

d. Tipo de Prueba a Aplicar

Se aplica la prueba de la prueba de ANOVA para el contraste entre los tiempos y tipos de tratamiento de los parámetros Cr Total, Cr(VI) y DBO₅ y la prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para el contraste entre los tiempos y tipos de tratamiento de los parámetros pH, T°, CE, SDT, SALT. ANOVA de 2 factores para el efecto de la interacción tratamiento x tiempo.

e. Procedimiento

- **Expresión simbólica de las hipótesis**

Para la prueba de ANOVA

$$H_0: \mu_{30 \text{ días}} = \mu_{45 \text{ días}} = \mu_{60 \text{ días}}$$

$$H_0: \mu_{B[5]} = \mu_{F[0]} = \mu_{M[5]}$$

$$H_1: \mu_{30 \text{ días}} \neq \mu_{45 \text{ días}} \neq \mu_{60 \text{ días}}$$

$$H_1: \mu_{B[5]} \neq \mu_{F[0]} \neq \mu_{M[5]}$$

Para la prueba Kruskal – Wallis

$$H_0: Me_{30 \text{ días}} = Me_{45 \text{ días}} = Me_{60 \text{ días}}$$

$$H_0: Me_{B[5]} = Me_{F[0]} = Me_{M[5]}$$

$$H_1: Me_{30 \text{ días}} \neq Me_{45 \text{ días}} \neq Me_{60 \text{ días}}$$

$$H_1: Me_{B[5]} \neq Me_{F[0]} \neq Me_{M[5]}$$

Para la prueba de ANOVA de 2 factores

$$H_0: \mu_{\text{tratamiento} \times \text{tiempo}} = \mu_{\text{tratamiento}} = \mu_{\text{tiempo}}$$

$$H_1: \mu_{\text{tratamiento} \times \text{tiempo}} \neq \mu_{\text{tratamiento}} \neq \mu_{\text{tiempo}}$$

- **Nivel de significancia**

$$\alpha = 0.05$$

f. Cálculo del Estadístico de Prueba ANOVA (Tipos de Tratamiento)

Tabla 47. Prueba ANOVA de un factor para los datos obtenidos en los tres tratamientos

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CrT	Inter-grupos	1670.074	2	835.037	7.450	0.006
	Intra-grupos	1681.314	15	112.088		
	Total	3351.388	17			
CrVI	Inter-grupos	1403.848	2	701.924	4.359	0.031
	Intra-grupos	2576.419	16	161.026		
	Total	3980.266	18			
DBO	Inter-grupos	775080407.111	2	387540203.556	2.516	0.114
	Intra-grupos	2310782004.000	15	154052133.600		
	Total	3085862411.111	17			

Tabla 48. Comparaciones múltiples de Tukey en los datos obtenidos de los tres tratamientos

Variable dependiente			Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
CrT	HSD de Tukey	B[5]	F[0]	-10.99833	6.11249	0.203	-26.8753	4.8787
			M[5]	12.57833	6.11249	0.133	-3.2987	28.4553
		F[0]	B[5]	10.99833	6.11249	0.203	-4.8787	26.8753
			M[5]	23.57667*	6.11249	0.004	7.6997	39.4537
			B[5]	-12.57833	6.11249	0.133	-28.4553	3.2987
			F[0]	-23.57667*	6.11249	0.004	-39.4537	-7.6997
CrVI	HSD de Tukey	B[5]	F[0]	-16.26000	7.05985	0.084	-34.4767	1.9567
			M[5]	4.06667	7.05985	0.835	-14.1501	22.2834
		F[0]	B[5]	16.26000	7.05985	0.084	-1.9567	34.4767
			M[5]	20.32667*	7.32635	0.034	1.4223	39.2311
			B[5]	-4.06667	7.05985	0.835	-22.2834	14.1501
			F[0]	-20.32667*	7.32635	0.034	-39.2311	-1.4223
DBO	HSD de Tukey	B[5]	F[0]	16004.66667	7165.94105	0.098	-2608.6521	34617.9854
			M[5]	9290.00000	7165.94105	0.419	-9323.3187	27903.3187
		F[0]	B[5]	-16004.66667	7165.94105	0.098	-34617.9854	2608.6521
			M[5]	-6714.66667	7165.94105	0.626	-25327.9854	11898.6521
			B[5]	-9290.00000	7165.94105	0.419	-27903.3187	9323.3187
			F[0]	6714.66667	7165.94105	0.626	-11898.6521	25327.9854

g. Cálculo del Estadístico de Prueba Kruskal - Wallis (Tipos de Tratamiento)

Tabla 49. Prueba de Kruskal - Wallis para los datos obtenidos en los tres tratamientos

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones pH es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.000	Rechaza la hipótesis nula.
2	Las distribuciones T° es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.494	Retener la hipótesis nula.

3	Las distribuciones CE es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.000	Rechaza la hipótesis nula.
4	Las distribuciones SDT es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.000	Rechaza la hipótesis nula.
5	Las distribuciones SALT es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.000	Rechaza la hipótesis nula.

Tabla 50. Comparaciones múltiples de Kruskal - Wallis para los datos obtenidos en los tres tratamientos

	Muestra1- Muestra2	Prueba estadística	Error	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
pH	M[5]-B[5]	6.535	24.642	0.265	0.791	1.000
	M[5]-F[0]	203.384	24.642	8.254	0.000	0.000
	B[5]-F[0]	-196.849	24.642	-7.988	0.000	0.000
CE	M[5]-B[5]	-257.159	24.658	-10.429	0.000	0.000
	M[5]-F[0]	377.944	24.658	15.328	0.000	0.000
	B[5]-F[0]	120.785	24.658	4.899	0.000	0.000
SDT	M[5]-B[5]	-253.642	24.657	-10.287	0.000	0.000
	M[5]-F[0]	374.280	24.657	15.179	0.000	0.000
	B[5]-F[0]	120.638	24.657	4.893	0.000	0.000
SALT	M[5]-B[5]	466.186	24.657	18.907	0.000	0.000
	M[5]-F[0]	-563.188	24.657	-22.840	0.000	0.000
	B[5]-F[0]	-97.001	24.657	-3.934	0.000	0.000

Nota: Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es 0.05.

- **Regla de decisión**

H_0 : Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H_1 : Los valores entre grupos no son iguales $p < 0.05$

- **Decisión sobre la H_0**

Según la prueba de ANOVA para Cr Total y Cr(VI) rechaza la H_0 y se acepta H_1 . Mientras que para DBO_5 se acepta la H_0 entre los tipos de tratamiento.

Según la prueba de Kruskal – Wallis, para T° acepta la H_0 , Mientras que, para pH, CE, SDT y SALT, se rechaza la H_0 y se acepta H_1 , entre los tipos de tratamiento.

- **Redacción de la conclusión**

No existe evidencia muestral para sustentar que los valores de Cr Total y Cr(VI) son iguales entre los tipos de tratamiento; además señala mayor diferencia entre los tratamientos F[0] y M[0] para ambos parámetros. En contraste, existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de DBO_5 son iguales entre los tratamientos de acuerdo con la prueba de ANOVA.

Por otro lado, existe evidencia muestral para sustentar que los valores de la T° son iguales entre los tipos de tratamiento. Mientras que, no existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de pH, CE, SDT y SALT, son iguales entre los tipos de tratamiento; sin embargo, entre el pH de M[5] y B[5] existe una igualdad, de acuerdo con las comparaciones múltiples de Kruskal Wallis.

h. Cálculo del Estadístico de Prueba ANOVA (Tiempos de Tratamiento)

Tabla 51. Prueba ANOVA de un factor para los datos obtenidos en los tres tiempos de tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CrT	Inter-grupos	525.204	2	262.602	1.394	0.278
	Intra-grupos	2826.184	15	188.412		
	Total	3351.388	17			
CrVI	Inter-grupos	1008.431	2	504.215	2.715	0.097
	Intra-grupos	2971.836	16	185.740		
	Total	3980.266	18			
DBO	Inter-grupos	1222504677.778	2	611252338.889	4.921	0.023
	Intra-grupos	1863357733.333	15	124223848.889		
	Total	3085862411.111	17			

Tabla 52. Comparaciones múltiples de Tukey en los datos obtenidos de los tres tiempos de tratamiento

Variable dependiente			Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
CrT	HSD de Tukey	30 días	45 días	4.80167	7.92490	0.819	-15.7830	25.3864
			60 días	13.07833	7.92490	0.256	-7.5064	33.6630
		45 días	30 días	-4.80167	7.92490	0.819	-25.3864	15.7830
			60 días	8.27667	7.92490	0.562	-12.3080	28.8614
		60 días	30 días	-13.07833	7.92490	0.256	-33.6630	7.5064
			45 días	-8.27667	7.92490	0.562	-28.8614	12.3080
CrVI	HSD de Tukey	30 días	45 días	-17.22500	7.58227	0.089	-36.7898	2.3398
			60 días	-11.43500	7.58227	0.313	-30.9998	8.1298
		45 días	30 días	17.22500	7.58227	0.089	-2.3398	36.7898
			60 días	5.79000	7.86850	0.746	-14.5133	26.0933
		60 días	30 días	11.43500	7.58227	0.313	-8.1298	30.9998
			45 días	-5.79000	7.86850	0.746	-26.0933	14.5133
DBO	HSD de Tukey	30 días	45 días	-15418.33333	6434.90090	0.073	-32132.7970	1296.1303
			60 días	3575.00000	6434.90090	0.845	-13139.4637	20289.4637
		45 días	30 días	15418.33333	6434.90090	0.073	-1296.1303	32132.7970
			60 días	18993.33333*	6434.90090	0.025	2278.8697	35707.7970
		60 días	30 días	-3575.00000	6434.90090	0.845	-20289.4637	13139.4637
			45 días	-18993.33333*	6434.90090	0.025	-35707.7970	-2278.8697

Nota: *La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

i. Cálculo del Estadístico de la Prueba Kruskal - Wallis (Tiempos de Tratamiento)

Tabla 53. Prueba de Kruskal - Wallis para los datos obtenidos en los tres tiempos de tratamiento

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones pH es la misma entre las categorías de Tiempo.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.000	Rechaza la hipótesis nula.
2	Las distribuciones T° es la misma entre las categorías de Tiempo.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.000	Rechaza la hipótesis nula.

3	Las distribuciones CE es la misma entre las categorías de Tiempo.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.000	Rechaza la hipótesis nula.
4	Las distribuciones SDT es la misma entre las categorías de Tiempo.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.000	Rechaza la hipótesis nula.
5	Las distribuciones SALT es la misma entre las categorías de Tiempo.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.000	Rechaza la hipótesis nula.

Tabla 54. Comparaciones múltiples de Kruskal - Wallis para los datos obtenidos en los tres tiempos de tratamiento

	Muestra1- Muestra2	Prueba estadística	Error	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
pH	30 días - 45 días	-162.042	27.592	-5.873	0.000	0.000
	30 días - 60 días	-228.495	26.113	-8.750	0.000	0.000
	45 días - 60 días	-66.452	23.072	-2.880	0.004	0.000
T°	30 días - 45 días	138.946	26.129	5.318	0.000	1.000
	30 días - 60 días	212.980	23.087	9.225	0.000	0.000
	45 días - 60 días	-74.034	27.609	-2.682	0.007	0.000
CE	30 días - 45 días	113.922	23.087	4.934	0.000	0.000
	30 días - 60 días	271.267	26.129	10.382	0.000	0.000
	45 días - 60 días	157.345	27.609	5.699	0.000	0.000
SDT	30 días - 45 días	112.970	23.087	4.893	0.000	0.000
	30 días - 60 días	269.464	26.129	10.313	0.000	0.000
	45 días - 60 días	156.494	27.609	5.668	0.000	0.000
SALT	30 días - 45 días	88.009	23.087	3.812	0.000	0.000
	30 días - 60 días	180.265	26.129	6.899	0.000	0.000
	45 días - 60 días	92.256	27.609	3.342	0.000	0.000

Nota: Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es 0.05.

- **Regla de decisión**

H₀: Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H₁: Los valores entre grupos no son iguales $p < 0.05$

- **Decisión sobre la H₀**

Según la prueba de ANOVA para Cr Total y Cr(VI), se acepta la H₀ entre los tiempos de tratamiento. Mientras que para DBO₅, se rechaza la H₀ y se acepta H₁ entre los tiempos de tratamiento.

Según la prueba de Kruskal – Wallis para pH, T°, CE, SDT y SALT, se rechaza la H₀ y se acepta H₁, entre los tiempos de tratamiento.

- **Redacción de la conclusión**

Existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de Cr Total y Cr(VI) son iguales entre los tiempos de tratamiento, pero no existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de DBO₅ son iguales entre los tiempos de tratamiento, de acuerdo con la prueba de ANOVA. Encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos de DBO₅ de 45 y 60 días, de acuerdo con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

No existe evidencia muestral suficiente para sustentar que los valores de pH, T°, CE, STD y SALT son iguales entre los tiempos de tratamiento, de acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis, sin encontrar diferencias significativas entre los tiempos de tratamiento en su comparación múltiple.

j. Cálculo del Efecto de Tratamiento x Tiempo

- **Prueba ANOVA de dos factores**

Tabla 55. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para cromo total

Variable dependiente: CrT					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3139.132 ^a	8	392.392	16.638	0.000
Intersección	98687.916	1	98687.916	4184.529	0.000
Tratamiento	1670.074	2	835.037	35.407	0.000
PeriodoTratamiento	525.204	2	262.602	11.135	0.004
Tratamiento *	943.854	4	235.964	10.005	0.002
PeriodoTratamiento					

Error	212.256	9	23.584
Total	102039.305	18	
Total corregida	3351.388	17	

Nota: ^aR cuadrado = 0.937 (R cuadrado corregida = 0.880).

Tabla 56. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para Cr(VI)

Variable dependiente: Cr(VI)					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3890.535 ^a	8	486.317	54.197	0.000
Intersección	12475.056	1	12475.056	1390.258	0.000
Tratamiento	1367.286	2	683.643	76.187	0.000
PeriodoTratamiento	1013.661	2	506.831	56.483	0.000
Tratamiento *					
PeriodoTratamiento	1542.686	4	385.672	42.980	0.000
Error	89.732	10	8.973		
Total	16238.815	19			
Total corregida	3980.266	18			

Nota: ^aR cuadrado = 0.977 (R cuadrado corregida = 0.959).

Tabla 57. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para DBO₅

Variable dependiente: DBO					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3073855355.111 ^a	8	384231919.389	288.005	0.000
Intersección	1610773120.889	1	1610773120.889	1207.370	0.000
Tratamiento	775080407.111	2	387540203.556	290.484	0.000
PeriodoTratamiento	1222504677.778	2	611252338.889	458.170	0.000
Tratamiento *					
PeriodoTratamiento	1076270270.222	4	269067567.556	201.682	0.000
Error	12007056.000	9	1334117.333		
Total	4696635532.000	18			
Total corregida	3085862411.111	17			

Nota: ^aR cuadrado = 0.996 (R cuadrado corregida = 0.993).

Tabla 58. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para pH

Variable dependiente: pH					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2.010 ^a	8	0.251	23.198	0.000
Intersección	57211.281	1	57211.281	5283263.477	0.000
Tratamiento	1.030	2	0.515	47.576	0.000
PeriodoTratamiento	0.914	2	0.457	42.211	0.000
Tratamiento * PeriodoTratamiento	0.078	4	0.020	1.807	0.125
Error	13.060	1206	0.011		
Total	62195.706	1215			
Total corregida	15.069	1214			

Nota: ^aR Squared = 0.133 (Adjusted R Squared = 0.128).

Tabla 59. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para temperatura

Variable dependiente: T°					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3950.464 ^a	8	493.808	32.581	0.000
Intersección	342120.334	1	342120.334	22573.105	0.000
Tratamiento	24.111	2	12.055	.795	0.452
PeriodoTratamiento	1999.093	2	999.546	65.950	0.000
Tratamiento * PeriodoTratamiento	1804.377	4	451.094	29.763	0.000
Error	18278.262	1206	15.156		
Total	383161.942	1215			
Total corregida	22228.726	1214			

Nota: ^aR Squared = 0.178 (Adjusted R Squared = 0.172).

Tabla 60. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para conductividad eléctrica

Variable dependiente: CE					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	16713.245 ^a	8	2089.156	72.518	0.000
Intersección	649285.081	1	649285.081	22537.860	0.000

Tratamiento	9177.434	2	4588.717	159.283	0.000
PeriodoTratamiento	5255.553	2	2627.777	91.215	0.000
Tratamiento *					
PeriodoTratamiento	3480.212	4	870.053	30.201	0.000
Error	34743.220	12 06	28.809		
Total	720830.491	12 15			
Total corregida	51456.465	12 14			

Nota: ^aR Squared = 0.325 (Adjusted R Squared = 0.320).

Tabla 61. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para sólidos disueltos totales

Variable dependiente: SDT					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4141.650 ^a	8	517.706	71.742	0.000
Intersección	161300.022	1	161300.022	22352.286	0.000
Tratamiento	2259.892	2	1129.946	156.583	0.000
PeriodoTratamiento	1307.323	2	653.661	90.582	0.000
Tratamiento *					
PeriodoTratamiento	876.568	4	219.142	30.368	0.000
Error	8702.816	1206	7.216		
Total	179128.612	1215			
Total corregida	12844.466	1214			

Nota: ^aR Squared = 0.322 (Adjusted R Squared = 0.318).

Tabla 62. Prueba de los factores tipo y tiempo de tratamiento para salinidad

Variable dependiente: SALT					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	6977.113 ^a	8	872.139	154.753	0.000
Intersección	236584.403	1	236584.403	41979.722	0.000
Tratamiento	6029.029	2	3014.514	534.898	0.000
PeriodoTratamiento	733.791	2	366.896	65.102	0.000

Tratamiento *	429.007	4	107.252	19.031	0.000
PeriodoTratamiento					
Error	6796.634	1206	5.636		
Total	262566.691	1215			
Total corregida	13773.746	1214			

Nota: ^aR Squared = 0.507 (Adjusted R Squared = 0.503).

- **Regla de decisión**

H₀: Los valores entre grupos son iguales p>0.05

H₁: Los valores entre grupos no son iguales p<0.05

- **Decisión sobre la H₀**

Según la prueba de ANOVA de 2 factores para Cr Total, Cr(VI), DBO₅, T°, SDT y SALT, se rechaza la H₀ y se acepta H₁, en la interacción tratamiento x tiempo. Mientras que para pH se acepta la H₀.

- **Redacción de la conclusión**

Existe evidencia muestral suficiente para sustentar que la interacción entre los dos factores tiene efecto en el Cr Total, Cr(VI), DBO₅, T°, SDT y SALT. Mientras que para pH existe evidencia muestral suficiente para sustentar que la interacción entre los dos factores no tiene efecto.

4.3. Discusión de Resultados

4.3.1. Parámetros Basales

La concentración basal de cromo total fue de 87.05 mg/L, siendo un valor elevado que guarda relación con el uso de sales de cromo en los subprocesos de curtido y el recurtido (Anexo 2). Al respecto, Rosas (5), Lima *et al.* (23), Zeballos (24) y OEFA (10), también reportan valores de cromo por encima del LMP vigente (2 mg/L); sin embargo, estos valores se encuentran por encima (147.10 y 825.81 mg/L) o por debajo (20.07 y 27.91 mg/L) de los valores registrados en este trabajo. En contraste, el Cr(VI) basal (0.30 mg/L), no superó el LMP, coincidiendo con la evaluación de Rosas (0.39 mg/L) y difiriendo con Lima *et al.* (2.48 mg/L).

Respecto a la DBO₅, se obtuvo un valor inicial de 2082 mg/L. Esta carga orgánica proviene principalmente de la etapa de ribera (17), en la cual se elimina sangre, estiércol, tierra, pelos y epidermis (20). Al respecto, Rosas (5), Lima *et al.* (23), Zeballos (24) y OEFA (10), también reportan valores de DBO₅ por encima del LMP vigente; sin embargo, estos valores se encuentran por debajo (735 y 530 mg/L) o por encima (6073 y 1264 mg/L) de los valores registrados en este trabajo.

El pH basal fue de 6.90, cercano a la neutralidad debido a que las aguas que se descargan de las diferentes etapas de curtido tienen diferente pH; en función de los insumos utilizados (Anexo 2). Siendo alcalinas las descargas del pre - remojo, lavado 1, remojo principal, lavado 2, encalado; y ácidas las descargas de piquelado, curtido y recurtido; por lo que al realizar la mezcla de estas aguas el valor de pH se neutralizó. Resultados similares se reportaron en los trabajos de Rosas (5) que registró un pH de 7 y Zeballos (24) que registró un pH de 7.61.

La temperatura que caracterizó al efluente fue de 21.31 °C, debido a que en la mayoría de las etapas del proceso de curtido se utiliza agua a temperatura ambiente (Anexo 2). Resultados similares reportó Lima *et al.* (23) en su evaluación (22.10 °C) de las aguas residuales de curtiembres del PIRS.

Si bien la conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT) y salinidad (SALT) no son parámetros considerados en los LMP y no se encontraron estudios que consideren estos parámetros en la evaluación de efluentes de curtiembre, se tomaron en consideración, puesto que, en las fases de almacenamiento, piquelado, curtido y recurtido, se añade una gran cantidad de diversas sales (Anexo 2).

La salinidad basal fue de 20.58 ppt, expresando la concentración de sales disueltas en el efluente, contrario a lo que encontraron Lima *et al.* (23) con un valor superior (105.3 ppt). Respecto a CE, como valor basal se tuvo 34.93 mS/cm, cifra que se encuentra vinculada a los iones provenientes de las sales disueltas (51), sin embargo, Lima *et al.* (23) encontraron un valor inferior (6.7 mS/cm). Para la concentración SDT, el dato basal fue de 17.50 ppt, lo que guardaría relación con la CE y expresaría la cantidad de los metales, sales y minerales que se encuentran disueltos en el efluente (49); en contraste, Saranya (56) encontró un valor superior (26.355 ppt).

4.3.2. Tratamiento por Biorremediación B[5]

Se redujo la concentración de cromo total en los tres tiempos de tratamiento, (71.94, 76.01 y 75.77 mg/L) respecto al valor basal, obteniendo a los 30 días una mayor remoción. La poca disminución de cromo total podría deberse a que los microorganismos que componen los EM pueden biolixiviar metales de sedimentos y minerales en un medio acuoso (39). Al respecto, Tanya y Leiva-Mora (43) obtuvieron una mayor reducción de Cr Total (90%) en el tratamiento de efluentes de curtiembre utilizando EM; sin embargo, coincide que en un periodo más corto (7 días), se obtendría mejores resultados.

Conforme aumenta el tiempo hay una mayor remoción de Cr(VI) (17.60, 20.88 y 28.15 mg/L) respecto al valor basal. Este incremento podría deberse a que el cromo posee un alto potencial redox logrando oxidarse de Cr(III) a Cr(VI) (26), incrementando más cuando se reduce la carga orgánica (57).

Se incrementó la concentración de DBO₅ en los tres tiempos (6690, 43900 y 3084 mg/L) respecto al valor basal, lo que podría deberse a que el agua en tratamiento se mantuvo estática la mayor parte del tiempo, a pesar de agitarla ligeramente a la hora de tomar los parámetros diarios. Esta condición también fue observada por Morocho (15) al utilizar los EM, llegando a un incremento del 136.17 % en aguas estáticas por 7 días. En contraste, Rojas (58) obtuvo mayor reducción de la DBO₅ en 60 días, determinando que conforme avanza el tiempo y se incrementa la concentración de los EM, se obtienen mejores resultados.

Conforme aumenta el tiempo, el pH incrementa ligeramente su valor respecto al basal, alcanzando un valor máximo de 7.16, permaneciendo cercano a la neutralidad. Al respecto, Romero (41) obtuvo un pH constante de 7.3 con el uso de los EM para tratar aguas contaminadas, siendo este un valor óptimo para el desarrollo y reproducción de los microorganismos.

La temperatura disminuyó en los tres tiempos (18.31, 18.38 y 16.07 °C) respecto al valor basal, este comportamiento estaría influenciado por la temperatura ambiental, ya que el experimento se realizó en temporada de invierno, llegando a registrar temperaturas menores a 6 °C (Anexo 6) en el sistema de tratamiento. Condición que influiría en la actividad de los microorganismos, puesto que, la temperatura óptima para su desarrollo es de 25 a 35 °C y si la temperatura es menor a 5 °C, hay inhibición de la actividad microbiana (48).

Conforme aumenta el tiempo, la conductividad eléctrica disminuye (29.05, 27.89 y 23.82 mS/cm) respecto al valor basal, guardando relación con la disminución de la temperatura, ya que a medida que la temperatura disminuye, es menor la CE (51). Al respecto, Guanilo *et al.* (59), obtuvo un incremento de la conductividad a 9.82 mS/cm aplicando EM en aguas subterráneas.

Cuanto más tiempo transcurre mayor es la reducción de los sólidos disueltos totales (14.48, 13.90 y 11.86 ppt), de igual forma la salinidad (16.87, 16.13 y 13.74 ppt). Ambos parámetros guardan relación con la reducción de la conductividad eléctrica. Al ser su nivel de significancia menor a 0.05, se comprueba que los valores de salinidad son diferentes entre los tiempos de tratamiento y que, a mayor tiempo de tratamiento, mayor reducción de moléculas orgánicas, inorgánicas, iones y sales.

4.3.3. Tratamiento por Fitorremediación F[0]

Con el tratamiento F[0] diluido al 50%, hay un incremento en la concentración de Cr Total, en los tiempos de 30 y 45 días superiores al valor basal, en cambio a los 60 días se presenta una disminución (65.20 mg/L) respecto al valor basal. Este incremento en la concentración de Cr Total podría deberse a que la planta al absorber el metal y luego degradarse, libera el cromo de su estructura y lo incorpora al sistema de tratamiento (27). En contraste, Carreño (13) evaluó la *E. crassipes* en la retención de Cr, comparando dos diluciones de aguas residuales de curtiembre (40 y 60%) por 24 días; obteniendo un mejor desempeño al 40%, con una retención de Cr mayor al 60%; sin embargo, no se cumplió con la normativa vigente de su país.

Se incrementó la concentración de Cr(VI) en los tres tiempos de tratamiento (16.80, 63.75 y 32.88 mg/L) respecto al valor basal, siendo a los 30 días que se obtuvo un menor incremento. En concordancia con Montoya *et al.* (26), en su estudio sobre las variaciones ultraestructurales por Cr(VI) en *E. crassipes*, determinó que a una concentración mayor o igual a 20 mg/L de cromo (VI), es acumulado en sus tejidos aéreos generando daños en la ultraestructura del cloroplasto; en cambio, en concentraciones menores a 10 mg/L *E. crassipes* resiste sin presentar daños en su estructura, acumulando Cr(VI) en los tejidos radiculares (27); la planta al absorber el metal y luego degradarse, libera el cromo de su estructura y lo incorpora al sistema de tratamiento.

La concentración de DBO₅ en los tres tiempos de tratamiento redujo su valor (1756, 2041 y 1863 mg/L) en comparación con el valor basal. Al respecto, Gavilán (11) utilizó *E. crassipes* sobre contaminantes químicos y orgánicos de aguas residuales sin metales pesados, verificando

que con *E. crassipes* se obtiene una reducción significativa (94.8%) de DBO₅ en dos semanas, logrando una diferencia con lo obtenido a los 7 días.

Conforme aumenta el tiempo, el pH se mantiene cerca a la neutralidad, llegando hasta 7.21. Al respecto, diversos autores han reportado que, en los 3 primeros días, la *Eichhornia crassipes* puede volver neutro el medio donde se encuentra (27). Este parámetro no influyó negativamente en el desempeño de la *E. crassipes* en la remoción de contaminantes, ya que a pH entre 6.8 y 7.5 alcanza un óptimo desarrollo (27).

Conforme aumenta el tiempo la temperatura disminuye respecto al valor basal. (17.42, 17.55 y 17.74 °C). Condición también influenciada por las temperaturas ambientales, propias de la temporada de invierno, llegando a registrar en el tratamiento temperaturas menores a 11 °C (Anexo 6). En contraste, *E. crassipes* puede tolerar temperaturas entre 15 y 28 °C, pero tiene un mejor desarrollo entre 20 y 30 °C (12), por lo tanto, es probable que su desempeño sea afectado por las bajas temperaturas registradas.

Con el incremento del tiempo, la conductividad eléctrica disminuye tan ligeramente (20.42, 20.04, 20.01 mS/cm) respecto al valor basal que podríamos decir que se mantiene en el tiempo. No se encontraron evaluaciones similares que determinen este parámetro tras un tratamiento con *E. crassipes*.

La poca reducción de sólidos disueltos totales (10.18, 10.00 y 9.99 ppt) respecto al valor basal, guarda relación con la conductividad eléctrica, mostrando una ínfima reducción de iones disueltos en agua y moléculas orgánicas e inorgánicas. No se encontraron evaluaciones similares que determinen este parámetro tras un tratamiento con *E. crassipes*.

Con el incremento del tiempo, la salinidad disminuye ligeramente (11.45, 11.25 y 11.24 ppt). No se encontraron evaluaciones similares que determinen este parámetro tras un tratamiento con *E. crassipes*. Considerando que valores superiores (60 – 80 ppt) serían letales (27), se podría decir que los valores encontrados no influyeron negativamente en el desempeño de la *E. crassipes*.

4.3.4. Tratamiento Mixto M[5]

Se redujo la concentración de cromo total en los tres tiempos de tratamiento (69.23, 56.95 y 59.81 mg/L) respecto al valor basal, siendo a los 45 días donde se obtuvo una mayor eficiencia de remoción. La poca disminución de la concentración de cromo total al utilizar EMa (5%) y

E. crassipes en combinación podría deberse a que los EM pueden biolixiviar metales de sedimentos y minerales en un medio acuoso (39) además de que se encontró contenido de cromo en la planta antes de iniciar el tratamiento (Anexo 5) y porque la planta al absorber el metal y luego necrosarse, libera el cromo de su estructura y la incorpora al sistema de tratamiento (27).

Conforme aumenta el tiempo hay un incremento en la concentración de Cr(VI) (14.03, 16.10 y 22.33 mg/L) respecto al valor basal. Este incremento podría deberse a que el cromo posee un alto potencial redox logrando oxidarse de Cr(III) a Cr(VI) (25). Al ser el nivel de significancia mayor a 0.05, se demuestra que los valores de Cr(VI) no son diferentes entre los tiempos de tratamiento; sin embargo, a mayor tiempo de tratamiento, mayor oxidación del Cr(III).

La concentración de la DBO₅ incrementó a los 30 y 45 días (8090 y 16850 mg/L) respecto al valor basal, mientras que en 60 días redujo su valor a 864 mg/L. Al igual que Rojas (58), se obtuvo mayor reducción de la DBO₅ en 60 días, determinando que conforme avanza el tiempo y se incrementa la concentración de EM, se obtienen mejores resultados. En contraste, Gavilánez (11) sobre el desempeño de EM y *E. crassipes* en aguas residuales, estableció que la adición de los EM no mejora el proceso de degradación de los contaminantes.

Conforme pasa el tiempo, el pH se mantiene cerca a la neutralidad, llegando hasta 7.16. Esto guarda relación con los tratamientos individuales, ya que ni la adición de EMA ni el uso de *E. crassipes* altera significativamente el pH del agua en tratamiento, por el contrario, se mantuvo en un óptimo rango para el desarrollo de los microorganismos y para la especie seleccionada.

Al igual que los otros tratamientos, conforme aumenta el tiempo la temperatura disminuye (18.05, 14.95 y 13.71 °C) en relación con el valor basal y entre los tiempos de tratamiento. Asimismo, se ve influenciada por las temperaturas ambientales, propias de la temporada de invierno, llegando a registrar en el tratamiento temperaturas menores a 7 °C (Anexo 6). Esta condición, al igual que en los otros tratamientos, es probable que influya en el desempeño de los EMA siendo de 25 a 35 °C la temperatura óptima para su desarrollo (48) y de *E. crassipes* entre 20 y 30 °C (14).

Conforme aumenta el tiempo, la conductividad eléctrica disminuye respecto al valor basal (31.16, 23.53 y 20.73 mS/cm). Esta condición guarda relación con la disminución de la temperatura, puesto que, cuanto menor es la temperatura, menor es la CE (51). No se encontraron evaluaciones similares que determine este parámetro tras un tratamiento con EMA y *E. crassipes*. Al ser el nivel de significancia menor a 0.05, se evidencia que los valores de CE

son diferentes entre los tiempos de tratamiento y que, a mayor tiempo de tratamiento, mayor reducción de iones.

Cuanto más tiempo transcurre mayor es la reducción de los sólidos disueltos totales (15.54, 11.72 y 10.32 ppt), de igual forma la salinidad (18.22, 16.24 y 15.64 ppt). Estos parámetros tienen relación con la reducción de la conductividad eléctrica expresando la cantidad de los metales, sales y minerales que aún tras el tratamiento, se encuentran disueltos en el efluente (49). Al ser su nivel de significancia menor a 0.05, se comprueba que los valores de la concentración de SDT y SALT son diferentes entre los tiempos de tratamiento y que, a mayor tiempo de tratamiento, mayor reducción de moléculas orgánicas, inorgánicas, iones y sales.

4.3.5. Comparativa entre Tratamientos

Respecto al tratamiento B[5], su rendimiento en base a los microorganismos pudo verse afectado por los diferentes factores ya mencionados, como la temperatura y el tiempo de estancamiento; además, pudo verse afectada la actividad microbiana ante la presencia de SO₂, metales pesados o remanentes de bactericidas (39, 40, 43, 44), contaminantes propios de los efluentes de curtido. Igualmente pudo verse afectado el tratamiento M[5], sin embargo, sí muestra un mejor desempeño, lo cual podría deberse a la sinergia entre EMa y *E. crassipes*.

Si bien, en el tratamiento F[0] se observa una mayor reducción de la CE, SDT y SALT, con relación a los otros tratamientos, este podría atribuirse a la dilución inicial del agua tratada para la aplicación de este tratamiento. Cabe recordar que esta dilución se realizó al 50% a fin de propiciar un medio más adecuado para la *E. crassipes*; por lo tanto, se podría decir que la mayor eficiencia de reducción se logra en los tratamientos en los que se aplica EMa a los 60 días.

Contrastando los resultados obtenidos en los tres tratamientos, se puede inferir que con el tratamiento M[5] se obtuvo una mayor eficiencia de remoción de Cr Total (34.58%) a los 45 días; demostrando una sinergia entre los métodos de biorremediación con EMa y fitorremediación con *E. crassipes*; concordando con Carreño (13), quien recomienda que el tratamiento por fitorremediación tendría mejores resultados al complementarlo con otro tratamiento. Sin embargo, el resultado obtenido en la investigación, supera los LMP. Al respecto, en la evaluación de Pineda (17), el 99.8% de la remoción de cromo en efluentes de curtiembre se atribuye a la acumulación del metal en el sedimento.

CONCLUSIONES

Los parámetros basales fisicoquímicos de las aguas residuales de la curtiembre PACHECO S.R.Ltda. fueron: Cr Total (87.05 mg/L), Cr(VI) (0.30 mg/L), DBO₅ (2082 mg/L), pH (6.9), T° (21.31 °C), CE (34.93 mS/cm), SDT (17.50 ppt) y SALT (20.58 ppt). Se demostró que los parámetros de Cr Total y DBO₅ superaron los límites máximos permisibles, mientras que los parámetros de Cr(VI), pH y T° sí cumplen con la normativa vigente aplicable al sector. En cuanto a CE, SDT y SALT, no se cuenta con referencia legal para el sector curtiembre, sin embargo, se tomaron en cuenta debido al elevado uso de sales en el proceso de curtido.

En el tratamiento por biorremediación con EMa (5%), no existe una variación significativa en la concentración de Cr Total en los tres tiempos de tratamiento. En cuanto a la concentración de Cr(VI), se mostró un incremento significativo conforme aumentó el tiempo de tratamiento. Por su parte, la DBO₅ incrementó su valor significativamente a los 45 días. Mientras que, los parámetros de pH, CE, SDT y SALT mostraron una variación entre los tres tiempos de tratamiento. En cambio, la T° sólo mostró una variación a los 60 días.

El tratamiento por fitorremediación con *E. crassipes* mostró una reducción significativa en la concentración de Cr Total a los 60 días de tratamiento. Por su parte, la concentración de Cr(VI) y DBO₅ incrementó significativamente a los 45 días. Asimismo, la T° mostró una variación significativa conforme aumentó el tiempo de tratamiento. No obstante, los valores de pH, CE, SDT y SALT no mostraron diferencias significativas en los valores en los tres tiempos de tratamiento.

El tratamiento mixto con EMa (5%) y *E. crassipes* mostró una mayor reducción en la concentración de Cr Total a los 45 días de tratamiento. Por su parte, la concentración de Cr(VI) mostró un incremento significativo conforme aumentó el tiempo de tratamiento. Por el contrario, la DBO₅ mostró una reducción significativa a los 60 días. A su vez, los valores de T°, CE, SDT y SALT mostraron diferencias significativas en los tres tiempos de tratamiento. Sin embargo, el pH no mostró una variación significativa comparando los tres tiempos de tratamiento. Estos resultados muestran que el tratamiento mixto M[5] es más eficiente en comparación con los tratamientos B[5] y F[0] para la remoción de Cr Total y la reducción de DBO₅, SDT y CE a los 60 días.

RECOMENDACIONES

Los resultados mostraron sinergia entre EMa (5%) y *E. crassipes*. Por lo tanto, se recomienda evaluar la eficiencia del tratamiento mixto aplicando EMa en concentraciones mayores y en combinación con otras especies fitorremediadoras.

Al finalizar el tratamiento de aguas residuales de la curtiembre utilizando *E. crassipes* como planta fitorremediadora, se generaron residuos sólidos orgánicos. Por lo tanto, se recomienda evaluar los mecanismos para su adecuada disposición final.

Al término de los tres tratamientos, la concentración de Cr(VI) se incrementó, evidenciando el proceso de oxidación de Cr(III). Por lo tanto, se recomienda evaluar el potencial redox (Eh) en el tratamiento de aguas residuales de la curtiembre para evaluar el comportamiento del cromo.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi0x6vhvd_9AhVPrpUCHSmcAc8QFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.unal.edu.co%2Fhandle%2Funal%2F79356&usg=AOvVaw29oc041qV1OVuQFijuRAKP

8. VARGAS, C., *et al.* Estado del arte; del uso de la *Eichhornia crassipes* en la fitorremediación de aguas residuales industriales [en línea]. 2018. [fecha de consulta: 21 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7021685>
9. DELGADILLO-LÓPEZ, A., *et al.* Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* [en línea]. 2011. 14(2), 597–612 [fecha de consulta: 26 de marzo de 2021]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002
10. OEFA. Informe de evaluación ambiental en el ámbito del Parque Industrial de Río Seco, provincia y departamento de Arequipa, 2017 [en línea]. 2017. [fecha de consulta: 26 de marzo de 2021]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjZ0fmpkt79AhWZHLkGHYhSC1YQFnoECAgQAQ&url=http%3A%2F%2Fvisorsig.oefa.gob.pe%2Fdatos_DE%2FFPM0203%2FFPM020302%2F02%2FFIC%2FFIC_0049-2017-OEFA-DE-SDLB-CEAPIO.pdf&usg=AOvVaw2YSVgnItd_KGq8JXIVdUR0
11. GAVILÁNEZ, F. Influencia de *Eichhornia crassipes* y microorganismos eficientes sobre contaminantes químicos y orgánicos de las aguas residuales de Naranjito, Ecuador. *Revista de Investigación Científica - Universidad Nacional de Tumbes* [en línea], 2015, 151(2), 21–30 [fecha de consulta: 28 de marzo de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2015.014>.
12. CORTÉS, P. y FLOREZ, J. Evaluación in vitro de la taruya (*Eichhornia Crassipes*) como agente biorremediador en aguas contaminadas con cromo. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Cartagena de Indias: Universidad de San Buenaventura Seccional Cartagena, 2017. [fecha de consulta: 28 de marzo de 2021]. Disponible en:

<https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/0c2045c3-5489-48ae-aa7d-3953ce58596a/content>

13. CARREÑO, U. Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*. Revista Colombiana de Biotecnología [en línea]. 2016. 18(2), 74–81 [fecha de consulta: 28 de marzo de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.52271>.
14. ORTEGA, S. y SÁNCHEZ, D. Evaluación de la capacidad de remoción de cromo de *Eichhornia crassipes* y *Azolla* sp con miras a su aplicación como tratamiento complementario de aguas residuales de la industria galvanotécnica. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental y Sanitaria). Bogotá: Universidad de La Salle, 2019. [fecha de consulta: 2 de abril de 2021]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1137/
15. MOROCHO, M. Tratamiento de aguas residuales de una curtiembre en el Cantón Cuenca mediante la aplicación dosificada de EMAs (Microorganismos Eficientes Autóctonos). Tesis (Magister en Agroecología y Ambiente). Cuenca: Universidad de Cuenca, 2017. [fecha de consulta: 2 de abril de 2021]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26955/1/Tesis.pdf.pdf>
16. BELTRÁN, T. y CAMPOS, C. Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja. Tesis (Título en Ingeniero Forestal y Ambiental). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. [fecha de consulta: 2 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3461/Beltran%20Beltran-Campos%20Rivero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
17. PINEDA, J. y BOCARDO, E. Evaluación del potencial de fitorremediación de *Isolepis cernua* y *Nasturtium aquaticum* para el tratamiento secundario de efluentes de curtiembre del parque industria Río Seco-Arequipa. Tesis (Título en Ingeniero Ambiental). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2019. [fecha de consulta: 2 de abril de 2021]. Disponible en: <https://pure.unsa.edu.pe/es/projects/evaluación-potencial-de-fitorremediación-de-isolepis-cernua-y-nas-2>

18. SALDAÑA, A. Remojo de pieles mediante vacío. Tesis (Magister en Ciencia y Tecnología). México: Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, 2009. [fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en: <https://ciatec.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1019/109/1/Tesis-armando%20saldaña.pdf>

19. MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN. RD N°198-2015-PRODUCE-DIGGAM Aprobación de EIA presentado por empresa Curtiembre Pacheco S.R.LTDA [en línea]. 2015. Perú. [fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1242397/rd_296-2020-produce-dgaami.pdf

20. MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN. Evaluación para la sustitución de procesos y/o productos químicos para la producción limpia en la industria curtiembre. 2018. [fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiulPTizt_9AhW3JbkGHQcMDEIQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.itp.gob.pe%2Farchivos%2Fvtic%2FCCAL_001-2018.pdf&usg=AOvVaw2f_2DJK9bFIMyPYd-DvejW

21. MELGAR, D. Tecnología del cuero Tomo I [en línea]. 2000. [fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en: https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/turismo/publicaciones/artesania/2005_2017/8_Tecnologia_cuero_t.1_2000.pdf

22. ESPARZA, E. y GAMBOA, N. Contaminación debida a la industria curtiembre. Revista de Química [en línea]. 2001, 15(1), 41–64. [fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/4756>

23. LIMA, R., *et al.* Desempeño de un sistema de humedales construido a partir de dos pasos para el tratamiento de efluentes de curtiembre [en línea]. En: Simposio Brasileño sobre Aplicación de Humedales Construidos. 2015. p. 10.

24. ZEBALLOS, J. Determinación de parámetros fisicoquímicos en efluentes industriales de curtiembres de la asociación de pequeñas y medianas empresas de curtiembres,

- fábricas de cola y derivados del cuero (apymeco) - Parque industrial de Rio Seco (PIRS), Cerro Colorado. Tesis (Título de Biólogo). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2014. [fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/454>
25. ARIZABAL, V. Implementación de humedales artificiales para mejorar la calidad de las aguas residuales pre-tratadas de la industria del curtido de cuero en el Parque Industrial Rio Seco – Arequipa, 2017. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2018. [fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_33b39361686700525c2cd045fe77ef2e/Details
 26. MONTOYA-PALOMINO, W., PEÑA-SALAMANCA, E. y TORRES-RODRÍGUEZ, G. Variaciones ultraestructurales inducidas por Cromo (VI) en hojas de jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*). *Limnetica* [en línea]. 2015, 34(1), 85–94 [fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.23818/limn.34.08>.
 27. FALL, C. Avances en ciencia del agua [en línea]. 2015. [fecha de consulta: 15 de mayo de 2021]. ISBN 9786074225686. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/123456789/21816>
 28. SOTELO, A. Especiación de cromo en la solución del suelo de tres suelos enmendados con biosólidos bajo diferentes condiciones oxidoreductoras. Tesis (Magister en Ciencias - Geomorfología y Suelos). Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2012. [fecha de consulta: 11 de junio de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9822>
 29. FAISAL, M y SIDDIQA, A. Fitorremediación de contaminantes con cromo suelo usando plantas en conjunción con microbios. En: ANSARI, A., SINGH, S., GILL, R., LANZA, G. y NEWMAN, L. (eds.), Springer Nature Suiza AG, 2018. pp. 215–231 [fecha de consulta: 11 de junio de 2021]. Capítulo 10. Fitorremediación. ISBN 9783319996516. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99651-6>
 30. ANDRADE, S. Recopilación bibliográfica de tecnologías alternativas para el tratamiento de relaves mineros para minimizar la cantidad de metales pesados. Tesis

- (Título de Ingeniero Químico). Machala: Universidad Técnica de Machala, 2020. [fecha de consulta: 11 de junio de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16279>
31. CALDERÓN, R. y FORERO, S. Implementación de un diseño piloto de bandejas de aireación para aguas, potencializado con microorganismos eficientes. *Ciencia, ingeniería y educación científica*. 2013, 16(2), 52 [fecha de consulta: 11 de junio de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/23448350.4020>.
 32. MURILLO, A. y MONTAÑEZ, M. Capacidad fitorremediadora del *Schoenoplectus americanus* y *Eichhornia crassipes* sobre la concentración de cianuro en el efluente de la Mina Paltarumi S. A. C., Barranca, 2020. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Huaura: Universidad Católica Sedes Sapientiae, 2022. [fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1578>
 33. GUEVARA, M. y RAMÍREZ, L. *Eichhornia crassipes*, su invasividad y potencial fitorremediador. *Revista de Ciencias de la vida*. 2015, 22, 5–11 [fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.17163/lgr.n22.2015.01>
 34. ROJAS, A. Buchón de Agua: una revisión bibliográfica de su capacidad para remover contaminantes del agua. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Villavicencio: Universidad Santo Tomás, 2021. [fecha de consulta: 22 de abril de 2022]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/31969>
 35. REYES, M. Factor de bioconcentración y traslocación de metales pesados en *Eichhornia crassipes* de la Laguna Omelca en Veracruz. Tesis (Magister en Ciencias en Ingeniería Ambiental). Boca del Río: Instituto Tecnológico de Boca del Río, 2020. [fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en: <https://rinacional.tecnm.mx/handle/TecNM/2558>
 36. GARZÓN, J., RODRÍGUEZ, J. y HERNÁNDEZ, C. Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Universidad y Salud* [en línea]. 2017, 19(2), 309–318 [fecha de consulta: 11 de junio de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.22267/rus.171902.93>.
 37. YADAV, P., *et al.* Reducción de la carga de contaminación de los efluentes de curtiduría mediante el enfoque de inmovilización celular utilizando Intermedio de

- Ochrobactrum*. Journal of Water Process Engineering [en línea]. 2021, 41, 1–10 [fecha de consulta: 11 de junio de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102059>.
38. EM RESEARCH ORGANIZATION. Guía de la Tecnología de Microorganismos Eficientes [en línea]. San Juan de Tibás: EM Producción y Tecnología S.A, 2019. [fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin%20Tecnologia%20%20EM.pdf>
39. DELGADO, J. Influencia de los microorganismos eficaces (Em 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: 22 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7027>
40. VALDEZ, A. Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la localidad de Chucuito. Tesis (Título de Ingeniero Agrícola). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2016. [fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3275389>
41. ROMERO, T. y VARGAS, D. Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. Ingeniería Hidráulica y Ambiental [en línea]. 2017, 38(3), 88–100. [fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300008#:~:text=Hay%20una%20gran%20variedad%20de,son%20eficientes%20\(López%201981\).](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300008#:~:text=Hay%20una%20gran%20variedad%20de,son%20eficientes%20(López%201981).)
42. CENTENO, L., QUINTANA, A. y LÓPEZ, F. Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú. Arnaldoa [en línea]. 2019, 26(1), 433–446 [fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26123>.

43. TANYA, M. y LEIVA-MORA, M. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Centro Agrícola. [en línea]. 2019, 46(2), 93–103 [fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093
44. VÁSQUEZ, C. Efecto de los microorganismos eficientes en la disminución de la demanda biológica de oxígeno del agua residual domésticas Dren 3100. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2019. [fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38036>
45. ROBLES, F. Influencia de la concentración de microorganismos eficaces y el tiempo de retención hidráulico en la remoción de materia orgánica del agua residual del Distrito de Sapallanga. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019. [fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5978/T010_60423781_T.pdf?sequence=1
46. FAIFE, E., *et al.* Empleo de microorganismos eficientes como alternativa para el tratamiento de residuales. Revisión bibliográfica. ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar [en línea]. 2018, 52(3), 30–40. [fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/339916510_Empleo_de_microorganismos_eficientes_como_alternativa_para_el_tratamiento_de_residuales_Revisión_bibliograf_ica
47. CANALES, H. y SEVILLA, A. Evaluación del uso de microorganismos eficaces en el tratamiento de efluentes domésticos residuales del Distrito de Pátapo. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2016. [fecha de consulta: 3 de junio de 2021]. Disponible en: [https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/1092#:~:text=En%20conclusió n%20deducimos%20que%20la,\(15%2C30%25\)%2C%20coliformes](https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/1092#:~:text=En%20conclusió n%20deducimos%20que%20la,(15%2C30%25)%2C%20coliformes)
48. DELGADILLO, O., *et al.* Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua, 2010. [fecha

- de consulta: 3 de junio de 2021]. ISBN 9789995476625. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>
49. BAUDER, J. y SIGLER, A. Alcalinidad, pH y sólidos disueltos totales [en línea]. 2014. [fecha de consulta: 3 de junio de 2021]. Disponible en: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS_2012-11-15-SP.pdf
 50. VÁSCONEZ, R. Reducción en la demanda bioquímica y química de oxígeno en las aguas residuales de la Tenería Núñez aplicando tratamiento de electrólisis del agua residual. Tesis (Título de Ingeniero Bioquímico). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2021. [fecha de consulta: 3 de junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/33676>
 51. JUNTAS DE AGUA DE CALIFORNIA. Conductividad Eléctrica/Salinidad [en línea]. 2014. [fecha de consulta: 3 de junio de 2021]. Disponible en: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf
 52. GONZALES, E. y QUISPE, R. Influencia de los microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huancavelica en el 2020. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental y Sanitario). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2020. [fecha de consulta: 13 de junio de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/0e585a1a-a3f0-40a9-bd4d-4421c56bc425>
 53. CHOTA, A. y OJANAMA, G. Aplicación de Microorganismos Eficaces (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: 15 de junio de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3036>
 54. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. Metodología de la Investigación. México D.F.: McGraw-Hill, 2014. [fecha de consulta: 6 de julio de 2021]. ISBN 9781456223960. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

55. UNALM. Solución Hidropónica La Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina [en línea]. 2015. [fecha de consulta: 6 de julio de 2021]. Disponible en: http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/sol_presentacion.htm <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/>
56. SARANYA, D. y SHANTHAKUMAR, S. Un enfoque integrado para el tratamiento de efluentes de curtiduría con ozonización y fitorremediación: un estudio de viabilidad. *Environmental Research* [en línea]. 2020, 183, 1–16 [fecha de consulta: 6 de julio de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109163>.
57. MENDONCILLA, C. Influencia del pH y el tiempo en la remoción de cromo hexavalente presente en soluciones acuosas utilizando la electrocoagulación. Tesis (Título de Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2017. [fecha de consulta: 12 de julio de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25059>
58. ROJAS, M. Efecto de la concentración de los “Microorganismos Eficaces” (EM) en la degradación de materia orgánica de aguas residuales domésticas de las lagunas de oxidación del distrito de Moche – Región La Libertad. Tesis (Título de Biólogo). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2012. [fecha de consulta: 15 de julio de 2021]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_e80a0eed716787f67768e386a6647637
59. GUANILO, R., *et al.* Microorganismos eficientes en la descontaminación de agua subterránea y su implicancia en la producción y calidad de lechuga hidropónica. *Manglar* [en línea]. 2021, 18(1), 77–82 [fecha de consulta: 17 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.010>.

ANEXOS

Formato de Autorización de la Empresa

Arequipa, 02 de junio del 2021

La empresa CURTIEMBRE PACHECO S. R. LTDA. con R.U.C. N° 20133122223, y ubicada en MZA. B LOTE. 14 Z.I. PARQUE INDUSTRIAL RIO SECO, distrito de Cerro Colorado, provincia y Región de Arequipa. Se compromete a brindar las facilidades para realizar las actividades de investigación y acceso a la información solicitadas en el documento adjunto, las mismas que solo pueden ser utilizadas para fines estrictamente académicos vinculados al trabajo de investigación titulado: "Eficiencia del sistema mixto por fitorremediación y biorremediación para el tratamiento de aguas residuales de las curtiembres de Río Seco- Arequipa, 2021", desarrollado por los Bachilleres CARMONA QUELOPANA FLOR DENNIS y CRUZATT DUEÑAS ALDO, será de público conocimiento a través del repositorio institucional de la Universidad Continental y del (los) artículo (s) científico (s) que puedan generarse.

Cordialmente,

Nombres y Apellidos:

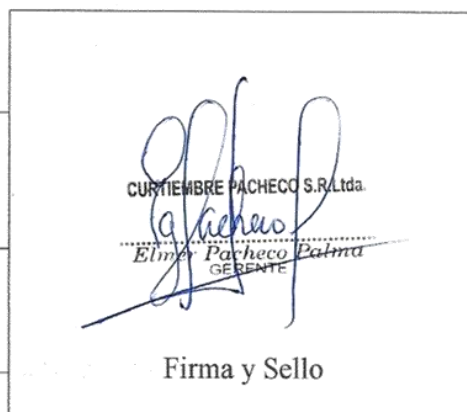
Elmer G. Pacheco Palma

Cargo que ocupa:

GERENTE

DNI:

29550698



SOLICITO: DETERMINACIÓN DE ESPECÍMENES

Señor:

Dr. Víctor Quipuscoa Silvestre

Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD)

Av. Jorge Chávez # 610 – Cercado

Arequipa, Perú

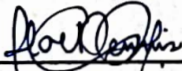
Flor Dennis Carmona Quelopana, identificada con D.N.I. 76525816, domiciliada en calle Paz Soldán 505 distrito Yanahuara, provincia Arequipa y departamento Arequipa, y **Aldo Cruzatt Dueñas**, identificado con D.N.I. 46846500, domiciliado en calle Dos de mayo S/N, distrito Caravelí, provincia Caravelí y departamento Arequipa, ambos tesistas de la Universidad Continental, ante Ud. con el debido respeto nos presentamos y exponemos:

Que, para la realización del Proyecto de Investigación titulado **“Eficiencia del sistema mixto por fitorremediación y biorremediación para el tratamiento de aguas residuales de las curtiembres de Río Seco- Arequipa, 2021”**, desarrollado por los Bachilleres en Ingeniería Ambiental, **Flor Dennis Carmona Quelopana** y **Aldo Cruzatt Dueñas**, presentado en la Universidad Continental, se solicita la determinación del espécimen colectado en el distrito de Dean Valdivia, Provincia de Islay, Región de Arequipa, en las coordenadas L.S.17.119974 y L.O. 71.890135, a 13m de elevación.

POR TANTO:

Pido a Usted señor Director acceder a la presente.

Arequipa, 02 de agosto de 2021



Bach. Flor Dennis Carmona Quelopana
Universidad Continental



Bach. Aldo Cruzatt Dueñas
Universidad Continental

PROCESO DE CURTIDO DE PIELES - CURTIEMBRE PACHECO

PROCESO		ACTIVIDADES	INSUMOS	NOMBRE/CONCENTRACIÓN	TIEMPO	N° DE DESCARGA
Recepción de pieles		Compra de pieles	Ninguno	Ninguno	Se realiza hasta 2 veces al mes	Ninguna
		Pesado y clasificación				
		Corte de rabos				
Almacenamiento de pieles		Las pieles se dejan sobre parihuelas	Ninguno	Ninguno	Hasta 1 mes	Ninguna
Remojo	Pre-remojo	Hidratación y lavado de las pieles	Agua	200% del peso total de pieles	1 hora	Primera descarga
			Bactericida	0.05% del peso total de pieles		
	Enjuague	Enjuague del botal	Agua	30% aprox. del peso total de pieles	Aprox. 30 minutos	Segunda descarga
	Remojo principal	Hidratación y lavado de las pieles	Agua	120% del peso total de pieles	4 horas	Tercera descarga
			Bactericidas	1% del peso total de pieles		
			Humectante	1% del peso total de pieles		
			Auxiliares humectantes	0.1% del peso total de pieles		

Pelambre	Lavado	Lavado del botal	Agua	30% aprox. del peso total de pieles	Aprox. 30 – 60 minutos	Ninguna
	Pelambre	Quitado de pelo	Agua	100% del peso total de pieles	6 horas	Cuarta descarga
			Sulfuro de Sodio	0.4% del peso total de pieles		
			Cal apagada	0.3% del peso total de pieles		
			Aminas	0.3% del peso total de pieles		
Descarnado	Quitado de restos de carnaza mecánicamente	Ninguno	Ninguno	Entre 2 a 3 horas	Ninguna	
Recorte	Corte de bordes y partes no adecuadas manualmente	Ninguno	Ninguno	2 horas	Ninguna	
Dividido	Separación mecánica de la flor y la carnaza	Agua	10 L/cuero	Entre 2 a 4 horas	Sexta descarga (no significativa en volumen)	

Desencalado	Lavado 1 Pre-desencalado	Remoción de la cal y el sulfuro de las pieles.	Agua	200% del peso total de pieles	30 minutos	Séptima descarga (no significativa)
	Lavado 2 Pre-desencalado		Agua	200% del peso total de pieles	30 minutos	Octava descarga (no significativa)
	Desencalado		Corimerpin 9063 (descalcificador)	1% del peso total de pieles	30 minutos y reposa	Novena descarga
			Biocide B7	0.05% del peso total de pieles		
Purga y desengrase		Aflojamiento de fibras de colágeno y deshinchamiento de las pieles.	Agua caliente (40 °C)	50% del peso total de pieles	1 hora	Décima descarga
			Merpizym 9187	0.17% del peso total de pieles		
			Hidrophan 9180	0.1% del peso total de pieles		
	Lavado 1 Pre-Piquelado	Lavado del botal antes del piquelado	Agua	30% aprox. del peso total de pieles	15 minutos	Décimo primera descarga no colectada por no ser significativa

Piquelado	Lavado 2 Pre-Piquelado	Lavado del botal antes del piquelado	Agua	30% aprox. del peso total de pieles	15 minutos	Décimo segunda descarga no colectada por no ser significativa
	Piquelado	Se acidifican las pieles a un determinado pH antes del curtido	Agua	50% del peso total de pieles	2.5 horas y reposa	Ninguna
			Ácido Sulfúrico	0.9% del peso total de pieles		
			Ácido fórmico	0.5% del peso total de pieles		
			Sal Industrial	7% del peso total de pieles		
Curtido	Estabilización de la fibra de colágeno para evitar la putrefacción	Sales de Cromo	6% del peso total de pieles	8 horas aprox. y reposa	Décimo tercera descarga	

Ecurrido	Ecurrido mecánico de las pieles curtidas	Ninguno	Ninguno	Aprox. 2 a 3 horas	Ninguna
Raspado	Extracción mecánica de costras	Ninguno	Ninguno	Durante toda la jornada laboral por lo general.	Ninguna
Recorte	Recorte manual de bordes	Ninguno	Ninguno	Entre 2 – 3 horas	Ninguna
Recurtido	Tratamientos diferentes de acuerdo al tipo de cuero requerido	Agua	200% del peso total de los cueros	4 horas y reposa	Décimo cuarta descarga
		Ácido fórmico	0.60% del peso total de los cueros		
Engrase	Da suavidad y tacto al cuero.	Agua	100% del peso total de los cueros	2 horas aprox.	Décimo quinta descarga
		Engrasantes	6% del peso total de cueros		
Teñido	Se da al cuero un color determinado,	Agua	30% del peso total de los cueros	4 horas aprox.	Décimo sexta descarga
		Anilinas o colorantes	1.5% del peso total de cueros		

Carpeteado	Escurreo mecánico de las pieles teñidas	Ninguno	Ninguno	Variable (depende de la cantidad de cueros)	Ninguna
Secado al vacío	Secado de las pieles fundamentado en el calentamiento por conducción.	Ninguno	Ninguno	Durante toda la jornada laboral por lo general.	Ninguna
Colgado	Para orear las pieles.	Ninguno	Ninguno	12 horas aprox.	Ninguna
Secado Tougling	Secado para determinada clase de cuero	Ninguno	Ninguno	Variable (depende de la cantidad de cueros)	Ninguna
Rehumectación	Humectación de los bordes del cuero por medio de pistola de aspersión.	Agua (con mínima cantidad de engrasante o glicerina)	0.24 L/cuero	Variable (depende de la cantidad de cueros) – 10 segundos/cuero	Ninguna
Molliza	Ablandamiento del cuero mecánicamente	Ninguno	Ninguno	Variable (depende de la cantidad de cueros) – 5 segundos/cuero	Ninguna
Acabado	En otro local				



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° 010-2021

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

HACE CONSTAR:

Que la muestra presentada por los Srta. **Raquel Mayveliz Navarro Oviedo**, recolectada en el distrito de Dean Valdivia, provincia de Islay, departamento de Arequipa con coordenadas L.S. 17.119974 y L.O.71.890135, para la realización de la tesis: "**Determinación de la eficacia del tratamiento por fitorremediación y diferentes porcentajes de EM – agua en la remoción de Cr de aguas residuales de curtiembre del parque Industrial de Rio Seco – Arequipa, 2021**", 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, 31 de agosto 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



ANEXO 4

PANEL FOTOGRÁFICO

Foto 1. Acondicionamiento del área



Foto 2 y 3. Selección y recolección de la especie *Eichhornia crassipes*



Foto 4. Aclimatación y nutrición de *Eichhornia crassipes*



Foto 5 y 6. Activación de EM y medición de pH a los EMa (Microorganismos Eficaces activados)



Foto 7 y 8. Recolección de Aguas Residuales de Curtiembre



Foto 9 y 10. Caracterización del Agua Residual Industrial (ARI)



Foto 11. Instalación de los sistemas de tratamiento



Foto 12. Aplicación de EMA a un sistema de tratamiento por Biorremediación B[5]



Foto 13 y 14. Cosecha de *E. crassipes* en sistema de tratamiento por Fitorremediación F[0]



Foto 15. Aplicación de EMa a un sistema de tratamiento Mixto M[5]



Foto 16 y 17. Toma de datos físicos con equipo HANNA y Tester Multifunción



Foto 18 y 19. Toma de muestras para análisis de laboratorio



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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	E. CRASSIPES - JACINTO DE AGUA (PARTE AÉREA, RAÍZ) Parte aérea Eichhornia	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	0.16	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	E. CRASSIPES - JACINTO DE AGUA (PARTE AÉREA, RAÍZ) Raíz Eichhornia	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	0.30	mg/Kg

ABREVIATURAS :

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

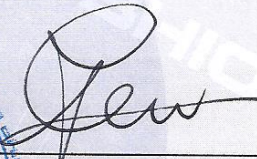
MÉTODOS UTILIZADOS :

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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 14/08/2021 al 23/08/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 23/08/2021




Bigo Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4200 - 2021
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: Fito-30días-R1 - Fecha y hora de muestreo: 31/07/2021 09:20hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	896	mg/L
FQ	Elemento Cr*	48.85	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	8.30	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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.

Oxígeno Disuelto Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: Fito-30días-R2 - Fecha y hora de muestreo: 31/07/2021 09:32hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	876	mg/L
FQ	Elemento Cr*	37.72	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	12.50	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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.

Oxígeno Disuelto Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: Fito-30días-R3 - Fecha y hora de muestreo: 31/07/2021 09:39hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	880	mg/L
FQ	Elemento Cr*	50.00	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	8.50	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

INFORME DE ENSAYOS N° 4200- 2021
PÁGINA 3 DE 3

Cromo Hexavalente	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3500-Cr B. Chromium. Colorimetric Method. 23nd Ed. 2017.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.
Oxígeno Disuelto	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 31/07/2021 al 07/08/2021

MB 31/07/2021 al 05/08/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 07/08/2021




Bigo Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4076- 2021
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE 30 DÍAS DE TRATAMIENTO CON EMA Y E.CRASSIPES Código: B(5%)-30días-R1 - Fecha y hora de muestreo: 23/07/2021 12:45hrs.	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	18.6	mg/L
FQ	Elemento Cr	79.69	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.

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	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE 30 DÍAS DE TRATAMIENTO CON EMA Y E.CRASSIPES Código: B(5%)-30días-R3 - Fecha y hora de muestreo: 23/07/2021 13:40hrs.	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	16.9	mg/L
FQ	Elemento Cr	70.00	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.

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	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE 30 DÍAS DE TRATAMIENTO CON EMA Y E.CRASSIPES Código: B(5%)-30días-R2 - Fecha y hora de muestreo: 23/07/2021 12:56hrs.	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	17.3	mg/L
FQ	Elemento Cr	73.88	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.

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° 4076-2021
PÁGINA 3 DE 3

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 23/07/2021 al 04/08/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/08/2021


Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



INFORME DE ENSAYOS N° 4082 - 2021
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE 30 DÍAS DE TRATAMIENTO CON EMA Y E.CRASSIPES Código: M(5%)-30días-R1 - Fecha y hora de muestreo: 23/07/2021 13:05hrs.	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	19.65	mg/L
FQ	Elemento Cr	95.49	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. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE 30 DÍAS DE TRATAMIENTO CON EMA Y E.CRASSIPES Código: M(5%)-30días-R2 - Fecha y hora de muestreo: 23/07/2021 13:12hrs.	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	15.10	mg/L
FQ	Elemento Cr	71.03	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. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE 30 DÍAS DE TRATAMIENTO CON EMA Y E.CRASSIPES Código: M(5%)-30días-R3 - Fecha y hora de muestreo: 23/07/2021 13:45hrs.	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	12.95	mg/L
FQ	Elemento Cr	67.42	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

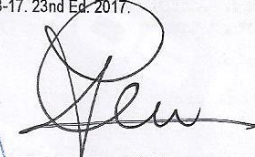
MÉTODOS UTILIZADOS :

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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 23/07/2021 al 02/08/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 02/08/2021




Bigo. Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4083- 2021
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE 30 DÍAS DE TRATAMIENTO CON EMA Y E.CRASSIPES Código: M(5%)-30días-R2 - Fecha y hora de muestreo: 23/07/2021 13:12hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	8040	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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. 23nd Ed. 2017.

Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE 30 DÍAS DE TRATAMIENTO CON EMA Y E.CRASSIPES Código: M(5%)-30días-R3 - Fecha y hora de muestreo: 23/07/2021 13:45hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	7210	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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. 23nd Ed. 2017.

Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE 30 DÍAS DE TRATAMIENTO CON EMA Y E.CRASSIPES Código: M(5%)-30días-R1 - Fecha y hora de muestreo: 23/07/2021 13:05hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	8140	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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. 23nd Ed. 2017.

Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE 30 DÍAS DE TRATAMIENTO CON EMA Y E.CRASSIPES Código: B(5%)-30días-R1 - Fecha y hora de muestreo: 23/07/2021 12:45hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	7950	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	mg/L

ABREVIATURAS :

INFORME DE ENSAYOS N° 4083-2021
PÁGINA 3 DE 3

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.
Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE 30 DÍAS DE TRATAMIENTO CON EMA Y E.CRASSIPES Código: B(5%)-30días-R2 - Fecha y hora de muestreo: 23/07/2021 12:56hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	6550	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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.
Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE 30 DÍAS DE TRATAMIENTO CON EMA Y E.CRASSIPES Código: B(5%)-30días-R3 - Fecha y hora de muestreo: 23/07/2021 13:40hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	6830	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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.
Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 23/07/2021 al 04/08/2021

MB 23/07/2021 al 28/03/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/08/2021



[Signature]
Bigo, Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: B(5%)-45días-R1 - Fecha y hora de muestreo: 07/08/2021 09:00hrs.	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	21.40	mg/L
FQ	Elemento Cr	80.90	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.

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	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: B(5%)-45días-R2 - Fecha y hora de muestreo: 07/08/2021 09:30hrs.	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	13.15	mg/L
FQ	Elemento Cr	71.11	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.

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	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: B(5%)-45días-R3 - Fecha y hora de muestreo: 07/08/2021 09:47hrs.	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	20.35	mg/L
FQ	Elemento Cr	92.64	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.

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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 07/08/2021 al 12/08/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 13/08/2021



[Handwritten Signature]

Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



INFORME DE ENSAYOS N° 4300 - 2021
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: M(5%)-45días-R1 - Fecha y hora de muestreo: 07/08/2021 08:45hrs.	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	20.70	mg/L
FQ	Elemento Cr	111.13	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. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: M(5%)-45días-R2 - Fecha y hora de muestreo: 07/08/2021 09:20hrs.	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	16.30	mg/L
FQ	Elemento Cr	56.62	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. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: M(5%)-45días-R3 - Fecha y hora de muestreo: 07/08/2021 09:42hrs.	UNIDADES
FQ	Cromo Hexavalente	15.90	mg/L
FQ	Elemento Cr	57.27	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. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 07/08/2021 al 13/08/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 13/08/2021



BHIOS LABORATORIOS
Ing. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4301 - 2021
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: M(5%)-45días-R1 - Fecha y hora de muestreo: 07/08/2021 08:45hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	9760	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Demanda Bioquímica de Oxígeno : 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.
Oxígeno Disuelto Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: M(5%)-45días-R2 - Fecha y hora de muestreo: 07/08/2021 09:20 hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	19200	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Demanda Bioquímica de Oxígeno : 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.
Oxígeno Disuelto Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: M(5%)-45días-R3 - Fecha y hora de muestreo: 07/08/2021 09:42 hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	14500	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Demanda Bioquímica de Oxígeno : 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.
Oxígeno Disuelto Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: B(5%)-45días-R1 - Fecha y hora de muestreo: 07/08/2021 09:00 hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	44550	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	mg/L

ABREVIATURAS :

INFORME DE ENSAYOS N° 4301 - 2021
PÁGINA 3 DE 3

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. 23nd Ed. 2017.
Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: B(5%)-45días-R2 - Fecha y hora de muestreo: 07/08/2021 09:30 hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	46650	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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. 23nd Ed. 2017.
Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: B(5%)-45días-R3 - Fecha y hora de muestreo: 07/08/2021 09:47 hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	43250	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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. 23nd Ed. 2017.
Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 07/08/2021 al 11/08/2021

MB 07/08/2021 al 12/08/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 14/08/2021



Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4410- 2021
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: Fito -45 días - R1 - Fecha y hora de muestreo: 14/08/2021 08:10hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	877	mg/L
FQ	Elemento Cr*	48.59	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	29.30	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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. 23nd 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. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.

Oxígeno Disuelto Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: Fito -45 días - R2 - Fecha y hora de muestreo: 14/08/2021 08:10hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	988	mg/L
FQ	Elemento Cr*	55.86	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	39.95	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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. 23nd 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. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.

Oxígeno Disuelto Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: Fito -45 días - R3 - Fecha y hora de muestreo: 14/08/2021 08:10hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1053	mg/L
FQ	Elemento Cr*	44.07	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	34.45	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

INFORME DE ENSAYOS N° 4410- 2021
PÁGINA 3 DE 3

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 (DBO ₅)	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.
Oxígeno Disuelto	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

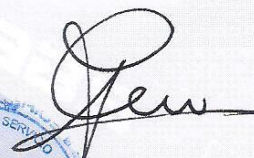
OBSERVACIONES :

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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 14/08/2021 al 19/08/2021

MB 14/08/2021 al 19/08/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 23/08/2021



Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



INFORME DE ENSAYOS N° 4727- 2021
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E. CRASSIPES		UNIDADES
		Fito-60 días-R1	Fecha de muestreo: 31/08/2021 10:07 hrs.	
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		896	mg/L
FQ	Elemento Cr*		34.26	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*		15.96	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*		<0.3	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. 23nd 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. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.

Oxígeno Disuelto

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E. CRASSIPES		UNIDADES
		Fito-60 días-R2	Fecha de muestreo: 31/08/2021 10:12 hrs.	
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		929	mg/L
FQ	Elemento Cr*		30.94	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*		24.24	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*		<0.3	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. 23nd 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. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.

Oxígeno Disuelto

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E. CRASSIPES		UNIDADES
		Fito-60 días-R3	Fecha de muestreo: 31/08/2021 10:20 hrs.	
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		934	mg/L
FQ	Elemento Cr*		72.86	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*		16.92	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*		<0.3	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. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.

INFORME DE ENSAYOS N° 4727- 2021
PÁGINA 3 DE 3

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. 23nd Ed. 2017.
Oxígeno Disuelto Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 31/08/2021 al 10/09/2021

MB 31/08/2021 al 05/09/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 10/09/2021




Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4599- 2021
PÁGINA 2 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: M(5%)-60días-R1 - Fecha y hora de muestreo: 23/08/2021 08:17 hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	875	mg/L
FQ	Elemento Cr*	114.33	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	18.50	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	< 0.3	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. 23nd 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. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.

Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: M(5%)-60días-R2 - Fecha y hora de muestreo: 23/08/2021 08:17 hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	853	mg/L
FQ	Elemento Cr*	63.43	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	26.15	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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. 23nd 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. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.

Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: M(5%)-60días-R3 - Fecha y hora de muestreo: 23/08/2021 08:17 hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1068	mg/L
FQ	Elemento Cr*	56.19	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	35.00	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	mg/L

ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

INFORME DE ENSAYOS N° 4599- 2021

PÁGINA 3 DE 4

Cromo Hexavalente	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3500-Cr B. Chromium. Colorimetric Method. 23nd Ed. 2017.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.
Oxígeno Disuelto	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: B(5%)-60días-R1 - Fecha y hora de muestreo: 23/08/2021 08:23 hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	981	mg/L
FQ	Elemento Cr*	81.17	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	33.45	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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. 23nd Ed. 2017.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.
Oxígeno Disuelto	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: B(5%)-60días-R2 - Fecha y hora de muestreo: 23/08/2021 08:23 hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	2905	mg/L
FQ	Elemento Cr*	70.37	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	27.45	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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. 23nd Ed. 2017.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23nd 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. 23nd Ed. 2017.
Oxígeno Disuelto	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23nd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

INFORME DE ENSAYOS N° 4599 - 2021
PÁGINA 4 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE TRATADAS CON EMA Y/O E.CRASSIPES Código: B(5%)-60días-R3 - Fecha y hora de muestreo: 23/08/2021 08:23 hrs.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3263	mg/L
FQ	Elemento Cr*	96.52	mg/L
FQ	Cromo Hexavalente*	28.85	mg/L
FQ	Oxígeno Disuelto*	<0.3	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.
Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 23/08/2021 al 01/09/2021

MB 23/08/2021 al 28/08/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 01/09/2021




Bigo Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Base de Datos de la toma de parámetros diarios (pH, T°, CE, SDT, SALT)

pH			M[5] Biorremediación			M[5] Fitorremediación			B[5]			F[0]		
Día	Fecha	Hora	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	23-Jun	18:00	0.00	6.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.90	0.00			
1	24-Jun	08:00	0.00	7.06	0.00	0.00	0.00	0.00	7.02	0.00	0.00			
		13:00	6.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.91			
		18:00	0.00	7.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.03	0.00			
2	25-Jun	08:00	6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.03			
		13:00	0.00	7.01	0.00	0.00	0.00	0.00	6.96	0.00	0.00			
		18:00	0.00	0.00	7.08	0.00	0.00	0.00	0.00	7.05	0.00			
3	26-Jun	08:00	0.00	0.00	7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	7.06	0.00			
		13:00	0.00	7.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.93			
		18:00	7.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.07			
4	27-Jun	08:00	0.00	7.05	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00			
		13:00	6.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.91			
		18:00	0.00	0.00	7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	7.09	0.00			
5	28-Jun	08:00	7.10	7.13	7.12	0.00	0.00	0.00	7.13	7.14	7.15			
		13:00	7.13	7.12	7.12	0.00	0.00	0.00	7.09	7.10	7.11			
		18:00	7.17	7.18	7.18	0.00	0.00	0.00	7.18	7.19	7.18			
6	29-Jun	08:00	7.09	7.09	7.06	0.00	0.00	0.00	7.06	7.09	7.12			
		13:00	7.12	7.13	7.14	0.00	0.00	0.00	7.14	7.14	7.15			
		18:00	7.18	7.19	7.19	0.00	0.00	0.00	7.16	7.13	7.18			
7	30-Jun	08:00	7.08	7.08	7.09	0.00	0.00	0.00	7.11	7.11	7.12			
		13:00	7.02	7.02	7.01	0.00	0.00	0.00	7.01	7.01	7.01			
		18:00	7.11	7.12	7.10	0.00	0.00	0.00	7.09	7.10	7.11			
8	1-Jul	08:00	7.03	7.04	7.04	0.00	0.00	0.00	7.06	7.06	7.07			
		13:00	6.95	6.97	6.98	0.00	0.00	0.00	6.98	7.00	7.02	7.07	7.06	7.05
		18:00	7.10	7.10	7.09	0.00	0.00	0.00	7.10	7.09	7.09	7.01	7.07	7.09
9	2-Jul	08:00	7.06	7.09	7.10	0.00	0.00	0.00	7.09	7.10	7.10	7.10	7.10	7.11
		13:00	6.98	7.00	7.00	0.00	0.00	0.00	7.03	7.03	7.02	7.02	7.02	7.01
		18:00	7.08	7.08	7.08	0.00	0.00	0.00	7.10	7.11	7.10	7.01	7.02	7.04
10	3-Jul	08:00	7.07	7.09	7.10	0.00	0.00	0.00	7.10	7.10	7.11	7.12	7.12	7.12
		13:00	7.00	7.02	7.01	0.00	0.00	0.00	7.02	7.03	7.04	7.07	7.06	7.06
		18:00	7.06	7.07	7.07	0.00	0.00	0.00	7.05	7.06	7.05	7.06	7.07	7.05
11	4-Jul	08:00	7.16	7.15	7.16	0.00	0.00	0.00	7.11	7.12	7.12	7.18	7.16	7.16
		13:00	7.04	7.06	7.07	0.00	0.00	0.00	7.06	7.07	7.07	7.12	7.12	7.11
		18:00	7.10	7.12	7.11	0.00	0.00	0.00	7.11	7.11	7.10	7.12	7.13	7.14
12	5-Jul	08:00	7.16	7.16	7.16	0.00	0.00	0.00	7.16	7.16	7.17	7.27	7.19	7.18
		13:00	7.08	7.07	7.07	0.00	0.00	0.00	7.05	7.05	7.05	7.07	7.06	7.05
		18:00	7.12	7.13	7.13	0.00	0.00	0.00	7.11	7.12	7.12	7.08	7.10	7.10
13	6-Jul	08:00	7.20	7.21	7.21	0.00	0.00	0.00	7.21	7.22	7.22	7.19	7.19	7.20
		13:00	7.06	7.07	7.07	0.00	0.00	0.00	7.04	7.05	7.06	7.04	7.03	7.03
		18:00	7.08	7.08	7.09	0.00	0.00	0.00	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10
14	7-Jul	08:00	7.14	7.15	7.15	0.00	0.00	0.00	7.18	7.18	7.18	7.16	7.16	7.16
		13:00	7.04	7.05	7.05	0.00	0.00	0.00	7.02	7.06	7.03	7.05	7.05	7.05
		18:00	7.04	7.04	7.05	0.00	0.00	0.00	7.10	7.09	7.11	7.13	7.14	7.13
15	8-Jul	08:00	7.12	7.01	7.02	0.00	0.00	0.00	7.17	7.16	7.15	7.14	7.14	7.15
		13:00	7.01	7.03	7.02	0.00	0.00	0.00	6.96	6.95	6.99	7.08	7.08	7.07
		18:00	7.07	7.08	7.07	0.00	0.00	0.00	7.09	7.09	7.08	7.08	7.08	7.10
16	9-Jul	08:00	7.10	7.09	7.09	0.00	0.00	0.00	7.08	7.08	7.08	7.10	7.10	7.11
		13:00	7.00	6.99	7.00	0.00	0.00	0.00	7.00	7.00	6.99	7.05	7.05	7.04
		18:00	7.06	7.08	7.07	0.00	0.00	0.00	7.07	7.08	7.07	7.10	7.11	7.11
17	10-Jul	08:00	7.16	7.17	7.17	0.00	0.00	0.00	7.17	7.16	7.16	7.15	7.15	7.16
		13:00	7.05	7.05	7.05	0.00	0.00	0.00	7.01	7.01	7.02	7.05	7.05	7.04
		18:00	7.08	7.07	7.07	0.00	0.00	0.00	7.11	7.10	7.09	7.10	7.12	7.12
18	11-Jul	08:00	7.10	7.10	7.11	0.00	0.00	0.00	7.12	7.12	7.12	7.15	7.15	7.15
		13:00	7.02	7.02	7.02	0.00	0.00	0.00	7.02	7.03	7.03	7.07	7.06	7.05
		18:00	7.06	7.08	7.08	0.00	0.00	0.00	7.07	7.07	7.08	7.09	7.11	7.11
19	12-Jul	08:00	7.14	7.14	7.14	0.00	0.00	0.00	7.16	7.16	7.15	7.15	7.16	7.17
		13:00	7.06	7.06	7.07	0.00	0.00	0.00	7.05	7.05	7.05	7.10	7.10	7.10
		18:00	7.07	7.08	7.08	0.00	0.00	0.00	7.08	7.08	7.08	7.08	7.11	7.11
20	13-Jul	08:00	7.20	7.19	7.19	0.00	0.00	0.00	7.17	7.17	7.17	7.15	7.15	7.15
		13:00	7.07	7.07	7.07	0.00	0.00	0.00	7.06	7.06	7.06	7.09	7.10	7.11
		18:00	7.07	7.07	7.07	0.00	0.00	0.00	7.09	7.09	7.08	7.11	7.11	7.10
21	14-Jul	08:00	7.12	7.12	7.12	0.00	0.00	0.00	7.13	7.14	7.13	7.15	7.14	7.14
		13:00	7.03	7.04	7.04	0.00	0.00	0.00	7.02	7.03	7.02	7.09	7.09	7.10
		18:00	7.07	7.07	7.07	0.00	0.00	0.00	7.05	7.05	7.05	7.07	7.08	7.08
22	15-Jul	08:00	7.12	7.11	7.11	0.00	0.00	0.00	7.09	7.09	7.09	7.10	7.10	7.11
		13:00	7.05	7.04	7.05	7.06	7.07	7.05	7.05	7.04	7.03	7.06	7.05	7.06
		18:00	7.08	7.08	7.08	7.07	7.09	7.08	7.07	7.09	7.09	7.09	7.11	7.12

Las aguas residuales fueron utilizadas sin dilución, por lo que, las plantas de E. crassipes no toleraron el nivel de contaminación de las aguas en tratamiento, muriendo a los 2 días de exposición, optando por realizar la dilución al 50% con agua declorada.

23	16-Jul	08:00	7.04	7.09	7.10	7.11	7.09	7.09	7.10	7.10	7.10	7.13	7.13	7.13	
		13:00	6.88	6.90	6.93	6.95	6.98	7.00	7.00	7.01	7.01	7.01	7.05	7.05	7.04
		18:00	7.05	7.05	7.03	7.05	7.05	7.04	7.05	7.05	7.05	7.05	7.11	7.12	7.12
24	17-Jul	08:00	7.24	7.24	7.22	7.18	7.19	7.19	7.20	7.20	7.20	7.23	7.23	7.24	
		13:00	7.07	7.07	7.08	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06	7.07	7.10	7.08	7.08
		18:00	7.12	7.12	7.11	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12	7.13	7.12	7.12	7.14	7.15
25	18-Jul	08:00	7.25	7.23	7.22	7.19	7.19	7.19	7.24	7.25	7.23	7.23	7.24	7.25	
		13:00	7.10	7.09	7.09	7.11	7.13	7.13	7.14	7.13	7.14	7.14	7.14	7.14	
		18:00	7.08	7.12	7.11	7.12	7.11	7.11	7.11	7.11	7.11	7.12	7.17	7.16	7.15
26	19-Jul	08:00	7.18	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.21	7.21	7.20	7.21	7.22	7.23	
		13:00	7.09	7.10	7.11	7.11	7.12	7.11	7.07	7.07	7.08	7.14	7.14	7.14	
		18:00	7.13	7.14	7.14	7.15	7.15	7.15	7.12	7.14	7.14	7.21	7.21	7.22	
27	20-Jul	08:00	7.17	7.18	7.18	7.19	7.18	7.18	7.19	7.19	7.19	7.20	7.20	7.20	
		13:00	7.11	7.11	7.10	7.09	7.11	7.11	7.07	7.08	7.09	7.14	7.13	7.14	
		18:00	7.12	7.12	7.11	7.13	7.14	7.14	7.13	7.13	7.13	7.22	7.21	7.21	
28	21-Jul	08:00	7.16	7.16	7.16	7.16	7.17	7.17	7.18	7.19	7.18	7.19	7.19	7.20	
		13:00	7.03	7.06	7.09	7.11	7.10	7.08	7.09	7.10	7.12	7.18	7.17	7.16	
		18:00	7.13	7.14	7.14	7.11	7.11	7.12	7.12	7.12	7.12	7.20	7.21	7.20	
29	22-Jul	08:00	7.17	7.18	7.19	7.22	7.24	7.23	7.19	7.19	7.19	7.20	7.21	7.22	
		13:00	7.09	7.10	7.11	7.08	7.09	7.08	7.07	7.07	7.08	7.14	7.16	7.16	
		18:00	7.12	7.14	7.15	7.13	7.14	7.14	7.16	7.16	7.16	7.18	7.18	7.19	
30	23-Jul	08:00	7.17	7.17	7.16	7.16	7.16	7.16	7.15	7.16	7.15	7.22	7.22	7.22	
		13:00	7.11	7.13	7.13	7.07	7.02	7.01	7.10	7.10	7.12	7.17	7.17	7.16	
		18:00	7.08	7.09	7.10	0.00	0.00	0.00	7.10	7.10	7.10	7.14	7.16	7.16	
31	24-Jul	08:00	7.21	7.24	7.26	0.00	0.00	0.00	7.27	7.27	7.27	7.27	7.28	7.29	
		13:00	7.17	7.16	7.16	0.00	0.00	0.00	7.14	7.15	7.15	7.20	7.21	7.21	
		18:00	7.20	7.19	7.18	0.00	0.00	0.00	7.22	7.22	7.20	7.23	7.25	7.25	
32	25-Jul	08:00	7.25	7.24	7.25	0.00	0.00	0.00	7.27	7.27	7.26	7.30	7.30	7.30	
		13:00	7.17	7.19	7.19	0.00	0.00	0.00	7.15	7.16	7.17	7.21	7.21	7.22	
		18:00	7.19	7.18	7.18	0.00	0.00	0.00	7.20	7.20	7.20	7.24	7.24	7.24	
33	26-Jul	08:00	7.27	7.27	7.26	0.00	0.00	0.00	7.25	7.25	7.25	7.31	7.31	7.31	
		13:00	7.17	7.18	7.18	0.00	0.00	0.00	7.17	7.18	7.17	7.22	7.22	7.21	
		18:00	7.20	7.19	7.19	0.00	0.00	0.00	7.20	7.20	7.20	7.23	7.23	7.23	
34	27-Jul	08:00	7.26	7.26	7.26	0.00	0.00	0.00	7.25	7.25	7.24	7.27	7.28	7.28	
		13:00	7.18	7.18	7.19	0.00	0.00	0.00	7.17	7.17	7.18	7.16	7.20	7.22	
		18:00	7.14	7.13	7.14	0.00	0.00	0.00	7.13	7.15	7.15	7.12	7.13	7.14	
35	28-Jul	08:00	7.24	7.23	7.23	0.00	0.00	0.00	7.27	7.26	7.26	7.31	7.31	7.31	
		13:00	7.11	7.12	7.13	0.00	0.00	0.00	7.13	7.14	7.15	7.21	7.21	7.20	
		18:00	7.12	7.12	7.13	0.00	0.00	0.00	7.11	7.12	7.13	7.16	7.16	7.17	
36	29-Jul	08:00	7.27	7.26	7.26	0.00	0.00	0.00	7.25	7.25	7.24	7.29	7.30	7.30	
		13:00	7.12	7.13	7.13	0.00	0.00	0.00	7.14	7.13	7.13	7.23	7.22	7.22	
		18:00	7.16	7.19	7.20	0.00	0.00	0.00	7.18	7.20	7.20	7.21	7.20	7.20	
37	30-Jul	08:00	7.23	7.23	7.23	0.00	0.00	0.00	7.25	7.25	7.24	7.29	7.29	7.29	
		13:00	7.17	7.20	7.19	7.19	7.20	7.21	7.16	7.18	7.19	7.24	7.24	7.24	
		18:00	7.22	7.23	7.22	7.25	7.26	7.26	7.22	7.22	7.22	7.25	7.26	7.27	
38	31-Jul	08:00	7.28	7.28	7.28	7.26	7.28	7.29	7.31	7.30	7.29	7.30	7.31	7.31	
		13:00	7.21	7.22	7.22	7.21	7.24	7.24	7.18	7.19	7.19	7.23	7.23	7.23	
		18:00	7.20	7.20	7.20	7.22	7.22	7.22	7.18	7.20	7.21	7.17	7.18	7.19	
39	1-Ago	08:00	7.27	7.27	7.27	7.30	7.31	7.31	7.30	7.29	7.28	7.30	7.31	7.33	
		13:00	7.18	7.18	7.17	7.13	7.19	7.21	7.18	7.17	7.17	7.20	7.23	7.23	
		18:00	7.20	7.20	7.21	7.21	7.20	7.20	7.20	7.21	7.21	7.19	7.20	7.20	
40	2-Ago	08:00	7.27	7.25	7.25	7.26	7.27	7.27	7.26	7.26	7.26	7.26	7.27	7.28	
		13:00	7.17	7.20	7.21	7.23	7.23	7.23	7.21	7.21	7.21	7.20	7.22	7.22	
		18:00	7.21	7.22	7.22	7.26	7.25	7.25	7.23	7.24	7.23	7.18	7.20	7.21	
41	3-Ago	08:00	7.27	7.31	7.31	7.27	7.29	7.30	7.31	7.31	7.31	7.33	7.34	7.35	
		13:00	7.24	7.24	7.24	7.23	7.23	7.22	7.23	7.24	7.24	7.25	7.28	7.26	
		18:00	7.21	7.20	7.21	7.21	7.21	7.21	7.23	7.24	7.23	7.26	7.26	7.27	
42	4-Ago	08:00	7.29	7.30	7.30	7.19	7.24	7.25	7.29	7.29	7.29	7.32	7.32	7.32	
		13:00	7.15	7.19	7.19	7.18	7.19	7.18	7.20	7.20	7.20	7.25	7.24	7.24	
		18:00	7.27	7.30	7.27	7.26	7.28	7.28	7.26	7.26	7.25	7.29	7.30	7.31	
43	5-Ago	08:00	7.32	7.33	7.33	7.24	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	7.33	7.34	7.33	
		13:00	7.19	7.22	7.21	7.17	7.21	7.21	7.17	7.17	7.17	7.23	7.24	7.25	
		18:00	7.20	7.20	7.21	7.23	7.23	7.24	7.23	7.24	7.23	7.27	7.27	7.27	
44	6-Ago	08:00	7.28	7.28	7.27	7.28	7.29	7.29	7.25	7.26	7.25	7.32	7.31	7.31	
		13:00	7.26	7.28	7.27	7.20	7.19	7.20	7.26	7.27	7.26	7.30	7.31	7.32	
		18:00	7.27	7.28	7.27	7.25	7.27	7.27	7.22	7.23	7.24	7.30	7.31	7.32	
45	7-Ago	08:00	7.38	7.38	7.37	7.21	7.24	7.26	7.37	7.36	7.37	7.36	7.37	7.37	
		13:00	7.20	7.20	7.21	0.00	0.00	0.00	7.18	7.19	7.19	7.25	7.25	7.27	
		18:00	7.25	7.26	7.26	0.00	0.00	0.00	7.22	7.25	7.24	7.22	7.24	7.25	

46	8-Ago	08:00	7.34	7.34	7.33	0.00	0.00	0.00	7.35	7.35	7.35	7.35	7.36	7.37
		13:00	7.23	7.22	7.22	0.00	0.00	0.00	7.23	7.23	7.24	7.31	7.33	7.33
		18:00	7.25	7.26	7.27	0.00	0.00	0.00	7.26	7.26	7.26	7.27	7.27	7.20
47	9-Ago	08:00	7.35	7.35	7.35	0.00	0.00	0.00	7.35	7.35	7.33	7.36	7.36	7.36
		13:00	7.29	7.30	7.31	0.00	0.00	0.00	7.55	7.56	7.36	7.28	7.32	7.33
		18:00	7.28	7.30	7.28	0.00	0.00	0.00	7.28	7.27	7.30	7.26	7.27	7.29
48	10-Ago	08:00	7.35	7.35	7.35	0.00	0.00	0.00	7.33	7.33	7.33	7.35	7.35	7.36
		13:00	7.12	7.13	7.13	0.00	0.00	0.00	7.09	7.13	7.13	7.24	7.26	7.28
		18:00	7.25	7.24	7.24	0.00	0.00	0.00	7.25	7.26	7.30	7.17	7.20	7.23
49	11-Ago	08:00	7.27	7.25	7.26	0.00	0.00	0.00	7.26	7.26	7.28	7.23	7.27	7.29
		13:00	7.20	7.20	7.20	0.00	0.00	0.00	7.18	7.17	7.17	7.31	7.30	7.31
		18:00	7.36	7.36	7.37	0.00	0.00	0.00	7.36	7.36	7.37	7.30	7.32	7.33
50	12-Ago	08:00	7.54	7.50	7.53	0.00	0.00	0.00	7.51	7.50	7.53	7.61	7.61	7.62
		13:00	7.62	7.62	7.63	0.00	0.00	0.00	7.64	7.65	7.64	7.65	7.66	7.68
		18:00	7.42	7.36	7.37	0.00	0.00	0.00	7.46	7.47	7.46	7.50	7.54	7.47
51	13-Ago	08:00	7.12	7.13	7.12	0.00	0.00	0.00	7.13	7.11	7.14	7.23	7.24	7.26
		13:00	7.57	7.53	7.48	0.00	0.00	0.00	7.55	7.54	7.55	7.47	8.03	7.53
		18:00	7.49	7.48	7.49	0.00	0.00	0.00	7.49	7.50	7.47	7.48	7.48	7.50
52	14-Ago	08:00	7.50	7.49	7.49	0.00	0.00	0.00	7.51	7.50	7.50	7.58	7.56	7.54
		13:00	0.00	0.00	0.00	7.03	7.11	7.08	7.26	7.24	7.19	7.27	7.27	7.27
		18:00	0.00	0.00	0.00	7.45	7.48	7.54	7.43	7.40	7.39	7.50	7.49	7.48
53	15-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	7.39	7.37	7.37	7.31	7.31	7.40	7.41	7.39	7.38
		13:00	0.00	0.00	0.00	7.30	7.30	7.29	7.26	7.28	7.26	7.34	7.38	7.35
		18:00	0.00	0.00	0.00	7.29	7.29	7.30	7.27	7.28	7.28	7.34	7.34	7.34
54	16-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	7.32	7.32	7.32	7.27	7.27	7.27	7.30	7.32	7.32
		13:00	0.00	0.00	0.00	7.23	7.23	7.23	7.15	7.16	7.17	7.38	7.36	7.37
		18:00	0.00	0.00	0.00	7.18	7.19	7.24	7.22	7.24	7.19	7.23	7.21	7.22
55	17-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	7.22	7.24	7.26	7.31	7.31	7.31	7.30	7.32	7.33
		13:00	0.00	0.00	0.00	7.11	7.11	7.09	7.26	7.25	7.27	7.27	7.20	7.21
		18:00	0.00	0.00	0.00	7.15	7.14	7.16	7.19	7.18	7.18	7.12	7.17	7.24
56	18-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	7.29	7.30	7.31	7.24	7.23	7.24	7.22	7.27	7.29
		13:00	0.00	0.00	0.00	7.17	7.19	7.18	7.05	7.05	7.06	7.17	7.25	7.26
		18:00	0.00	0.00	0.00	7.18	7.17	7.19	7.24	7.24	7.22	7.22	7.24	7.27
57	19-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	7.21	7.24	7.25	7.23	7.23	7.23	7.25	7.26	7.26
		13:00	0.00	0.00	0.00	7.14	7.20	7.16	7.12	7.12	7.10	7.24	7.24	7.25
		18:00	0.00	0.00	0.00	7.08	7.07	7.05	7.06	7.12	7.14	7.13	7.14	7.14
58	20-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	7.31	7.30	7.31	7.32	7.32	7.29	7.20	7.24	7.29
		13:00	0.00	0.00	0.00	7.12	7.06	7.07	7.04	7.09	7.09	7.15	7.13	7.12
		18:00	0.00	0.00	0.00	7.21	7.22	7.22	7.14	7.15	7.15	6.74	7.24	7.24
59	21-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	7.28	7.29	7.30	7.29	7.29	7.29	7.31	7.31	7.31
		13:00	0.00	0.00	0.00	7.05	7.06	7.07	7.15	7.17	7.15	7.19	7.19	7.18
		18:00	0.00	0.00	0.00	7.14	7.15	7.15	7.17	7.17	7.16	7.11	7.13	7.16
60	22-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	7.23	7.25	7.25	7.26	7.27	7.27	7.11	7.17	7.21
		13:00	0.00	0.00	0.00	6.99	7.00	7.02	7.04	7.06	7.07	7.19	7.17	7.15
		18:00	0.00	0.00	0.00	7.06	7.08	7.09	7.05	7.05	7.05	7.18	7.20	7.20
61	23-Ago	08:00										7.19	7.22	7.24
		13:00										6.96	7.05	7.11
		18:00										7.26	7.26	7.28
62	24-Ago	08:00										7.24	7.24	7.27
		13:00										7.19	7.18	7.18
		18:00										7.12	7.14	7.15
63	25-Ago	08:00										7.18	7.17	7.22
		13:00										7.19	7.17	7.16
		18:00										7.13	7.13	7.15
64	26-Ago	08:00										7.13	7.14	7.16
		13:00										7.12	7.17	7.17
		18:00										7.13	7.13	7.13
65	27-Ago	08:00										7.15	7.15	7.15
		13:00										7.23	7.21	7.16
		18:00										7.10	7.08	7.07
66	28-Ago	08:00										7.16	7.15	7.18
		13:00										7.20	7.18	7.17
		18:00										7.13	7.14	7.14
67	29-Ago	08:00										7.17	7.15	7.17
		13:00										7.19	7.18	7.17
		18:00										7.14	7.13	7.14
68	30-Ago	08:00										7.16	7.15	7.17
		13:00										7.20	7.19	7.18
		18:00										7.14	7.07	7.10

T°			M[5] Biorremediación			M[5] Fitorremediación			B[5]			F[0]		
Día	Fecha	Hora	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	23-Jun	18:00	0.00	19.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.78	0.00			
1	24-Jun	08:00	0.00	14.88	0.00	0.00	0.00	0.00	15.03	0.00	0.00			
		13:00	22.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.93			
		18:00	0.00	18.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.93	0.00			
2	25-Jun	08:00	15.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.63			
		13:00	0.00	19.98	0.00	0.00	0.00	0.00	22.88	0.00	0.00			
		18:00	0.00	0.00	16.98	0.00	0.00	0.00	0.00	17.68	0.00			
3	26-Jun	08:00	0.00	0.00	13.63	0.00	0.00	0.00	0.00	14.43	0.00			
		13:00	0.00	21.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.23			
		18:00	17.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.48			
4	27-Jun	08:00	0.00	13.68	0.00	0.00	0.00	0.00	15.28	0.00	0.00			
		13:00	27.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.83			
		18:00	0.00	0.00	17.33	0.00	0.00	0.00	0.00	17.38	0.00			
5	28-Jun	08:00	15.23	14.63	15.58	0.00	0.00	0.00	15.33	15.18	14.83			
		13:00	19.13	19.93	19.73	0.00	0.00	0.00	20.58	20.23	19.63			
		18:00	16.73	17.43	17.43	0.00	0.00	0.00	16.73	17.43	17.28			
6	29-Jun	08:00	17.48	16.83	17.73	0.00	0.00	0.00	17.33	17.33	18.38			
		13:00	20.63	20.78	20.58	0.00	0.00	0.00	21.03	21.03	20.48			
		18:00	18.48	18.48	18.38	0.00	0.00	0.00	17.98	18.58	18.43			
7	30-Jun	08:00	17.03	16.23	15.93	0.00	0.00	0.00	16.08	16.08	15.78			
		13:00	21.38	20.73	20.93	0.00	0.00	0.00	20.33	20.58	20.43			
		18:00	18.13	18.83	18.48	0.00	0.00	0.00	18.73	18.93	18.58			
8	1-Jul	08:00	17.18	16.58	16.13	0.00	0.00	0.00	16.28	16.48	16.38			
		13:00	24.73	23.88	23.33	0.00	0.00	0.00	21.73	21.63	21.18	21.98	22.43	22.28
		18:00	18.18	19.03	18.98	0.00	0.00	0.00	18.43	19.13	18.48	18.08	17.43	17.38
9	2-Jul	08:00	15.78	15.78	15.93	0.00	0.00	0.00	15.98	16.23	16.18	16.13	15.73	15.13
		13:00	22.28	21.93	21.73	0.00	0.00	0.00	21.33	21.43	21.08	20.53	20.98	20.43
		18:00	18.13	18.78	18.63	0.00	0.00	0.00	17.68	18.33	18.58	18.88	18.48	18.03
10	3-Jul	08:00	14.68	15.23	15.23	0.00	0.00	0.00	14.98	15.08	14.63	14.93	14.93	14.28
		13:00	21.93	21.18	21.33	0.00	0.00	0.00	21.33	21.03	19.93	19.28	20.53	20.43
		18:00	18.33	19.13	18.73	0.00	0.00	0.00	18.18	18.43	18.43	18.33	18.58	18.63
11	4-Jul	08:00	14.68	15.63	15.53	0.00	0.00	0.00	16.68	16.78	16.63	12.23	12.63	12.73
		13:00	21.83	21.28	21.28	0.00	0.00	0.00	20.83	21.03	20.78	18.53	19.83	20.23
		18:00	17.88	17.83	17.83	0.00	0.00	0.00	17.78	18.33	17.88	15.38	15.28	15.13
12	5-Jul	08:00	14.73	15.13	15.08	0.00	0.00	0.00	13.63	14.38	14.63	13.53	14.28	13.83
		13:00	20.98	20.98	20.73	0.00	0.00	0.00	22.33	21.88	21.23	21.53	22.03	21.33
		18:00	17.53	17.78	17.68	0.00	0.00	0.00	17.53	17.68	17.83	16.43	16.03	16.63
13	6-Jul	08:00	12.48	13.08	13.18	0.00	0.00	0.00	12.63	13.33	13.63	12.43	12.73	12.33
		13:00	20.23	20.48	20.18	0.00	0.00	0.00	21.23	20.48	20.13	24.03	23.48	22.33
		18:00	18.03	18.53	18.38	0.00	0.00	0.00	18.13	18.43	18.38	16.68	16.53	16.53
14	7-Jul	08:00	14.43	14.68	14.73	0.00	0.00	0.00	13.08	13.53	14.18	13.83	14.33	14.08
		13:00	20.38	20.58	20.43	0.00	0.00	0.00	22.03	21.33	20.88	21.83	21.28	21.28
		18:00	19.03	18.58	18.53	0.00	0.00	0.00	16.43	17.48	17.83	15.28	15.08	14.88
15	8-Jul	08:00	16.78	15.78	15.43	0.00	0.00	0.00	13.48	14.13	14.53	13.13	13.33	13.23
		13:00	21.53	21.78	21.38	0.00	0.00	0.00	22.43	22.13	21.63	19.28	20.28	20.43
		18:00	17.78	18.28	18.28	0.00	0.00	0.00	17.18	17.73	18.18	15.43	15.33	15.08
16	9-Jul	08:00	13.43	15.53	15.43	0.00	0.00	0.00	15.33	15.58	15.53	14.63	14.28	14.03
		13:00	21.98	21.83	21.78	0.00	0.00	0.00	21.98	21.88	21.38	20.83	20.43	21.28
		18:00	17.08	17.93	17.63	0.00	0.00	0.00	17.18	17.63	17.98	15.73	15.38	14.93
17	10-Jul	08:00	13.03	13.83	13.98	0.00	0.00	0.00	14.08	14.28	14.48	13.88	12.88	12.13
		13:00	20.38	20.63	20.63	0.00	0.00	0.00	21.38	21.03	20.28	24.08	23.53	22.38
		18:00	18.43	18.43	18.43	0.00	0.00	0.00	18.23	18.63	18.33	16.33	16.48	16.03
18	11-Jul	08:00	15.48	16.08	15.83	0.00	0.00	0.00	14.03	14.78	15.28	12.78	12.63	12.48
		13:00	19.83	19.98	19.73	0.00	0.00	0.00	19.58	19.68	19.33	20.53	20.48	19.88
		18:00	16.68	17.93	18.13	0.00	0.00	0.00	17.18	17.73	17.88	15.28	15.68	15.73
19	12-Jul	08:00	13.88	14.08	14.08	0.00	0.00	0.00	12.88	13.03	14.18	13.43	13.13	13.08
		13:00	18.93	19.08	18.48	0.00	0.00	0.00	21.03	20.68	19.88	18.53	18.93	18.78
		18:00	17.58	17.68	17.88	0.00	0.00	0.00	17.68	17.68	17.73	16.68	16.38	16.08
20	13-Jul	08:00	12.38	13.18	13.43	0.00	0.00	0.00	13.93	14.23	14.33	14.38	13.88	13.48
		13:00	19.98	19.93	19.78	0.00	0.00	0.00	20.83	20.53	19.83	22.18	21.28	20.53
		18:00	18.08	17.83	17.78	0.00	0.00	0.00	17.53	18.03	18.03	16.48	16.43	16.13
21	14-Jul	08:00	16.13	17.33	16.23	0.00	0.00	0.00	15.13	15.48	15.93	13.68	13.68	13.53
		13:00	21.18	21.08	20.93	0.00	0.00	0.00	22.63	22.63	21.98	20.88	21.13	21.38
		18:00	18.43	18.78	18.83	0.00	0.00	0.00	18.48	18.58	18.48	16.93	16.48	16.23
22	15-Jul	08:00	16.28	17.18	17.18	0.00	0.00	0.00	17.28	17.43	17.28	16.63	16.38	15.83
		13:00	10.02	10.12	10.17	21.33	22.03	22.23	22.18	22.08	21.53	23.08	22.28	22.43
		18:00	8.62	9.17	9.22	18.03	17.03	16.43	17.98	18.68	19.08	17.28	17.43	17.33

Las aguas residuales fueron utilizadas sin dilución, por lo que, las plantas de E. crassipes no toleraron el nivel de contaminación de las aguas en tratamiento, muriendo a los 2 días de exposición, optando por realizar la dilución al 50% con agua de clorada.

23	16-Jul	08:00	7.27	8.32	8.57	16.93	15.93	15.23	15.78	16.63	16.93	15.33	15.38	15.18
		13:00	11.07	11.07	11.12	21.53	21.73	21.83	21.48	21.38	21.43	21.68	21.93	21.58
		18:00	9.07	10.42	10.02	17.53	16.53	16.23	19.73	19.53	19.48	15.73	15.98	15.93
24	17-Jul	08:00	7.27	7.67	7.72	16.23	14.83	14.63	15.68	15.73	14.98	13.78	13.68	13.53
		13:00	10.27	10.52	10.52	22.03	22.03	22.33	21.78	21.48	21.28	24.18	23.73	22.28
		18:00	9.37	9.32	9.22	17.53	16.03	15.53	18.18	18.43	18.48	16.73	17.38	17.53
25	18-Jul	08:00	7.07	8.02	8.07	16.33	15.33	14.63	13.53	14.28	14.78	13.03	12.58	12.28
		13:00	11.17	10.92	10.77	21.93	21.43	21.73	20.68	21.18	20.48	22.03	22.23	22.18
		18:00	9.47	9.87	9.57	17.33	16.33	16.13	19.23	19.43	19.43	16.83	17.38	17.38
26	19-Jul	08:00	6.52	7.42	7.62	14.63	13.73	13.33	14.23	14.03	13.03	14.33	14.03	13.98
		13:00	9.62	9.97	10.02	19.83	19.53	19.53	19.73	19.68	19.43	19.33	19.38	18.83
		18:00	8.92	9.42	9.37	17.43	16.13	15.93	17.83	18.23	18.13	14.93	15.23	15.33
27	20-Jul	08:00	7.77	8.02	7.97	14.23	13.63	13.53	16.23	15.83	16.13	15.58	15.38	15.33
		13:00	11.07	11.07	10.97	22.13	22.03	22.13	23.83	23.58	22.63	22.08	22.23	22.28
		18:00	10.02	10.02	9.97	17.53	16.43	16.23	19.38	19.43	19.63	15.53	15.98	16.03
28	21-Jul	08:00	7.42	7.62	7.67	14.03	12.93	12.73	14.43	15.83	15.98	15.63	15.73	15.63
		13:00	11.92	10.72	10.77	21.83	22.83	23.03	18.93	19.53	20.38	21.33	21.83	21.93
		18:00	8.87	9.62	9.82	17.83	16.23	16.03	19.43	19.68	19.68	15.63	16.23	16.48
29	22-Jul	08:00	7.72	8.47	8.67	14.13	13.93	13.93	17.18	17.38	17.13	15.38	14.93	14.63
		13:00	11.62	11.82	11.82	22.73	22.83	23.03	23.18	22.98	22.73	21.63	22.43	22.78
		18:00	8.92	9.47	9.62	18.13	16.83	16.53	19.23	19.43	19.48	16.33	16.63	16.93
30	23-Jul	08:00	7.77	8.67	8.87	17.53	16.53	16.03	17.83	17.68	17.53	15.43	15.83	15.93
		13:00	9.87	10.37	10.32	20.03	19.93	19.83	22.28	22.23	21.08	21.03	21.13	19.88
		18:00	10.07	10.37	10.37	0.00	0.00	0.00	21.43	20.83	20.18	18.03	17.83	17.58
31	24-Jul	08:00	5.97	6.72	6.92	0.00	0.00	0.00	14.08	14.23	14.53	14.13	13.08	12.73
		13:00	10.67	10.67	10.47	0.00	0.00	0.00	22.88	22.73	21.48	24.43	23.48	23.43
		18:00	9.37	9.57	9.42	0.00	0.00	0.00	18.48	18.53	18.53	17.23	17.08	16.98
32	25-Jul	08:00	7.72	7.82	7.87	0.00	0.00	0.00	14.68	15.08	15.38	12.43	12.48	12.63
		13:00	9.87	9.97	9.92	0.00	0.00	0.00	20.33	20.18	19.98	22.53	21.98	21.83
		18:00	9.07	9.27	9.27	0.00	0.00	0.00	18.38	18.78	18.38	16.98	16.98	16.98
33	26-Jul	08:00	7.32	7.47	7.72	0.00	0.00	0.00	15.73	15.98	16.08	11.98	11.98	11.63
		13:00	10.72	10.82	10.77	0.00	0.00	0.00	22.38	22.18	21.83	22.78	22.73	22.33
		18:00	9.07	9.42	9.37	0.00	0.00	0.00	17.63	17.88	18.18	16.43	16.68	16.58
34	27-Jul	08:00	8.97	7.92	7.82	0.00	0.00	0.00	15.48	15.53	15.58	12.23	12.78	12.93
		13:00	10.77	11.12	11.02	0.00	0.00	0.00	23.13	22.43	21.78	24.33	24.83	24.53
		18:00	9.57	9.07	9.22	0.00	0.00	0.00	18.53	18.78	18.83	18.73	18.23	17.83
35	28-Jul	08:00	8.07	7.92	7.87	0.00	0.00	0.00	14.48	15.08	15.68	11.38	11.93	11.83
		13:00	10.32	10.47	10.57	0.00	0.00	0.00	22.78	22.43	21.58	25.08	25.03	24.18
		18:00	9.77	10.02	9.72	0.00	0.00	0.00	20.38	20.08	19.78	17.93	17.43	17.18
36	29-Jul	08:00	7.07	7.97	8.17	0.00	0.00	0.00	16.93	17.03	17.13	13.28	13.03	12.63
		13:00	11.07	11.02	11.12	0.00	0.00	0.00	23.93	23.33	22.68	27.08	26.28	25.73
		18:00	9.17	9.47	9.57	0.00	0.00	0.00	18.43	18.98	19.53	18.78	18.28	17.68
37	30-Jul	08:00	8.22	8.17	8.32	0.00	0.00	0.00	16.08	16.28	16.48	14.13	14.28	14.38
		13:00	9.62	10.12	10.22	19.63	20.43	20.93	19.93	20.08	19.83	20.38	20.83	20.73
		18:00	7.97	8.67	8.47	14.23	14.23	14.33	16.83	17.28	17.68	16.98	16.63	16.38
38	31-Jul	08:00	7.27	7.47	7.47	15.33	14.03	13.63	13.53	14.03	14.63	11.63	11.88	11.98
		13:00	9.87	10.32	10.27	20.33	20.63	20.43	20.78	20.78	20.63	23.83	22.68	22.83
		18:00	9.12	9.12	9.22	16.53	15.63	15.13	18.18	18.48	18.48	19.33	18.18	17.78
39	1-Ago	08:00	7.82	8.02	8.07	12.43	12.43	12.23	15.13	15.33	15.73	11.93	11.93	12.03
		13:00	11.52	11.82	11.72	19.33	22.03	21.93	23.83	23.68	23.28	21.53	22.38	22.43
		18:00	9.62	9.82	9.97	17.73	16.03	15.73	18.78	18.98	19.28	19.78	18.48	17.93
40	2-Ago	08:00	7.57	7.82	7.57	13.53	13.93	13.73	14.63	15.08	15.08	13.78	13.58	13.43
		13:00	10.97	11.02	10.97	21.43	22.23	22.13	21.38	21.23	20.98	22.88	22.58	22.18
		18:00	9.47	9.77	9.72	18.83	17.43	17.03	18.58	19.18	19.28	19.93	18.53	17.73
41	3-Ago	08:00	7.87	7.82	7.87	11.43	11.73	11.73	15.78	15.93	15.93	11.93	11.58	11.68
		13:00	10.32	10.22	10.27	21.73	21.83	21.73	21.13	21.03	20.53	22.18	22.08	22.08
		18:00	9.17	9.17	9.27	17.43	16.53	16.23	17.98	18.48	18.73	16.53	16.78	16.93
42	4-Ago	08:00	6.37	6.72	6.82	12.23	12.33	12.33	13.98	14.23	14.48	11.78	12.08	12.23
		13:00	9.87	10.22	10.32	21.13	21.03	21.03	20.78	20.73	20.63	20.78	21.03	21.08
		18:00	7.97	8.42	8.67	15.73	16.33	16.73	18.38	18.48	17.93	16.73	17.53	17.38
43	5-Ago	08:00	7.97	7.92	8.17	13.63	14.33	14.23	16.23	16.33	16.48	14.68	14.68	14.78
		13:00	11.02	11.22	11.37	22.83	23.03	22.03	22.98	22.73	22.33	24.38	24.28	24.73
		18:00	9.52	9.52	9.47	17.03	16.63	16.53	19.13	19.23	19.78	17.33	17.98	17.83
44	6-Ago	08:00	7.62	7.92	7.97	13.93	13.93	14.83	16.73	16.13	15.58	13.93	14.63	14.63
		13:00	10.87	10.97	11.02	22.83	22.63	22.13	22.13	22.03	22.13	21.78	21.78	21.68
		18:00	8.67	9.12	9.27	15.33	16.33	18.43	17.28	17.93	18.38	15.63	16.08	16.28
45	7-Ago	08:00	5.72	6.32	6.47	11.03	11.13	11.13	13.63	13.98	14.48	10.83	10.68	10.88
		13:00	10.62	10.72	10.72	0.00	0.00	0.00	11.02	11.07	10.82	23.48	22.83	22.63
		18:00	8.87	9.02	9.02	0.00	0.00	0.00	8.87	8.77	8.77	18.68	17.63	17.03

46	8-Ago	08:00	7.62	7.67	7.67	0.00	0.00	0.00	7.02	7.32	7.67	11.93	11.98	12.23	
		13:00	11.72	11.82	11.72	0.00	0.00	0.00	11.27	11.22	11.02	25.63	25.08	24.58	
		18:00	8.62	9.37	9.52	0.00	0.00	0.00	9.52	9.87	9.92	17.98	17.98	18.03	
47	9-Ago	08:00	6.77	7.22	7.37	0.00	0.00	0.00	7.47	7.62	7.77	13.63	13.03	13.23	
		13:00	10.17	10.42	10.52	0.00	0.00	0.00	10.47	10.62	10.72	22.23	22.13	22.68	
		18:00	8.57	9.27	9.37	0.00	0.00	0.00	9.07	9.37	9.72	16.88	16.98	17.08	
48	10-Ago	08:00	6.72	7.07	7.17	0.00	0.00	0.00	7.32	7.42	7.82	13.08	12.98	12.93	
		13:00	11.07	10.97	11.12	0.00	0.00	0.00	11.07	11.07	11.02	24.18	24.18	23.98	
		18:00	9.52	9.42	9.42	0.00	0.00	0.00	9.42	9.47	9.32	18.18	18.03	18.13	
49	11-Ago	08:00	8.17	8.37	8.42	0.00	0.00	0.00	8.02	8.02	8.07	12.48	12.43	12.23	
		13:00	11.67	11.87	11.77	0.00	0.00	0.00	11.52	11.87	11.57	25.28	24.83	24.78	
		18:00	9.57	9.52	9.52	0.00	0.00	0.00	9.27	9.57	9.67	15.88	16.78	17.18	
50	12-Ago	08:00	8.27	8.47	8.57	0.00	0.00	0.00	8.82	8.77	8.87	15.08	14.78	14.83	
		13:00	11.82	11.72	11.52	0.00	0.00	0.00	11.97	12.02	12.12	24.88	24.58	24.48	
		18:00	9.27	9.47	9.52	0.00	0.00	0.00	8.52	8.87	9.27	18.93	18.03	17.88	
51	13-Ago	08:00	8.07	8.12	8.07	0.00	0.00	0.00	8.02	8.07	8.12	12.88	12.48	13.08	
		13:00	10.72	10.97	11.02	0.00	0.00	0.00	10.07	10.32	10.77	21.63	22.93	23.58	
		18:00	7.97	8.82	9.02	0.00	0.00	0.00	9.02	9.17	9.22	14.73	14.88	15.43	
52	14-Ago	08:00	7.32	7.42	7.42	0.00	0.00	0.00	7.02	7.07	7.37	14.38	12.88	12.03	
		13:00	0.00	0.00	0.00	27.13	25.63	26.43	11.42	11.67	11.57	25.38	25.33	25.28	
		18:00	0.00	0.00	0.00	16.53	16.23	16.13	9.32	9.37	9.37	16.28	16.58	16.68	
53	15-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	11.83	11.93	11.93	7.37	7.42	7.87	12.33	12.18	12.13	
		13:00	0.00	0.00	0.00	23.03	23.63	25.43	11.52	11.12	11.07	23.68	24.58	25.03	
		18:00	0.00	0.00	0.00	15.23	14.83	15.23	8.32	8.82	9.07	16.93	16.98	17.08	
54	16-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	15.03	15.23	15.33	8.12	8.72	8.72	15.03	14.88	14.53	
		13:00	0.00	0.00	0.00	26.13	26.13	26.43	11.52	11.62	11.72	26.43	26.53	26.18	
		18:00	0.00	0.00	0.00	17.03	16.73	16.43	8.57	9.07	9.22	19.08	18.03	17.53	
55	17-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	11.93	11.63	11.53	7.37	7.47	7.82	11.93	11.78	11.83	
		13:00	0.00	0.00	0.00	23.93	24.03	24.03	11.17	11.02	11.22	22.73	23.23	23.68	
		18:00	0.00	0.00	0.00	16.83	16.53	16.33	9.62	9.67	9.57	18.28	17.48	17.28	
56	18-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	11.93	12.03	12.03	7.27	7.27	7.27	11.08	11.48	11.73	
		13:00	0.00	0.00	0.00	23.13	23.33	23.33	13.57	12.77	12.17	22.83	22.93	23.63	
		18:00	0.00	0.00	0.00	16.23	16.13	16.13	8.52	9.27	9.27	16.73	15.93	15.78	
57	19-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	12.13	12.23	12.73	7.77	7.97	8.02	12.73	12.38	12.53	
		13:00	0.00	0.00	0.00	24.43	24.53	24.83	11.72	11.57	11.57	23.13	23.48	24.53	
		18:00	0.00	0.00	0.00	18.53	18.93	19.93	8.77	9.47	9.82	17.58	17.38	17.28	
58	20-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	11.63	11.63	11.63	6.32	6.57	6.72	11.98	11.88	11.53	
		13:00	0.00	0.00	0.00	23.43	22.53	22.93	11.97	11.72	11.67	22.98	21.98	22.78	
		18:00	0.00	0.00	0.00	15.73	15.53	15.63	9.47	9.57	9.47	15.63	16.33	15.28	
59	21-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	9.43	9.33	9.43	5.97	6.02	5.82	9.58	9.33	9.23	
		13:00	0.00	0.00	0.00	25.83	24.33	24.73	11.92	11.67	11.72	24.93	24.33	24.43	
		18:00	0.00	0.00	0.00	18.13	17.83	17.83	10.17	9.97	10.22	19.38	18.58	18.28	
60	22-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	11.53	11.43	11.43	5.97	6.17	6.62	11.78	11.73	11.38	
		13:00	0.00	0.00	0.00	26.43	26.23	26.33	12.22	12.22	12.27	25.23	24.78	25.23	
		18:00	0.00	0.00	0.00	18.33	17.53	16.83	10.82	10.52	10.22	16.38	16.58	16.53	
61	23-Ago	08:00										11.68	11.38	11.28	
		13:00											25.63	24.08	23.83
		18:00											17.33	17.28	17.23
62	24-Ago	08:00										12.43	12.43	12.43	
		13:00											25.43	24.23	24.38
		18:00											19.13	17.58	17.28
63	25-Ago	08:00										18.43	19.53	16.38	
		13:00											24.93	24.83	24.83
		18:00											15.98	16.43	16.78
64	26-Ago	08:00										13.18	14.08	13.28	
		13:00											23.13	23.68	24.38
		18:00											17.28	17.28	17.33
65	27-Ago	08:00										17.88	16.68	16.43	
		13:00											24.08	24.73	25.03
		18:00											18.03	18.18	18.68
66	28-Ago	08:00										12.63	12.43	12.53	
		13:00											25.23	25.13	25.13
		18:00											15.68	16.18	16.48
67	29-Ago	08:00										13.18	13.18	13.08	
		13:00											23.78	24.43	24.73
		18:00											16.98	16.98	17.03
68	30-Ago	08:00										13.48	13.63	13.58	
		13:00											22.83	23.38	24.08
		18:00											17.48	17.48	17.73

23	16-Jul	08:00	13.80	12.20	11.80	25.10	25.40	23.90	25.45	25.00	24.30	21.60	21.93	20.90
		13:00	15.50	14.50	14.10	35.80	35.00	31.80	29.95	29.70	29.10	21.85	21.90	20.95
		18:00	17.00	14.45	14.55	31.50	32.50	25.90	30.70	30.50	30.15	21.75	21.60	21.15
24	17-Jul	08:00	13.30	12.35	12.20	30.90	26.50	25.00	25.15	25.05	25.30	22.05	21.05	22.20
		13:00	15.65	14.55	14.20	35.30	35.20	32.10	29.35	28.85	26.40	21.65	23.55	21.15
		18:00	15.40	12.25	12.20	31.00	32.70	26.30	28.65	28.15	27.45	18.65	18.59	18.16
25	18-Jul	08:00	13.10	11.60	11.45	31.40	26.10	24.00	24.10	24.15	23.75	16.97	17.77	17.68
		13:00	14.75	13.85	13.60	37.50	36.70	32.80	26.95	26.90	26.40	18.97	19.28	18.43
		18:00	16.15	14.35	14.80	34.80	35.30	33.00	29.10	28.50	26.05	20.40	20.35	19.66
26	19-Jul	08:00	13.90	12.30	11.45	33.90	34.80	27.20	25.65	24.80	24.45	18.37	20.37	18.19
		13:00	15.55	14.15	11.85	37.30	36.50	33.70	27.30	26.90	26.40	20.25	19.93	19.01
		18:00	15.95	12.35	12.30	35.10	35.60	33.50	29.05	28.00	27.80	19.80	20.50	19.65
27	20-Jul	08:00	13.15	12.30	12.15	34.70	35.40	28.00	25.30	25.00	24.55	18.86	19.28	18.80
		13:00	15.45	14.40	14.15	41.00	39.00	37.50	28.60	28.30	28.75	20.90	21.20	20.29
		18:00	15.50	14.60	14.45	37.50	37.40	35.60	31.00	30.65	30.00	20.95	21.25	20.65
28	21-Jul	08:00	13.25	12.70	12.60	37.80	37.80	35.10	26.60	25.40	24.90	18.07	18.49	18.05
		13:00	15.05	14.75	14.40	44.10	39.40	37.30	32.25	31.45	30.55	20.03	20.20	19.45
		18:00	17.15	15.00	14.60	34.30	37.70	35.30	30.25	27.75	29.90	19.81	19.72	19.16
29	22-Jul	08:00	15.85	12.40	11.85	40.80	39.60	35.90	27.30	24.35	24.30	18.56	19.13	18.84
		13:00	15.35	14.25	14.00	44.20	41.00	37.70	29.45	29.15	29.05	20.70	22.45	21.95
		18:00	17.35	15.10	14.80	38.20	36.70	36.30	30.85	27.90	30.05	19.96	20.20	19.54
30	23-Jul	08:00	13.45	12.10	11.75	38.70	39.40	34.50	24.20	24.00	23.80	19.74	21.20	20.15
		13:00	16.15	14.85	14.85	40.25	40.90	41.30	29.65	28.55	29.50	17.00	18.05	19.53
		18:00	15.85	14.70	14.50	0.00	0.00	0.00	29.35	27.40	29.75	16.37	17.64	17.57
31	24-Jul	08:00	13.80	12.85	12.60	0.00	0.00	0.00	25.85	25.65	25.40	15.52	16.95	16.96
		13:00	15.60	14.60	14.50	0.00	0.00	0.00	28.40	28.45	28.80	17.02	18.33	18.18
		18:00	15.65	14.45	14.55	0.00	0.00	0.00	30.65	28.05	27.95	17.43	18.37	18.35
32	25-Jul	08:00	12.20	11.55	11.40	0.00	0.00	0.00	25.10	24.25	24.10	16.89	18.01	17.77
		13:00	15.25	14.20	12.00	0.00	0.00	0.00	26.90	26.45	26.60	17.62	19.05	18.71
		18:00	15.20	12.00	11.90	0.00	0.00	0.00	27.45	26.75	26.70	17.90	18.81	18.57
33	26-Jul	08:00	12.30	11.60	11.45	0.00	0.00	0.00	23.45	23.20	22.80	17.44	18.53	18.49
		13:00	14.45	13.65	13.15	0.00	0.00	0.00	25.45	25.20	24.95	18.09	19.06	18.53
		18:00	15.00	11.80	11.75	0.00	0.00	0.00	27.80	27.25	26.75	18.38	19.29	19.17
34	27-Jul	08:00	12.40	11.60	11.30	0.00	0.00	0.00	23.70	23.45	22.75	17.92	18.94	18.51
		13:00	14.60	13.65	13.50	0.00	0.00	0.00	25.10	25.45	25.50	18.25	19.36	18.93
		18:00	14.85	12.35	12.10	0.00	0.00	0.00	27.70	27.20	26.55	18.02	19.31	19.11
35	28-Jul	08:00	11.85	11.40	11.45	0.00	0.00	0.00	24.95	24.15	23.55	24.95	24.15	23.55
		13:00	15.20	14.15	13.75	0.00	0.00	0.00	27.40	25.30	25.40	17.96	18.81	18.64
		18:00	15.40	11.75	11.65	0.00	0.00	0.00	26.10	25.90	26.00	17.65	18.82	18.89
36	29-Jul	08:00	13.85	12.10	11.95	0.00	0.00	0.00	24.25	23.95	23.65	18.57	19.14	19.28
		13:00	15.25	14.00	14.05	0.00	0.00	0.00	28.00	27.70	28.45	18.13	19.20	19.25
		18:00	16.20	14.55	14.55	0.00	0.00	0.00	28.55	27.65	27.00	18.54	19.55	20.00
37	30-Jul	08:00	12.20	11.55	11.50	0.00	0.00	0.00	24.20	23.95	23.45	18.77	19.31	19.38
		13:00	15.10	11.70	11.65	30.20	23.40	23.10	26.85	26.35	26.00	20.23	20.65	20.20
		18:00	16.00	12.10	12.25	24.80	23.30	23.30	24.70	24.60	24.35	16.96	17.56	18.14
38	31-Jul	08:00	11.95	11.30	11.20	22.50	21.80	21.70	24.40	23.95	23.65	18.53	17.50	17.96
		13:00	15.45	14.00	14.00	32.70	30.40	30.20	27.15	26.85	27.10	17.79	18.59	18.75
		18:00	15.30	12.10	11.95	24.60	23.80	24.10	28.35	27.60	27.45	17.50	18.17	18.63
39	1-Ago	08:00	11.95	11.25	11.15	26.50	24.50	24.20	23.60	23.55	23.20	18.13	18.53	18.72
		13:00	14.55	13.30	13.40	28.30	27.60	27.50	25.90	25.45	27.95	19.15	19.40	19.57
		18:00	15.00	11.85	11.95	23.00	22.90	23.50	28.10	27.60	27.55	17.69	18.48	19.10
40	2-Ago	08:00	12.45	11.55	11.05	26.30	24.10	23.40	24.50	24.00	23.10	18.37	18.76	19.11
		13:00	14.45	11.35	13.35	31.50	28.70	28.10	25.55	25.40	25.70	19.43	19.64	19.92
		18:00	14.85	11.75	11.75	23.10	22.70	23.10	27.75	26.90	26.55	18.24	19.18	19.97
41	3-Ago	08:00	11.65	11.15	11.15	25.90	24.20	23.80	22.95	22.80	22.65	19.57	20.10	20.25
		13:00	14.65	11.55	11.60	29.00	22.50	22.70	25.65	25.40	25.65	19.61	20.11	20.39
		18:00	14.90	11.90	11.95	23.70	22.20	22.60	27.70	26.85	26.50	20.40	20.55	20.70
42	4-Ago	08:00	12.60	11.55	11.50	24.00	22.20	22.30	23.85	23.60	23.45	17.80	18.62	18.23
		13:00	15.05	11.60	11.65	29.60	23.40	26.50	25.60	25.40	25.35	18.37	18.94	19.44
		18:00	12.90	11.90	11.70	26.30	23.20	23.10	23.80	23.85	23.85	18.70	18.77	18.58
43	5-Ago	08:00	12.50	11.20	11.20	23.80	21.80	21.60	22.50	22.40	22.20	17.28	18.23	17.86
		13:00	14.70	13.80	14.65	31.80	29.10	28.50	25.55	25.45	26.00	18.49	19.58	18.95
		18:00	14.70	11.55	11.75	23.70	21.80	21.70	27.05	26.45	26.20	18.98	19.20	18.98
44	6-Ago	08:00	12.55	11.50	11.40	23.50	21.30	23.10	22.90	22.75	22.50	18.32	18.83	18.48
		13:00	14.65	11.30	13.40	29.60	22.30	21.30	25.55	25.20	25.45	19.00	20.10	19.76
		18:00	15.45	11.60	11.75	25.10	22.00	21.80	24.65	24.10	23.80	19.22	19.96	19.55
45	7-Ago	08:00	12.60	11.25	11.20	24.00	21.70	21.90	23.15	22.65	21.90	18.59	19.24	19.25
		13:00	14.35	11.25	11.35	0.00	0.00	0.00	13.75	13.65	13.65	19.41	20.53	20.09
		18:00	12.70	11.55	11.65	0.00	0.00	0.00	12.75	12.50	12.25	18.73	19.79	19.78

46	8-Ago	08:00	11.75	11.05	11.10	0.00	0.00	0.00	12.25	11.75	11.30	17.98	18.41	17.98	
		13:00	14.10	13.20	10.80	0.00	0.00	0.00	14.10	13.85	14.15	17.97	18.36	18.61	
		18:00	15.85	11.75	11.85	0.00	0.00	0.00	14.65	12.05	12.00	18.15	18.52	18.58	
47	9-Ago	08:00	12.50	11.30	11.20	0.00	0.00	0.00	11.80	11.55	11.35	16.95	18.18	18.08	
		13:00	14.55	11.40	11.40	0.00	0.00	0.00	14.20	14.15	14.00	18.68	19.31	19.14	
		18:00	13.20	11.60	11.65	0.00	0.00	0.00	12.25	12.10	11.85	18.73	19.21	19.41	
48	10-Ago	08:00	12.05	11.20	11.30	0.00	0.00	0.00	10.70	11.45	11.10	17.91	18.52	18.46	
		13:00	14.20	11.10	11.25	0.00	0.00	0.00	14.05	13.90	13.95	19.81	20.35	20.31	
		18:00	12.20	11.55	11.60	0.00	0.00	0.00	12.20	11.95	12.05	19.25	19.88	19.96	
49	11-Ago	08:00	11.10	10.35	10.50	0.00	0.00	0.00	11.05	11.50	10.80	18.82	19.62	19.45	
		13:00	13.70	10.40	11.10	0.00	0.00	0.00	14.00	10.75	13.95	19.80	20.80	20.70	
		18:00	11.65	11.20	11.20	0.00	0.00	0.00	12.30	11.80	11.80	18.20	18.37	15.87	
50	12-Ago	08:00	12.15	10.85	11.20	0.00	0.00	0.00	11.40	11.35	11.15	18.79	19.85	19.55	
		13:00	13.75	11.05	10.95	0.00	0.00	0.00	13.75	13.60	13.95	19.92	20.55	20.62	
		18:00	14.65	11.35	10.25	0.00	0.00	0.00	13.00	12.55	12.20	19.56	20.70	20.45	
51	13-Ago	08:00	10.85	10.40	10.40	0.00	0.00	0.00	11.05	11.10	10.40	21.12	20.70	20.32	
		13:00	15.05	11.50	13.80	0.00	0.00	0.00	15.00	14.60	14.50	20.85	21.80	21.90	
		18:00	12.85	11.45	11.45	0.00	0.00	0.00	11.95	11.80	11.80	20.75	21.20	21.75	
52	14-Ago	08:00	11.15	10.55	10.65	0.00	0.00	0.00	11.10	11.25	11.20	19.09	19.99	21.00	
		13:00	0.00	0.00	0.00	26.90	20.80	25.30	13.85	13.45	13.70	20.00	20.02	20.16	
		18:00	0.00	0.00	0.00	22.40	21.00	21.60	12.00	11.80	11.80	19.95	19.95	19.67	
53	15-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	23.40	21.50	21.70	10.45	10.75	10.50	18.31	18.95	18.82	
		13:00	0.00	0.00	0.00	30.80	28.40	29.10	10.15	11.10	10.65	21.20	21.00	20.60	
		18:00	0.00	0.00	0.00	26.70	24.80	25.20	13.50	12.55	12.60	21.15	20.95	20.85	
54	16-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	25.60	23.50	23.20	11.15	11.10	10.90	19.90	19.75	19.83	
		13:00	0.00	0.00	0.00	32.20	29.20	30.60	13.95	13.60	13.80	21.25	21.25	21.15	
		18:00	0.00	0.00	0.00	31.50	24.50	25.00	13.30	12.55	12.30	20.45	21.20	21.40	
55	17-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	25.50	23.90	24.40	11.40	11.20	11.15	21.15	21.20	21.00	
		13:00	0.00	0.00	0.00	35.10	32.30	33.50	14.05	13.75	14.05	21.35	21.45	21.25	
		18:00	0.00	0.00	0.00	22.50	21.70	22.10	12.15	11.85	11.85	18.00	18.57	18.84	
56	18-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	23.50	21.00	22.10	11.30	11.20	11.25	19.06	18.94	18.77	
		13:00	0.00	0.00	0.00	29.90	26.40	27.30	10.30	10.85	10.20	19.76	19.97	20.35	
		18:00	0.00	0.00	0.00	23.70	21.40	22.20	12.25	11.40	11.55	19.26	19.25	19.58	
57	19-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	22.60	20.90	21.30	10.40	10.90	10.85	18.79	19.53	19.53	
		13:00	0.00	0.00	0.00	29.20	26.80	27.50	13.45	13.70	14.10	20.50	20.85	21.10	
		18:00	0.00	0.00	0.00	21.90	21.70	21.80	12.90	11.55	11.20	19.18	19.98	20.35	
58	20-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	21.60	20.40	21.60	11.90	11.35	11.00	17.46	18.71	18.66	
		13:00	0.00	0.00	0.00	27.80	21.30	27.30	13.35	10.95	11.05	19.43	20.16	20.40	
		18:00	0.00	0.00	0.00	24.10	22.10	23.30	12.00	11.55	11.60	19.79	20.00	20.80	
59	21-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	23.00	21.20	22.20	11.00	11.15	11.30	18.16	18.80	19.27	
		13:00	0.00	0.00	0.00	25.80	21.60	28.00	13.30	10.95	13.30	19.55	20.53	20.80	
		18:00	0.00	0.00	0.00	24.20	22.80	24.30	11.90	11.75	11.85	19.47	20.70	21.10	
60	22-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	22.90	20.60	21.60	11.90	11.85	11.70	17.81	18.28	18.44	
		13:00	0.00	0.00	0.00	26.70	24.70	25.80	13.55	13.30	13.80	19.53	20.04	20.28	
		18:00	0.00	0.00	0.00	21.60	22.00	21.50	10.70	10.95	11.35	19.17	19.79	19.72	
61	23-Ago	08:00										18.65	19.50	19.45	
		13:00											19.90	21.05	21.25
		18:00											19.83	20.35	20.30
62	24-Ago	08:00										19.11	21.10	20.35	
		13:00											19.45	20.54	20.94
		18:00											20.36	21.70	21.75
63	25-Ago	08:00										19.06	20.57	20.62	
		13:00											18.57	19.81	19.52
		18:00											18.17	19.95	19.34
64	26-Ago	08:00										17.35	19.34	18.81	
		13:00											20.20	20.30	20.63
		18:00											18.77	20.05	20.01
65	27-Ago	08:00										17.93	19.82	19.43	
		13:00											21.75	21.15	20.60
		18:00											20.11	21.25	18.37
66	28-Ago	08:00										18.00	20.01	19.78	
		13:00											19.92	20.43	20.51
		18:00											19.33	20.74	19.83
67	29-Ago	08:00										18.12	19.68	19.72	
		13:00											20.09	20.40	20.30
		18:00											19.00	20.71	19.60
68	30-Ago	08:00										17.83	19.79	20.09	
		13:00											20.21	20.46	20.50
		18:00											20.60	21.40	21.45

SDT			M[5] Biorremediación			M[5] Fitorremediación			B[5]			F[0]		
Día	Fecha	Hora	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	23-Jun	18:00	0.00	17.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.10	0.00			
1	24-Jun	08:00	0.00	16.65	0.00	0.00	0.00	0.00	17.40	0.00	0.00			
		13:00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.55			
		18:00	0.00	16.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.95	0.00			
2	25-Jun	08:00	16.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.55			
		13:00	0.00	16.60	0.00	0.00	0.00	0.00	15.15	0.00	0.00			
		18:00	0.00	0.00	16.70	0.00	0.00	0.00	0.00	16.75	0.00			
3	26-Jun	08:00	0.00	0.00	14.85	0.00	0.00	0.00	0.00	14.90	0.00			
		13:00	0.00	15.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.45			
		18:00	16.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.65			
4	27-Jun	08:00	0.00	14.85	0.00	0.00	0.00	0.00	14.05	0.00	0.00			
		13:00	14.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.20			
		18:00	0.00	0.00	16.40	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00			
5	28-Jun	08:00	15.90	14.60	13.95	0.00	0.00	0.00	14.40	14.65	14.40			
		13:00	17.10	15.90	15.60	0.00	0.00	0.00	15.85	15.90	15.65			
		18:00	17.95	16.70	16.40	0.00	0.00	0.00	17.85	16.95	16.60			
6	29-Jun	08:00	15.70	13.85	13.35	0.00	0.00	0.00	14.95	13.80	13.65			
		13:00	16.85	16.05	15.65	0.00	0.00	0.00	16.10	16.10	15.70			
		18:00	17.65	16.70	16.45	0.00	0.00	0.00	17.20	16.85	16.45			
7	30-Jun	08:00	14.15	14.35	14.25	0.00	0.00	0.00	14.55	14.50	14.45			
		13:00	16.95	16.15	15.90	0.00	0.00	0.00	16.85	16.50	16.05			
		18:00	17.85	16.50	16.25	0.00	0.00	0.00	17.35	16.60	16.30			
8	1-Jul	08:00	14.20	14.10	12.75	0.00	0.00	0.00	14.45	14.30	14.05			
		13:00	14.50	14.65	14.25	0.00	0.00	0.00	15.30	15.25	14.80	10.00	9.94	9.95
		18:00	16.85	15.75	15.45	0.00	0.00	0.00	16.45	15.70	15.80	9.55	9.78	9.84
9	2-Jul	08:00	13.00	12.70	12.40	0.00	0.00	0.00	12.80	14.00	12.40	9.27	9.51	9.39
		13:00	15.80	15.30	14.85	0.00	0.00	0.00	15.60	15.40	15.05	15.80	15.30	14.85
		18:00	16.95	14.35	15.60	0.00	0.00	0.00	16.75	16.30	15.70	9.90	10.20	10.10
10	3-Jul	08:00	12.75	12.55	12.35	0.00	0.00	0.00	12.75	12.70	12.60	9.62	9.78	9.70
		13:00	15.80	14.00	14.90	0.00	0.00	0.00	15.20	15.35	15.25	10.90	10.85	10.25
		18:00	16.95	15.75	15.60	0.00	0.00	0.00	16.70	16.30	15.70	10.40	10.45	10.30
11	4-Jul	08:00	13.45	12.80	12.65	0.00	0.00	0.00	12.45	12.30	12.20	10.15	10.10	10.00
		13:00	15.70	14.00	13.75	0.00	0.00	0.00	15.40	15.15	13.65	11.15	10.90	10.35
		18:00	17.10	14.90	14.60	0.00	0.00	0.00	15.00	14.55	14.40	10.25	10.40	10.30
12	5-Jul	08:00	13.45	14.40	12.75	0.00	0.00	0.00	13.80	13.35	13.10	10.60	10.65	10.20
		13:00	16.05	14.25	15.15	0.00	0.00	0.00	14.70	14.75	14.65	10.80	11.00	10.50
		18:00	17.05	15.00	14.70	0.00	0.00	0.00	16.60	16.35	14.60	11.05	11.15	10.80
13	6-Jul	08:00	13.45	13.05	12.50	0.00	0.00	0.00	13.25	13.10	12.85	10.75	10.85	10.45
		13:00	16.50	15.80	18.55	0.00	0.00	0.00	15.50	15.45	15.25	10.65	11.70	10.70
		18:00	16.60	14.60	14.20	0.00	0.00	0.00	16.25	16.95	14.25	11.10	11.10	10.85
14	7-Jul	08:00	13.05	12.50	12.20	0.00	0.00	0.00	13.15	13.10	12.70	11.90	11.00	10.55
		13:00	16.05	14.25	13.75	0.00	0.00	0.00	14.55	13.55	13.35	12.60	13.00	12.30
		18:00	16.25	16.00	14.30	0.00	0.00	0.00	15.50	14.85	14.35	11.50	11.65	11.30
15	8-Jul	08:00	12.55	12.55	12.50	0.00	0.00	0.00	13.50	13.20	12.85	11.40	11.50	11.10
		13:00	16.10	15.35	13.70	0.00	0.00	0.00	14.85	14.85	14.70	14.85	13.50	12.75
		18:00	16.35	14.70	14.45	0.00	0.00	0.00	16.90	16.35	15.80	12.05	12.10	11.85
16	9-Jul	08:00	13.35	12.40	12.20	0.00	0.00	0.00	12.25	12.35	12.10	11.15	11.45	11.05
		13:00	15.00	13.50	13.10	0.00	0.00	0.00	13.15	13.10	12.95	15.05	14.80	12.65
		18:00	16.95	14.50	14.15	0.00	0.00	0.00	14.60	14.20	13.95	11.85	12.10	11.90
17	10-Jul	08:00	13.45	13.05	12.50	0.00	0.00	0.00	12.85	12.60	12.60	11.30	11.85	11.75
		13:00	16.10	14.25	13.40	0.00	0.00	0.00	14.90	13.45	15.00	14.35	14.70	13.95
		18:00	16.10	14.35	13.95	0.00	0.00	0.00	15.60	14.20	13.95	12.45	12.55	12.20
18	11-Jul	08:00	12.80	12.25	11.90	0.00	0.00	0.00	13.15	12.75	12.25	12.30	12.55	11.95
		13:00	15.65	13.95	13.55	0.00	0.00	0.00	13.85	13.65	13.45	9.37	9.35	9.02
		18:00	16.90	14.45	13.95	0.00	0.00	0.00	14.40	14.25	14.00	9.35	9.12	9.28
19	12-Jul	08:00	13.31	12.85	12.50	0.00	0.00	0.00	13.05	13.00	12.65	9.26	9.31	9.30
		13:00	15.70	13.95	13.50	0.00	0.00	0.00	13.10	13.00	13.15	9.58	9.50	9.34
		18:00	16.45	14.20	14.05	0.00	0.00	0.00	14.10	14.15	13.70	9.66	9.50	9.47
20	13-Jul	08:00	13.90	13.25	12.80	0.00	0.00	0.00	12.85	12.70	12.50	9.28	9.00	9.45
		13:00	16.10	14.40	14.00	0.00	0.00	0.00	15.05	15.00	14.90	9.83	10.05	9.75
		18:00	16.15	14.45	14.00	0.00	0.00	0.00	14.75	14.45	14.05	9.97	9.93	9.84
21	14-Jul	08:00	12.80	12.25	12.05	0.00	0.00	0.00	12.95	12.60	12.20	9.37	9.48	9.44
		13:00	15.55	13.90	13.50	0.00	0.00	0.00	14.25	13.05	12.90	10.40	10.45	9.87
		18:00	16.55	14.35	13.85	0.00	0.00	0.00	15.55	14.25	14.05	9.88	10.10	9.94
22	15-Jul	08:00	17.65	14.10	13.55	0.00	0.00	0.00	13.80	13.70	12.25	9.78	9.92	9.69
		13:00	7.75	7.20	7.25	17.50	17.00	15.70	15.10	14.90	14.80	10.45	10.80	10.16
		18:00	8.25	6.25	6.20	15.40	15.60	12.70	16.45	14.50	15.30	10.45	10.40	10.05

Las aguas residuales fueron utilizadas sin dilución, por lo que, las plantas de E. crassipes no toleraron el nivel de contaminación de las aguas en tratamiento, muriendo a los 2 días de exposición, optando por realizar la dilución al 50% con agua de clorada.

23	16-Jul	08:00	6.85	6.05	5.85	12.50	12.60	11.90	12.55	12.40	12.00	10.05	10.19	9.77
		13:00	7.75	7.25	7.05	17.80	17.40	15.90	14.90	14.85	14.45	10.90	10.85	10.40
		18:00	8.45	7.20	7.20	15.80	16.20	12.90	15.25	15.15	15.05	10.80	10.75	10.55
24	17-Jul	08:00	6.65	6.15	6.05	15.50	13.20	12.50	12.55	12.45	12.55	10.40	10.45	10.30
		13:00	7.80	7.25	7.10	17.60	17.50	16.00	14.60	14.40	13.20	10.80	11.70	10.55
		18:00	7.70	6.10	6.05	15.60	16.40	13.10	14.25	14.05	13.70	9.31	9.28	9.07
25	18-Jul	08:00	6.50	5.80	5.70	15.70	13.00	12.00	11.95	12.05	11.85	8.51	8.91	8.86
		13:00	7.35	6.95	6.80	18.60	18.30	16.40	13.40	13.35	13.15	9.48	9.63	9.22
		18:00	8.00	7.15	7.30	17.40	17.60	16.50	15.15	14.75	13.60	9.62	9.71	9.44
26	19-Jul	08:00	6.90	6.10	5.70	17.00	17.40	13.50	12.75	12.35	12.15	9.17	9.56	9.31
		13:00	7.75	7.05	5.90	18.60	18.30	16.80	13.40	13.35	13.15	9.65	9.92	9.52
		18:00	7.90	6.15	6.10	17.50	17.80	17.20	14.45	13.95	13.85	9.86	10.20	9.86
27	20-Jul	08:00	6.60	6.10	6.05	17.50	17.70	14.00	12.60	12.45	12.20	9.43	9.64	9.39
		13:00	7.70	7.20	7.05	20.50	19.40	18.80	14.25	14.10	14.40	10.40	10.50	10.10
		18:00	7.75	7.30	7.20	18.80	18.70	17.80	15.40	15.25	14.95	10.40	10.55	10.25
28	21-Jul	08:00	6.60	6.30	6.25	18.90	18.90	17.50	13.20	12.65	12.40	9.07	9.24	9.01
		13:00	7.35	7.30	7.15	21.60	19.90	18.50	15.60	15.60	15.15	9.98	10.05	9.77
		18:00	8.50	7.45	7.25	17.10	18.80	17.60	15.05	13.75	14.90	9.85	9.82	9.60
29	22-Jul	08:00	7.90	6.15	5.90	20.30	19.70	17.90	13.60	12.10	11.80	9.30	9.57	9.43
		13:00	7.60	7.10	7.00	22.00	20.50	19.20	14.65	14.55	14.50	10.30	11.25	10.45
		18:00	8.40	7.50	7.35	19.10	18.40	18.10	15.40	13.90	14.95	9.92	10.01	9.77
30	23-Jul	08:00	6.65	6.00	5.85	19.40	19.70	17.30	12.05	11.95	11.85	9.80	10.00	9.59
		13:00	8.05	7.45	7.45	21.30	21.80	20.20	14.75	14.55	14.75	8.50	9.03	9.18
		18:00	7.85	7.30	7.20	0.00	0.00	0.00	14.60	13.60	14.85	8.20	8.81	8.77
31	24-Jul	08:00	6.90	6.40	6.25	0.00	0.00	0.00	12.80	12.75	12.55	7.77	8.51	8.68
		13:00	7.75	7.25	7.25	0.00	0.00	0.00	14.20	14.25	14.45	8.52	9.16	9.09
		18:00	7.80	7.20	7.25	0.00	0.00	0.00	15.30	14.00	13.95	8.71	9.19	9.15
32	25-Jul	08:00	6.10	5.75	5.70	0.00	0.00	0.00	12.45	12.05	12.00	8.44	9.01	8.89
		13:00	7.60	7.10	5.95	0.00	0.00	0.00	13.40	13.20	13.20	8.82	9.51	9.35
		18:00	7.60	6.00	5.90	0.00	0.00	0.00	13.65	13.35	13.30	8.96	9.40	9.28
33	26-Jul	08:00	6.10	5.80	5.70	0.00	0.00	0.00	11.65	11.50	11.40	8.79	9.28	9.24
		13:00	7.25	6.80	6.80	0.00	0.00	0.00	12.65	12.55	12.50	9.07	9.54	9.27
		18:00	7.50	5.85	5.85	0.00	0.00	0.00	13.80	13.60	13.30	9.19	9.65	9.59
34	27-Jul	08:00	6.15	5.75	5.60	0.00	0.00	0.00	11.75	11.65	11.30	9.01	9.48	9.25
		13:00	7.30	6.80	6.70	0.00	0.00	0.00	12.50	12.65	12.70	9.13	9.67	9.46
		18:00	7.40	6.10	6.00	0.00	0.00	0.00	13.75	13.55	13.25	9.04	9.66	9.55
35	28-Jul	08:00	5.90	5.65	5.70	0.00	0.00	0.00	12.40	12.00	11.70	9.17	9.36	9.23
		13:00	7.55	7.05	7.00	0.00	0.00	0.00	13.65	12.65	11.80	8.98	9.40	9.32
		18:00	7.60	5.80	5.75	0.00	0.00	0.00	12.95	12.90	13.00	8.85	9.41	9.45
36	29-Jul	08:00	6.85	6.00	5.95	0.00	0.00	0.00	12.05	11.90	11.75	9.16	9.58	9.65
		13:00	7.60	7.00	7.00	0.00	0.00	0.00	13.95	13.85	13.95	9.10	9.60	9.65
		18:00	8.10	7.25	7.25	0.00	0.00	0.00	14.25	13.75	13.45	9.28	9.78	10.00
37	30-Jul	08:00	6.05	5.75	5.70	0.00	0.00	0.00	12.05	11.90	11.65	9.38	9.66	9.70
		13:00	7.55	5.80	5.80	15.00	11.60	11.50	13.30	13.10	12.95	10.06	10.25	10.05
		18:00	7.95	6.00	6.05	12.30	11.50	11.60	12.25	12.20	12.10	8.45	8.80	9.05
38	31-Jul	08:00	5.95	5.65	5.60	11.20	10.90	10.80	12.15	11.85	11.75	8.83	8.76	8.99
		13:00	7.70	7.00	7.00	16.30	15.10	15.10	13.50	13.40	13.50	8.91	9.27	9.36
		18:00	7.60	6.00	5.95	12.30	11.80	12.00	14.05	13.75	13.65	8.76	9.09	9.31
39	1-Ago	08:00	5.95	5.60	5.55	13.20	12.90	12.00	11.70	11.75	11.60	9.06	9.24	9.36
		13:00	7.25	6.65	6.70	14.10	13.80	13.70	12.85	12.65	13.90	9.59	9.66	9.74
		18:00	7.45	5.90	5.95	11.50	11.40	11.60	14.00	13.80	13.65	8.85	9.24	10.20
40	2-Ago	08:00	6.20	5.75	5.50	13.10	12.00	11.60	12.15	11.90	11.55	9.25	9.39	9.56
		13:00	7.15	5.65	6.65	15.70	14.30	14.00	12.80	12.70	12.85	9.72	9.83	9.94
		18:00	7.35	5.80	5.85	11.50	11.30	11.50	13.75	13.40	13.40	9.14	9.60	9.94
41	3-Ago	08:00	5.80	5.50	5.55	12.90	12.20	11.90	11.40	11.30	11.25	9.77	10.00	10.10
		13:00	7.30	5.70	5.75	14.50	11.20	11.30	12.75	12.65	13.05	9.82	10.06	10.14
		18:00	7.45	5.90	5.95	11.80	11.10	11.30	13.75	13.40	13.20	10.15	10.20	10.30
42	4-Ago	08:00	6.30	5.75	5.70	11.90	11.00	11.10	11.85	11.70	11.65	8.90	9.31	9.11
		13:00	7.50	5.75	5.75	14.70	13.70	13.20	12.75	12.65	12.60	9.51	9.49	9.58
		18:00	6.40	5.90	5.80	12.90	11.50	11.50	11.80	11.80	11.80	9.31	9.38	9.29
43	5-Ago	08:00	6.15	5.55	5.60	11.80	10.80	10.80	11.20	11.20	11.05	8.86	9.13	8.95
		13:00	7.25	6.90	7.30	15.80	14.50	14.20	12.70	12.70	13.00	9.27	9.74	9.46
		18:00	7.35	5.80	5.80	11.80	10.80	10.80	13.45	13.20	13.05	9.46	9.61	9.49
44	6-Ago	08:00	6.20	5.70	5.70	11.70	10.60	10.60	11.40	11.30	11.15	9.18	9.42	9.24
		13:00	7.25	5.60	6.70	14.70	11.10	10.60	12.65	12.55	12.70	9.52	10.03	9.87
		18:00	7.95	5.75	5.85	12.40	10.90	10.80	12.20	11.95	11.85	9.64	9.95	9.76
45	7-Ago	08:00	6.25	5.60	5.60	11.90	10.80	10.90	11.55	11.25	10.90	9.30	9.63	9.64
		13:00	7.15	5.60	5.65	0.00	0.00	0.00	6.80	6.80	6.85	9.70	10.25	9.99
		18:00	6.30	5.75	5.80	0.00	0.00	0.00	6.30	6.20	6.10	9.37	9.90	9.90

46	8-Ago	08:00	5.85	5.45	5.55	0.00	0.00	0.00	6.10	5.85	5.55	8.97	9.21	8.98	
		13:00	7.00	6.50	5.40	0.00	0.00	0.00	7.00	6.90	7.05	9.00	9.21	9.30	
		18:00	7.85	5.80	5.90	0.00	0.00	0.00	7.30	6.00	6.00	9.09	9.28	9.27	
47	9-Ago	08:00	6.15	5.80	5.60	0.00	0.00	0.00	5.85	5.75	5.65	8.50	9.09	9.04	
		13:00	7.25	5.70	5.70	0.00	0.00	0.00	7.10	7.05	7.00	9.35	9.65	9.55	
		18:00	6.55	5.75	5.80	0.00	0.00	0.00	6.10	6.00	5.90	9.36	9.64	9.71	
48	10-Ago	08:00	6.15	5.55	5.60	0.00	0.00	0.00	5.30	5.70	5.55	8.94	9.27	9.23	
		13:00	7.05	5.50	5.60	0.00	0.00	0.00	7.00	6.75	6.95	9.91	10.15	10.14	
		18:00	6.05	5.70	5.75	0.00	0.00	0.00	6.05	5.95	6.00	9.63	9.94	9.95	
49	11-Ago	08:00	5.55	5.15	5.25	0.00	0.00	0.00	5.50	5.45	5.40	9.42	9.83	9.73	
		13:00	6.85	5.20	5.55	0.00	0.00	0.00	7.00	5.35	6.95	9.90	10.30	10.30	
		18:00	5.80	5.55	5.55	0.00	0.00	0.00	6.10	5.90	5.85	9.07	9.16	9.17	
50	12-Ago	08:00	6.00	5.40	5.60	0.00	0.00	0.00	5.65	5.65	5.55	9.63	9.91	9.79	
		13:00	6.90	5.45	5.45	0.00	0.00	0.00	6.85	6.75	6.90	9.92	10.25	10.29	
		18:00	7.35	5.65	5.30	0.00	0.00	0.00	6.40	6.20	6.10	9.74	10.30	10.20	
51	13-Ago	08:00	5.40	5.20	5.15	0.00	0.00	0.00	5.50	5.55	5.20	10.58	10.30	10.13	
		13:00	7.45	5.70	6.85	0.00	0.00	0.00	7.40	7.25	7.20	10.25	10.85	10.80	
		18:00	6.40	5.70	5.70	0.00	0.00	0.00	5.95	5.85	5.90	10.35	10.50	10.85	
52	14-Ago	08:00	5.55	5.25	5.25	0.00	0.00	0.00	5.50	5.60	5.55	9.58	9.98	10.45	
		13:00	0.00	0.00	0.00	13.40	10.40	12.50	6.95	6.70	6.85	10.05	10.00	10.08	
		18:00	0.00	0.00	0.00	11.20	10.40	10.80	5.95	5.85	5.85	9.98	9.94	9.84	
53	15-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	11.70	10.70	10.80	5.20	5.35	5.25	9.13	9.49	9.48	
		13:00	0.00	0.00	0.00	15.20	14.10	14.50	5.05	5.50	5.30	10.65	10.35	10.25	
		18:00	0.00	0.00	0.00	13.30	12.30	12.40	6.60	6.25	6.20	10.50	10.45	10.35	
54	16-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	12.80	11.70	11.60	5.55	5.55	5.40	9.88	10.02	9.92	
		13:00	0.00	0.00	0.00	16.00	14.50	15.30	6.95	6.80	6.85	10.55	10.60	10.50	
		18:00	0.00	0.00	0.00	15.70	12.20	12.40	6.60	6.20	6.10	10.20	10.55	10.65	
55	17-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	12.70	11.90	12.20	5.65	5.55	5.50	10.60	10.60	10.45	
		13:00	0.00	0.00	0.00	17.50	16.10	16.70	7.00	6.90	7.00	10.60	10.70	10.55	
		18:00	0.00	0.00	0.00	11.20	10.80	11.00	6.05	5.90	5.90	9.02	9.29	9.41	
56	18-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	11.70	10.40	11.00	5.60	5.55	5.55	9.29	9.47	9.39	
		13:00	0.00	0.00	0.00	14.80	13.20	13.70	5.15	5.40	5.05	9.86	9.93	10.15	
		18:00	0.00	0.00	0.00	11.70	10.70	11.00	6.05	5.65	5.70	9.59	9.60	9.78	
57	19-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	11.30	10.40	10.70	5.15	5.40	5.35	9.45	9.77	9.77	
		13:00	0.00	0.00	0.00	14.50	13.40	13.70	6.70	6.85	7.05	10.20	10.60	10.50	
		18:00	0.00	0.00	0.00	12.30	10.90	10.90	6.35	5.70	5.60	9.62	9.99	10.15	
58	20-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	10.80	10.20	10.80	5.90	5.65	5.50	8.95	9.36	9.33	
		13:00	0.00	0.00	0.00	13.50	10.60	13.60	6.65	5.40	5.50	9.68	10.04	10.15	
		18:00	0.00	0.00	0.00	12.00	11.00	11.60	5.95	5.70	5.75	9.89	9.99	10.35	
59	21-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	11.40	10.50	11.10	5.45	5.55	5.60	9.13	9.56	9.64	
		13:00	0.00	0.00	0.00	12.90	10.70	13.90	6.65	5.45	6.65	9.81	10.24	10.35	
		18:00	0.00	0.00	0.00	12.10	11.30	12.10	5.90	5.85	5.85	9.89	10.30	10.50	
60	22-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	11.40	10.30	10.80	5.95	5.90	5.85	8.92	9.17	9.24	
		13:00	0.00	0.00	0.00	13.30	12.30	12.80	6.70	6.60	6.85	9.75	9.94	10.09	
		18:00	0.00	0.00	0.00	10.80	11.00	10.70	5.30	5.40	5.60	9.58	9.96	9.83	
61	23-Ago	08:00										9.37	9.80	9.73	
		13:00											9.94	10.45	10.60
		18:00											9.90	10.20	10.10
62	24-Ago	08:00										9.52	10.60	10.25	
		13:00											9.72	10.27	10.46
		18:00											10.23	10.80	10.75
63	25-Ago	08:00										9.59	10.29	10.40	
		13:00											9.31	10.50	10.40
		18:00											9.10	9.95	9.67
64	26-Ago	08:00										8.79	9.69	9.69	
		13:00											10.05	10.15	10.33
		18:00											9.75	10.00	10.05
65	27-Ago	08:00										9.01	9.94	9.72	
		13:00											10.70	10.55	10.20
		18:00											10.05	10.60	10.20
66	28-Ago	08:00										8.98	10.00	9.89	
		13:00											9.88	10.18	10.22
		18:00											9.66	10.35	9.89
67	29-Ago	08:00										9.05	9.83	9.85	
		13:00											10.04	10.19	10.13
		18:00											9.49	10.35	9.79
68	30-Ago	08:00										8.88	9.87	10.05	
		13:00											10.10	10.23	10.23
		18:00											10.30	10.45	10.95

SALT			M[5] Biorremediación			M[5] Fitorremediación			B[5]			F[0]		
Día	Fecha	Hora	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	23-Jun	18:00	0.00	20.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00			
1	24-Jun	08:00	0.00	19.55	0.00	0.00	0.00	0.00	20.50	0.00	0.00			
		13:00	18.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.30			
		18:00	0.00	20.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.10	0.00		
2	25-Jun	08:00	19.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.50			
		13:00	0.00	19.70	0.00	0.00	0.00	0.00	17.90	0.00	0.00			
		18:00	0.00	0.00	19.65	0.00	0.00	0.00	0.00	19.60	0.00			
3	26-Jun	08:00	0.00	0.00	17.35	0.00	0.00	0.00	0.00	17.45	0.00			
		13:00	0.00	18.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.05			
		18:00	19.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.35			
4	27-Jun	08:00	0.00	17.40	0.00	0.00	0.00	0.00	16.45	0.00	0.00			
		13:00	16.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.85			
		18:00	0.00	0.00	19.20	0.00	0.00	0.00	0.00	19.95	0.00			
5	28-Jun	08:00	18.90	17.05	16.30	0.00	0.00	0.00	17.00	17.20	16.80			
		13:00	20.00	18.70	18.30	0.00	0.00	0.00	18.55	18.65	18.35			
		18:00	21.15	19.60	19.35	0.00	0.00	0.00	20.95	19.90	19.55			
6	29-Jun	08:00	18.45	15.90	15.65	0.00	0.00	0.00	17.60	16.00	15.85			
		13:00	19.80	18.80	18.40	0.00	0.00	0.00	18.90	18.90	18.45			
		18:00	20.75	19.65	19.35	0.00	0.00	0.00	20.35	19.80	19.40			
7	30-Jun	08:00	16.45	16.75	16.60	0.00	0.00	0.00	16.90	16.85	16.80			
		13:00	20.05	18.95	18.70	0.00	0.00	0.00	19.75	19.50	18.80			
		18:00	20.95	19.40	19.15	0.00	0.00	0.00	20.30	19.50	19.20			
8	1-Jul	08:00	16.60	16.35	14.60	0.00	0.00	0.00	16.95	16.80	16.35			
		13:00	17.10	17.05	16.65	0.00	0.00	0.00	18.00	17.90	17.80	11.20	11.15	11.20
		18:00	19.80	18.45	18.15	0.00	0.00	0.00	19.25	18.70	18.60	10.85	11.05	11.15
9	2-Jul	08:00	15.00	14.65	14.25	0.00	0.00	0.00	14.75	16.30	14.25	10.50	10.75	10.65
		13:00	18.60	17.85	17.60	0.00	0.00	0.00	18.25	18.10	17.60	11.45	11.45	11.25
		18:00	19.90	16.45	18.20	0.00	0.00	0.00	19.70	19.05	18.40	11.15	11.40	11.25
10	3-Jul	08:00	14.65	14.40	14.20	0.00	0.00	0.00	14.70	14.65	14.50	10.95	11.00	11.00
		13:00	18.65	16.30	17.50	0.00	0.00	0.00	17.70	17.95	17.80	12.20	12.20	11.55
		18:00	19.90	18.40	18.30	0.00	0.00	0.00	19.60	19.10	18.35	11.70	11.75	11.55
11	4-Jul	08:00	15.55	14.75	14.55	0.00	0.00	0.00	14.30	14.05	14.00	11.35	11.30	11.20
		13:00	18.45	16.20	15.95	0.00	0.00	0.00	18.00	17.80	15.85	12.65	12.30	11.65
		18:00	20.05	17.25	16.90	0.00	0.00	0.00	17.35	16.85	16.65	11.60	11.70	11.60
12	5-Jul	08:00	15.60	17.20	14.70	0.00	0.00	0.00	15.90	15.40	15.00	11.95	12.05	11.45
		13:00	18.80	16.60	17.70	0.00	0.00	0.00	17.20	17.25	17.15	12.25	12.40	11.90
		18:00	20.15	16.60	17.10	0.00	0.00	0.00	19.50	19.30	17.05	12.55	12.65	12.15
13	6-Jul	08:00	15.60	15.05	14.50	0.00	0.00	0.00	15.25	15.10	14.75	12.15	12.20	11.85
		13:00	19.40	18.55	17.95	0.00	0.00	0.00	18.10	18.20	17.80	12.05	13.65	12.10
		18:00	19.50	17.05	16.50	0.00	0.00	0.00	19.10	18.65	16.60	12.55	12.75	12.35
14	7-Jul	08:00	15.10	14.40	14.00	0.00	0.00	0.00	15.20	15.05	14.65	12.65	12.50	11.90
		13:00	18.90	16.55	16.15	0.00	0.00	0.00	17.00	15.70	15.50	14.40	15.00	14.10
		18:00	19.20	18.75	16.60	0.00	0.00	0.00	18.15	17.35	16.70	13.05	13.30	12.85
15	8-Jul	08:00	14.05	14.45	14.35	0.00	0.00	0.00	15.65	15.25	14.80	12.95	13.10	12.55
		13:00	18.90	17.95	15.95	0.00	0.00	0.00	17.35	17.30	17.05	17.30	17.05	14.70
		18:00	19.25	17.30	16.85	0.00	0.00	0.00	19.80	19.15	18.45	13.75	13.95	13.60
16	9-Jul	08:00	15.65	14.25	14.00	0.00	0.00	0.00	14.05	14.20	13.85	12.65	13.05	12.55
		13:00	17.55	15.60	15.05	0.00	0.00	0.00	15.10	15.15	14.95	17.60	17.30	14.55
		18:00	19.90	16.90	16.50	0.00	0.00	0.00	16.95	16.55	16.10	13.60	13.85	13.70
17	10-Jul	08:00	15.50	15.00	14.40	0.00	0.00	0.00	14.80	14.60	14.50	12.85	13.55	13.40
		13:00	18.90	16.60	15.55	0.00	0.00	0.00	17.35	15.30	17.50	16.80	17.15	16.25
		18:00	19.00	16.75	16.10	0.00	0.00	0.00	18.30	16.55	16.25	14.30	14.45	13.80
18	11-Jul	08:00	14.65	14.05	13.55	0.00	0.00	0.00	15.10	14.65	14.05	14.10	14.45	13.80
		13:00	18.35	16.25	15.60	0.00	0.00	0.00	16.00	15.85	15.70	10.55	10.50	10.14
		18:00	19.85	16.90	16.20	0.00	0.00	0.00	16.80	16.55	16.30	10.55	10.30	10.40
19	12-Jul	08:00	15.30	14.80	14.40	0.00	0.00	0.00	15.15	15.00	14.55	10.45	10.50	10.50
		13:00	18.45	16.15	15.65	0.00	0.00	0.00	15.15	15.10	15.30	10.85	10.80	10.55
		18:00	19.35	16.55	16.35	0.00	0.00	0.00	16.35	16.45	16.35	10.85	10.75	10.70
20	13-Jul	08:00	16.15	15.35	14.75	0.00	0.00	0.00	14.85	14.60	14.40	10.50	10.45	10.45
		13:00	18.95	16.80	16.30	0.00	0.00	0.00	17.60	17.55	17.45	11.10	11.20	11.00
		18:00	19.00	16.80	16.20	0.00	0.00	0.00	17.15	16.70	16.35	11.20	11.20	11.15
21	14-Jul	08:00	14.75	14.05	13.80	0.00	0.00	0.00	14.80	14.50	14.05	10.60	10.70	10.65
		13:00	18.20	16.15	15.65	0.00	0.00	0.00	16.60	15.10	14.80	11.75	11.70	11.05
		18:00	19.55	16.75	16.05	0.00	0.00	0.00	18.25	16.45	16.35	11.10	11.30	11.20
22	15-Jul	08:00	18.95	16.40	15.65	0.00	0.00	0.00	16.05	15.80	14.05	11.10	11.20	10.95
		13:00	18.20	16.80	16.80	20.50	20.10	18.60	17.50	17.45	17.50	11.75	12.05	11.45
		18:00	19.30	14.20	14.10	18.10	18.30	14.60	19.15	16.80	17.95	11.80	11.70	11.30

Las aguas residuales fueron utilizadas sin dilución, por lo que, las plantas de E. crassipes no toleraron el nivel de contaminación de las aguas en tratamiento, muriendo a los 2 días de exposición, optando por realizar la dilución al 50% con agua de clorada.

23	16-Jul	08:00	15.60	13.90	13.40	14.40	14.60	13.60	14.25	14.20	13.90	11.25	11.55	11.05
		13:00	18.10	16.90	16.40	21.30	20.60	18.70	17.45	17.30	16.90	12.40	12.75	11.70
		18:00	19.90	16.80	16.80	18.70	19.20	14.90	17.90	17.75	17.50	12.20	12.15	11.85
24	17-Jul	08:00	15.40	14.10	13.90	18.30	15.30	14.40	14.35	14.25	14.50	11.70	11.80	11.55
		13:00	18.20	16.80	16.50	20.70	21.00	18.80	17.05	16.70	15.25	12.20	13.35	11.95
		18:00	17.90	14.00	13.90	18.30	19.30	15.10	16.40	16.30	15.80	10.50	10.45	10.22
25	18-Jul	08:00	14.90	13.10	13.00	18.50	15.00	13.70	13.65	13.75	13.45	9.62	10.05	10.02
		13:00	17.10	16.00	15.80	22.10	21.80	19.30	15.45	15.50	15.40	10.70	10.90	10.35
		18:00	18.70	16.50	16.80	20.50	20.90	19.50	17.70	17.30	15.80	10.85	11.00	10.65
26	19-Jul	08:00	15.90	14.00	13.00	20.10	20.60	15.60	14.60	14.15	13.95	10.35	10.85	10.50
		13:00	18.10	16.40	13.50	22.00	21.80	19.90	14.95	15.55	15.20	10.90	11.20	10.75
		18:00	18.60	14.00	13.90	20.70	21.10	19.70	16.70	16.20	16.05	11.10	11.40	11.20
27	20-Jul	08:00	15.10	14.00	13.90	20.70	21.00	16.30	14.45	14.30	12.50	10.65	10.90	10.60
		13:00	18.10	16.80	16.40	24.80	23.30	22.30	16.55	16.45	16.80	11.70	11.85	11.40
		18:00	18.20	16.90	16.80	22.30	22.30	21.10	18.05	17.80	17.50	11.70	11.90	11.50
28	21-Jul	08:00	15.30	14.50	14.20	22.70	22.70	20.70	15.20	14.50	14.20	10.23	10.40	10.15
		13:00	17.20	17.10	16.70	26.20	23.80	21.90	18.35	18.20	17.70	11.20	11.25	11.00
		18:00	19.90	17.40	17.20	20.40	22.40	20.90	17.60	15.95	17.15	11.05	11.15	10.85
29	22-Jul	08:00	18.60	14.10	13.50	24.70	23.70	21.30	15.70	13.85	13.85	10.50	10.90	10.75
		13:00	17.50	16.50	16.30	27.10	25.10	23.20	17.10	17.00	16.95	11.55	11.70	11.20
		18:00	19.60	17.60	17.20	22.90	22.00	21.50	18.00	16.20	17.50	11.15	11.30	11.10
30	23-Jul	08:00	15.30	13.70	13.40	23.30	23.50	20.50	13.80	13.65	13.55	11.20	11.25	10.90
		13:00	19.00	17.30	17.30	26.20	26.20	24.90	17.15	16.95	17.20	9.54	10.13	10.30
		18:00	18.30	16.80	16.70	0.00	0.00	0.00	16.95	15.20	17.30	9.18	9.93	9.87
31	24-Jul	08:00	16.20	14.80	14.40	0.00	0.00	0.00	14.75	14.65	14.45	8.69	9.58	9.56
		13:00	18.20	16.90	16.90	0.00	0.00	0.00	16.55	16.50	16.85	9.56	10.35	10.15
		18:00	18.20	16.80	16.90	0.00	0.00	0.00	17.95	16.25	16.15	9.80	10.35	10.30
32	25-Jul	08:00	14.00	13.10	13.00	0.00	0.00	0.00	14.35	13.80	13.60	9.53	10.15	10.00
		13:00	17.70	16.50	13.60	0.00	0.00	0.00	15.70	15.20	15.35	9.90	10.75	10.55
		18:00	17.80	13.60	13.50	0.00	0.00	0.00	15.85	15.40	15.40	10.05	10.65	10.50
33	26-Jul	08:00	14.00	13.20	13.00	0.00	0.00	0.00	13.30	13.25	13.00	9.86	10.45	10.45
		13:00	16.90	15.80	15.60	0.00	0.00	0.00	14.55	14.45	14.35	10.20	10.80	10.50
		18:00	17.60	13.40	13.40	0.00	0.00	0.00	15.95	15.80	15.40	10.35	10.90	10.80
34	27-Jul	08:00	14.10	13.10	12.70	0.00	0.00	0.00	13.45	13.25	12.85	10.15	10.70	10.45
		13:00	16.90	15.60	15.50	0.00	0.00	0.00	14.40	14.60	14.65	10.25	10.95	10.70
		18:00	17.30	13.90	13.70	0.00	0.00	0.00	15.95	15.60	15.35	10.15	10.95	10.80
35	28-Jul	08:00	13.50	12.80	13.00	0.00	0.00	0.00	14.25	13.70	13.35	10.25	10.55	10.45
		13:00	17.70	16.40	16.30	0.00	0.00	0.00	15.90	14.55	14.75	10.00	10.60	10.50
		18:00	14.00	13.20	13.10	0.00	0.00	0.00	14.85	14.90	14.90	10.00	10.65	10.65
36	29-Jul	08:00	15.80	13.70	13.60	0.00	0.00	0.00	13.80	13.60	13.40	10.30	10.85	10.90
		13:00	17.70	16.30	16.40	0.00	0.00	0.00	16.35	16.05	16.45	10.25	10.90	10.90
		18:00	18.70	16.90	16.80	0.00	0.00	0.00	16.45	16.00	15.60	10.50	11.10	11.20
37	30-Jul	08:00	13.90	13.00	13.00	0.00	0.00	0.00	13.80	13.60	13.25	10.65	10.95	11.00
		13:00	17.70	13.20	13.20	17.60	13.20	13.10	15.40	15.15	14.95	11.40	11.55	11.30
		18:00	18.60	13.60	13.90	14.30	13.10	13.20	14.00	13.95	13.70	9.74	9.90	10.15
38	31-Jul	08:00	13.50	12.70	12.70	12.70	12.30	12.30	13.80	13.55	13.45	9.84	9.90	10.10
		13:00	18.10	16.30	16.30	19.10	17.70	17.70	15.65	15.50	15.65	10.00	10.45	10.55
		18:00	17.80	13.70	13.60	14.10	13.50	13.70	16.35	15.95	15.80	9.85	10.25	10.55
39	1-Ago	08:00	13.60	12.70	12.60	15.30	14.00	13.70	13.45	13.40	13.10	10.20	10.45	10.70
		13:00	16.80	15.30	15.40	16.40	15.90	15.90	15.10	14.50	16.15	10.80	10.90	10.95
		18:00	17.60	13.50	13.40	13.10	13.00	13.20	16.25	15.95	15.90	9.95	10.40	10.80
40	2-Ago	08:00	14.10	13.10	12.50	15.00	13.70	13.40	13.90	13.55	13.10	10.40	10.60	10.80
		13:00	16.70	12.80	15.40	18.50	16.70	16.30	14.60	14.60	14.75	11.00	11.20	11.20
		18:00	17.40	13.20	13.40	13.10	12.80	13.10	15.85	15.50	15.45	10.30	10.85	11.20
41	3-Ago	08:00	13.20	12.60	12.60	14.90	13.70	13.60	13.10	12.85	12.80	11.10	11.20	11.30
		13:00	16.90	13.10	13.10	16.70	12.70	12.70	14.70	14.60	15.25	11.10	11.30	11.45
		18:00	17.40	13.50	13.50	13.50	12.50	12.80	16.00	15.45	15.25	11.35	11.45	11.60
42	4-Ago	08:00	14.40	13.10	13.00	13.60	12.50	12.60	13.60	13.35	12.90	10.03	10.50	10.25
		13:00	17.60	13.10	12.10	17.20	15.90	13.80	14.70	14.60	14.50	10.40	10.75	10.50
		18:00	14.80	13.80	13.20	14.80	13.20	13.10	13.45	13.50	13.45	10.50	10.60	10.50
43	5-Ago	08:00	14.10	12.60	12.60	13.50	12.20	12.20	12.65	12.70	12.55	9.75	10.30	10.05
		13:00	16.90	16.00	17.20	18.30	16.90	16.50	14.65	14.55	14.85	10.45	10.95	10.70
		18:00	17.20	13.50	13.10	13.50	12.20	12.30	15.55	15.30	15.05	10.55	10.85	10.70
44	6-Ago	08:00	14.20	13.00	12.80	13.40	12.00	12.00	12.90	12.85	12.65	10.35	10.65	10.45
		13:00	17.10	12.70	15.60	17.10	12.60	12.00	14.60	14.45	14.55	10.80	11.35	11.05
		18:00	17.80	13.10	13.20	14.20	12.30	12.20	13.95	13.65	13.55	10.85	11.60	11.10
45	7-Ago	08:00	14.20	12.60	12.60	13.60	12.20	12.30	13.00	12.80	12.25	10.50	10.95	10.95
		13:00	16.70	12.60	12.80	0.00	0.00	0.00	7.90	7.90	7.95	10.90	11.40	11.30
		18:00	14.40	13.00	13.10	0.00	0.00	0.00	7.20	7.10	7.00	10.60	11.15	11.20

46	8-Ago	08:00	13.40	12.30	12.50	0.00	0.00	0.00	7.15	6.70	6.35	10.10	10.40	10.15	
		13:00	16.30	15.00	12.10	0.00	0.00	0.00	8.15	8.00	8.20	10.15	10.35	10.50	
		18:00	18.30	13.20	13.40	0.00	0.00	0.00	8.55	6.75	6.80	10.40	10.50	10.55	
47	9-Ago	08:00	14.00	12.70	12.60	0.00	0.00	0.00	6.70	6.55	6.35	9.58	10.29	10.15	
		13:00	16.90	12.70	12.80	0.00	0.00	0.00	8.25	8.20	8.15	10.55	10.90	10.80	
		18:00	15.00	13.10	13.10	0.00	0.00	0.00	7.00	6.85	6.75	10.55	10.90	10.95	
48	10-Ago	08:00	14.10	12.60	12.70	0.00	0.00	0.00	5.90	6.50	6.30	10.10	10.45	10.40	
		13:00	16.40	12.50	12.70	0.00	0.00	0.00	8.15	8.10	8.00	11.10	11.45	11.45	
		18:00	13.90	13.00	13.10	0.00	0.00	0.00	6.95	6.80	6.85	10.90	11.20	11.25	
49	11-Ago	08:00	12.60	11.60	11.70	0.00	0.00	0.00	6.25	6.15	6.05	10.65	11.15	11.00	
		13:00	15.90	11.60	13.00	0.00	0.00	0.00	8.10	6.00	8.10	11.15	11.65	11.60	
		18:00	13.30	12.60	12.60	0.00	0.00	0.00	6.95	6.70	6.70	10.15	10.35	10.30	
50	12-Ago	08:00	13.70	12.20	12.70	0.00	0.00	0.00	6.40	6.40	6.30	10.60	11.15	11.00	
		13:00	16.00	12.30	12.30	0.00	0.00	0.00	7.90	7.80	7.95	11.20	11.50	11.65	
		18:00	17.20	12.80	12.20	0.00	0.00	0.00	7.40	7.10	7.00	10.95	11.55	11.45	
51	13-Ago	08:00	12.30	11.60	11.60	0.00	0.00	0.00	6.15	6.40	5.80	11.80	11.60	11.40	
		13:00	17.30	12.80	15.90	0.00	0.00	0.00	8.65	8.45	8.35	11.50	12.30	12.20	
		18:00	14.60	12.80	13.00	0.00	0.00	0.00	6.80	6.70	6.70	11.15	11.85	12.25	
52	14-Ago	08:00	12.60	11.80	11.80	0.00	0.00	0.00	6.45	6.30	6.30	10.85	11.30	11.75	
		13:00	0.00	0.00	0.00	15.50	11.70	14.50	8.10	7.75	7.95	11.25	11.25	11.30	
		18:00	0.00	0.00	0.00	12.70	11.78	12.20	6.80	6.70	6.70	11.25	11.20	11.15	
53	15-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	13.40	12.10	12.20	5.85	6.05	5.90	10.40	10.75	10.70	
		13:00	0.00	0.00	0.00	17.80	16.40	16.80	5.65	6.30	5.90	11.90	11.60	11.45	
		18:00	0.00	0.00	0.00	15.40	14.00	14.20	7.55	7.20	7.10	11.85	12.30	11.65	
54	16-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	14.60	13.40	13.20	6.30	6.30	6.30	11.15	11.30	11.20	
		13:00	0.00	0.00	0.00	18.70	16.90	17.70	8.00	7.80	7.95	11.90	11.95	11.85	
		18:00	0.00	0.00	0.00	18.30	14.00	14.20	7.50	7.05	7.00	11.50	11.90	12.05	
55	17-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	14.60	13.60	14.00	6.40	6.30	6.25	12.00	11.95	11.75	
		13:00	0.00	0.00	0.00	20.70	19.00	19.70	8.15	8.00	8.15	12.00	12.00	11.95	
		18:00	0.00	0.00	0.00	12.70	12.20	12.50	6.95	6.75	6.75	10.19	10.45	10.60	
56	18-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	13.40	11.70	12.60	6.35	6.30	6.30	10.65	10.70	10.60	
		13:00	0.00	0.00	0.00	17.20	15.10	15.90	5.85	6.10	5.65	11.15	11.15	11.25	
		18:00	0.00	0.00	0.00	13.40	12.10	12.50	6.85	6.40	6.40	10.90	10.90	11.15	
57	19-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	12.80	11.70	12.00	5.80	6.10	6.00	10.70	11.10	11.05	
		13:00	0.00	0.00	0.00	16.90	15.40	15.80	7.75	7.90	8.10	11.40	11.65	11.85	
		18:00	0.00	0.00	0.00	12.30	12.30	12.30	7.25	6.55	6.60	10.90	11.30	11.35	
58	20-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	12.20	11.40	12.20	6.70	6.35	6.10	10.17	10.45	10.50	
		13:00	0.00	0.00	0.00	15.50	11.80	15.60	7.70	6.10	6.10	10.95	11.30	11.40	
		18:00	0.00	0.00	0.00	13.60	12.30	13.10	6.75	6.50	6.55	11.20	11.25	11.50	
59	21-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	13.00	11.80	12.60	6.10	6.30	6.50	10.40	10.85	10.95	
		13:00	0.00	0.00	0.00	15.00	12.10	16.20	7.55	6.05	8.10	11.10	11.50	11.65	
		18:00	0.00	0.00	0.00	13.70	12.80	13.90	6.75	6.70	6.70	11.25	11.60	11.85	
60	22-Ago	08:00	0.00	0.00	0.00	13.00	11.40	12.00	6.75	6.70	6.55	10.05	10.35	10.40	
		13:00	0.00	0.00	0.00	15.40	14.10	14.80	7.80	7.65	7.90	11.05	11.20	11.35	
		18:00	0.00	0.00	0.00	12.20	12.50	12.10	6.00	6.10	6.35	10.80	11.25	11.10	
61	23-Ago	08:00										10.60	11.10	11.00	
		13:00											11.25	11.70	11.85
		18:00											11.15	11.35	11.30
62	24-Ago	08:00										11.30	11.95	11.50	
		13:00											11.00	11.30	11.15
		18:00											11.55	12.30	12.15
63	25-Ago	08:00										10.90	11.60	11.50	
		13:00											10.45	10.50	10.95
		18:00											10.28	11.20	10.90
64	26-Ago	08:00										9.94	10.90	10.90	
		13:00											11.25	11.40	11.50
		18:00											10.65	11.30	11.20
65	27-Ago	08:00										10.25	11.20	11.00	
		13:00											12.15	11.90	11.40
		18:00											11.40	11.95	11.50
66	28-Ago	08:00										9.78	11.25	11.10	
		13:00											11.15	11.40	11.45
		18:00											11.03	11.60	11.10
67	29-Ago	08:00										10.30	11.05	11.05	
		13:00											11.19	11.35	11.35
		18:00											10.68	11.50	11.05
68	30-Ago	08:00										10.20	11.05	11.25	
		13:00											11.28	11.45	11.45
		18:00											11.50	11.15	12.40