

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Influencia del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en
la concentración de metales de aguas superficiales del
río Coralaque, Moquegua 2021**

Natalia Alejandra Maco Cano

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFLUENCIA DEL JACINTO DE AGUA (Eichhornia Crassipes) EN LA CONCENTRACIÓN DE METALES DE AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO CORALAUQUE, MOQUEGUA 2021.

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

13%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www2.dmu.dk Fuente de Internet	<1 %
2	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
3	cimav.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	<1 %
4	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	<1 %
5	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
6	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
7	1library.co Fuente de Internet	<1 %
8	Submitted to Universidad Politécnica de Madrid	<1 %

9	Submitted to unap Trabajo del estudiante	<1 %
10	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
11	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
12	Gabriela Artazo, María Jesús Rodríguez-García, Gabriela Bard Wigdor. "Regulate or Abolish Sex Work? Feminist Approaches to the Sex Industry in the European Union", Emerald, 2022 Publicación	<1 %
13	repository.pedagogica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unphu.edu.do Fuente de Internet	<1 %
15	sivicoff.cnf.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
17	Morales Hernández Ricardo. "Experiencias de violencia de género en hombres estudiantes de enfermería durante su formación académica", TESIUNAM, 2022	<1 %

18

Villavicencio López Rodolfo Arturo. "Banca trasnacional y desarrollo de negocios internacionales en México (1994-2009)", TESIUNAM, 2010

Publicación

<1 %

19

GRUPO DE NEGOCIOS G & A S.A.C.. "DIA del Proyecto de Exploración Paco Paco-IGA0000535", C.A.A. N° 044-2013-MEM-AAM, 2020

Publicación

<1 %

20

PROYECTOS, ASESORIA, SERVICIOS A LA MINERIA Y ASUNTOS AMBIENTALES SAC - PASMINGA SAC. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Suykutambo-IGA0001346", R.D. N° 160-2016-MEM/DGAAM, 2020

Publicación

<1 %

21

repositorio.upeu.edu.pe:8080

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.upagu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

Enríquez Arenas Ricardo. "Especificación de metales pesados, en lodos de aguas residuales de origen urbano", TESIUNAM, 2008

Publicación

<1 %

24	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
25	snifa.sma.gob.cl Fuente de Internet	<1 %
26	creativecommons.org Fuente de Internet	<1 %
27	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1 %
30	Submitted to Universidad Senor de Sipan Trabajo del estudiante	<1 %
31	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
32	www.saludarequipa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
33	2011.www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
35	registry.mvlwb.ca	

Fuente de Internet

<1 %

36

tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

37

www.polodelconocimiento.com

Fuente de Internet

<1 %

38

SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC.
"ITS para la Modificación y Optimización de los Puntos Control del Monitoreo Físico-Químico del Proyecto de Exportación de GNL en Pampa Melchorita-IGA0000141", R.D. N° 22-2018-SENACE-PE/DEAR, 2021

Publicación

<1 %

39

Submitted to Universidad de Guadalajara

Trabajo del estudiante

<1 %

40

Submitted to Universidad Santo Tomas

Trabajo del estudiante

<1 %

41

Uriel Fernando Carreño Sayago, Yineth Pineros Castro, Laura Rosa Conde Rivera, Alexander Garcia Mariaca. "Estimation of equilibrium times and maximum capacity of adsorption of heavy metals by E. crassipes (review)", Environmental Monitoring and Assessment, 2020

Publicación

<1 %

42

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

43

repository.uamerica.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

44

Submitted to Corporación Universitaria
Minuto de Dios, UNIMINUTO

Trabajo del estudiante

<1 %

45

Y.K. Vitor-Ramos, E.J. Ochoa-Escobar, N.
Moggiano-Aburto. "Bioadsorption by Coffee
Leaves in Poluted River Mantaro Water at
Central Peru", IOP Conference Series: Earth
and Environmental Science, 2022

Publicación

<1 %

46

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

47

#N/A. "Segundo ITS del Proyecto Antapaccay
Expansión Tintaya para Ampliar la Planta
Concentradora Tintaya, Adición de
Componentes para la Planta Antapaccay
entre otros Componentes Auxiliares-
IGA0000799", R.D. N° 501-2015-MEM-DGAAM,
2020

Publicación

<1 %

48

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1 %

49

www.acodal.org.co

Fuente de Internet

<1 %

50

Castañeda Ovando Evodio Pedro.
"Experimentos de laboratorio para evaluar los solutos lixiviables en jales del distrito minero Pachuca-Real del Monte", TESIUNAM, 2002

Publicación

<1 %

51

www.yumpu.com

Fuente de Internet

<1 %

52

Cleide Barbieri de Souza, Gabriel Rodrigues Silva. "Chapter 10 Phytoremediation of Effluents Contaminated with Heavy Metals by Floating Aquatic Macrophytes Species", IntechOpen, 2019

Publicación

<1 %

53

Wilfredo Robles, Edda L. Martínez. " A case study of waterhyacinth () control in Puerto Rico using glyphosate and hand removal ", Invasive Plant Science and Management, 2021

Publicación

<1 %

54

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

55

Espinosa Flores Nadia Guadalupe.
"Crecimiento y producción de biomasa vegetal durante el establecimiento de un humedal construido", TESIUNAM, 2015

Publicación

<1 %

56

SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC.
"Plan de Cese Temporal de Actividades del

<1 %

Pozo Sheshea 1X en el Lote 126-IGA0000983",
R.D. N° 143-2013-MEM/AAE, 2022

Publicación

57

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1 %

58

Sanabria Pérez Juan Sandino. "Aspectos
geotécnicos y ambientales en operaciones
mineras", TESIUNAM, 2018

Publicación

<1 %

59

www.eluniversal.com.mx

Fuente de Internet

<1 %

60

Submitted to University of La Guajira

Trabajo del estudiante

<1 %

61

www.humboldt.org.ni

Fuente de Internet

<1 %

62

Mendoza Vázquez Luis Antonio. "Relación
entre el nivel de inteligencia cognitiva y las
competencias emocionales en alumnos de la
EPLER en Uruapan, Michoacán", TESIUNAM,
2021

Publicación

<1 %

63

Submitted to Organismo de Evaluación y
Fiscalización

Trabajo del estudiante

<1 %

64

SNC LAVALIN PERU S.A.. "Tercera MEIA-D de
la Unidad Minera las Bambas-IGA0001512",

<1 %

65

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

66

Bryan Duran Mera, Margarita Jesús Lino García. "Fitorremediación con *Eichhornia crassipes* en aguas residuales del cantón Jipijapa, Ecuador", Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad, 2023

Publicación

<1 %

67

CESEL S A. "Primera MEIA de la Unidad Minera Casapalca-IGA0000614", R.D. N° 188 -2019-SENACE-PE/DEAR, 2020

Publicación

<1 %

68

Guerrero Vico Ricardo, Tapia Origel Fabiola. "Evaluación de la concentración de cinco metales pesados en la columna de agua y en tres especies de macrofitas acuáticas : flotantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*) y sumergida (*Ceratophyllum demersum*) presentes en el Lago de Xochimilco", TESIUNAM, 2008

Publicación

<1 %

69

Pedro Henrique Herculano. "Manutenção de *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* (Diptera: culicidae) em condições de laboratório: uma revisão sistemática", Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de

<1 %

Gestao da Informacao Academica (AGUIA), 2020

Publicación

70

pirhua.udep.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

71

Luviano Palmerin Marlene. "Respuestas de la política pública para los brotes de escarabajo descortezador en EUA oeste: un análisis del nexo entre la gestión política :", TESIUNAM, 2015

Publicación

<1 %

72

Maya García Eloisa Estefania. "Movilización de metales pesados en agua intersticial de suelos inundados con agua residual y de pozo en el Valle del Mezquital", TESIUNAM, 2020

Publicación

<1 %

73

Submitted to Pennsylvania State System of Higher Education

Trabajo del estudiante

<1 %

74

SNC LAVALIN PERU S.A.. "Primer ITS de la Unidad Minera Cerro Lindo-IGA0002171", R.D. N° 001-2019-SENACE-PE/DEAR, 2020

Publicación

<1 %

75

Yu Changfa. "Convergencias entre el arte antiguo de China y el de Mesoamerica", TESIUNAM, 1990

Publicación

<1 %

76

Nataly Moreno-Rubio, Daniela Ortega-Villamizar, Wilfredo Marimon-Bolívar, Ciro Bustillo-Lecompte et al. "Potential of Lemna minor and Eichhornia crassipes for the phytoremediation of water contaminated with Nickel (II)", Environmental Monitoring and Assessment, 2022

Publicación

<1 %

77

Martínez Navarro Roxana Fabiola. "Evaluación del riesgo microbiológico y químico del reúso indirecto de agua residual para consumo humano con base en el tratamiento por barreras múltiples", TESIUNAM, 2016

Publicación

<1 %

78

Submitted to Universidad de Monterrey

Trabajo del estudiante

<1 %

79

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

80

Submitted to GIMNASIO VERMONT

Trabajo del estudiante

<1 %

81

repositorio.udch.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

82

Eli Morales Rojas, Jesús Rascón, Lenin Quiñones Huatangari, Segundo Chavez Quintana, Manuel Oliva, Manuel Emilio Milla Pino. "Mixed greywater treatment for

<1 %

irrigation uses", Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, 2020

Publicación

83

Jorge Castro Bedriñana, Doris Chirinos Peinado, Richard Peñaloza-Fernández. "Lead Bioaccumulation in Root and Aerial Part of Natural and Cultivated Pastures in Highly Contaminated Soils in Central Andes of Peru", Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal, 2020

Publicación

<1 %

84

Ana M. Guerrero-Padilla, Carlos F. Cabrera-Carranza. "Calidad de agua de uso agrícola en la cuenca media del río Jequetepeque, Perú", Tecnología y ciencias del agua, 2021

Publicación

<1 %

85

Hernandez Vera Rafael. "Tratamiento anaerobio de efluentes de la industria de celulosa Kraft y evaluacion de su toxicidad antes y despues de la aplicacion del tratamiento mediante bionsayos con Daphnia magna (Crustacea; cladocera)", TESIUNAM, 1994

Publicación

<1 %

86

dspace.esPOCH.edu.ec
Fuente de Internet

<1 %

teses.usp.br

87

Fuente de Internet

<1 %

88

Bello Peza Israel. "Propuesta de un tren de tratamiento para la remoción de metales pesados presentes en el agua residual de la industria textil", TESIUNAM, 2021

Publicación

<1 %

89

Salgado Kim Maria. "Análisis de los mecanismos actuales que promueven la difusión y aplicación de tecnologías ambientales para el tratamiento de efluentes en la porcicultura tecnificada en México", TESIUNAM, 2012

Publicación

<1 %

90

ri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

<1 %

91

R León, Beatriz Margarita Pernía Santos, Rosa Siguencia, S Franco, A Noboa, Xavier Cornejo. "Potencial de plantas acuáticas para la remoción de coliformes totales y Escherichia coli en aguas negras", Enfoque UTE, 2018

Publicación

<1 %

92

SCHLUMBERGER DEL PERU S.A.. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Cuajone-IGA0000334", R.D. N° 444-2012-MEM-AAM, 2020

Publicación

<1 %

94 CONSORCIO FICHTNER GMBH & CO. KG -
CONSULTORIA Y DIRECCION DE PROYECTOS -
CYDEP S.A.S.. "DIA del Proyecto Relleno
Sanitario para el Distrito de Pozuzo, Provincia
de Oxapampa, Departamento de Pasco-
IGA0000132", R.D. N° 484-
2014/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

95 Espinosa Hernández Dulce Nayely, Trejo
Pascual Karen Noemí. "Infección de orificio de
salida en pacientes del programa de diálisis
peritoneal", TESIUNAM, 2012

Publicación

<1 %

96 GUEVARA HUARHUACHI MAGALY. "DAP de la
Planta Industrial de Molienda de Trigo-
IGA0000986", Oficio N° 0620-2005-
PRODUCE/VMI/DNI-DIMA, 2020

Publicación

<1 %

97 Kalina Fonseca, Edgar Espitia, Lutz Breuer,
Alicia Correa. "Using fuzzy cognitive maps to
promote nature-based solutions for water
quality improvement in developing-country
communities", Journal of Cleaner Production,
2022

Publicación

<1 %

98

Montero Fernández Elena. "Análisis de la participación de México frente al cambio climático : 1994-2010", TESIUNAM, 2012

Publicación

<1 %

99

Pérez González Ruth. "Desempeño del medio de soporte de humedales artificiales en la remoción de plomo y cromo presentes en aguas residuales", TESIUNAM, 2017

Publicación

<1 %

100

repositorio.utn.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

101

ECOGESTION CONSULTORES S.A.C.. "EIA-SD de Traslado Físico por Reubicación con Innovación Tecnológica de 40 t/h de Capacidad de la Planta de Harina y Aceite de Pescado del Puerto Malabrigo-La Libertad, Hacia la Planta de Harina y Aceite de Pescado de 60 t/h de Capacidad, de la empresa Pesquera Exalmar, Haciendo una Capacidad Unificada de 100 t/h, Ubicada en el Distrito de Razuri, La Libertad-IGA0004651", R.D. N° 124-2018-PRODUCE/DGAAMPA, 2020

Publicación

<1 %

102

Reyes Landeros Joshua. "Evaluación del tratamiento de agua residual mediante cultivo de microalgas para obtener un efluente que cumpla con la NOM-003-SEMARNAT-1997", TESIUNAM, 2022

<1 %

103 Rivera Zavala Luis Alberto. "Agua potable para la Ciudad de Pachuca de Soto a partir de una fuente alternativa : Mina el Alamo", TESIUNAM, 2007 $<1\%$
Publicación

104 Roberto Lucchini, Donatella Placidi, Giuseppa Cagna, Chiara Fedrighi, Manuela Oppini, Marco Peli, Silvia Zoni. "Chapter 2 Manganese and Developmental Neurotoxicity", Springer Science and Business Media LLC, 2017 $<1\%$
Publicación

105 SRK CONSULTING (PERU) S.A.. "DAA de la Planta Industrial de Fabricación de Concreto Premezclado-IGA0001716", R.D. N° 009-2016-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020 $<1\%$
Publicación

106 Submitted to Universidad San Francisco de Quito $<1\%$
Trabajo del estudiante

107 Vasquez Bedoya Luis Fernando. "Geocronologia reciente (210Pb) de la evolucion de la contaminacion en la zona costera del Golfo de Tehuantepec", TESIUNAM, 2006 $<1\%$
Publicación

108 Wilhan Douglas Reis, Aldecy De Almeida Santos, Eduarda Da Conceição Oliveira, João $<1\%$

Batista Ito. "Constructed wetlands as post treatment of a decanter digester followed by an anaerobic filter", Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, 2019

Publicación

109

ciarp.pedagogica.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

110

Guadalupe E. Ramos, Martín H. López, Antonio M. Flores, Guadalupe T. Figueroa, Fernando G. De León. " Effect of lixiviated sediments affected with treated water on , Printz and L. ", Journal of Environmental Science and Health, Part A, 2010

Publicación

<1 %

111

José A. Llahuilla Q., Lizabeth S. Laguna G., Edson D. Ricaldi C.. "Determinación de arsénico y plomo en lápices labiales mediante espectroscopia de absorción atómica que se expende en Lima Metropolitana", Ciencia e Investigación, 2020

Publicación

<1 %

112

López-Ocaña Gaspar, Raúl G. Bautista-Margulis, Arturo Valdes Manzanilla, Carlos A. Torres-Balcazar et al. " Spatial distribution behavior of basic pollutants in a subsurface-Flow wetland with ", International Journal of

<1 %

Environmental Impacts: Management, Mitigation and Recovery, 2019

Publicación

-
- | | | |
|-----|--|------|
| 113 | Uriel Fernando Carreño Sayago. "Design of a sustainable development process between phytoremediation and production of bioethanol with <i>Eichhornia crassipes</i> ", Environmental Monitoring and Assessment, 2019
Publicación | <1 % |
| 114 | Villanueva Martínez Roberto. "Caracterización de lixiviados de un sitio de disposición de residuos de la construcción y análisis de alternativas de tratamiento", TESIUNAM, 2019
Publicación | <1 % |
| 115 | dof.gob.mx
Fuente de Internet | <1 % |
| 116 | educapes.capes.gov.br
Fuente de Internet | <1 % |
| 117 | produccioncientificaluz.org
Fuente de Internet | <1 % |
| 118 | repositorio.une.edu.pe
Fuente de Internet | <1 % |
| 119 | rev.aetox.es
Fuente de Internet | <1 % |
| 120 | Submitted to Glasgow Caledonian University
Trabajo del estudiante | |

<1 %

121 Ileana Vera-Reyes, Josué Altamirano-Hernández, Homero Reyes-de la Cruz, Carlos A. Granados-Echegoyen et al. "Inhibition of Phytopathogenic and Beneficial Fungi Applying Silver Nanoparticles In Vitro", *Molecules*, 2022

Publicación

<1 %

122 Velásquez Benavides, Luis Miguel, and Kenny López Benavides. "Efectos post – incendio en bosques de pino del trópico seco de Nicaragua", *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 2014.

Publicación

<1 %

123 "Vivienda y entorno saludables como estrategia para reducir la pobreza energética : búsqueda de un estándar saludable en el desarrollo de una solución habitacional en Valdivia", *Pontificia Universidad Católica de Chile*, 2022

Publicación

<1 %

124 Esteban Manuel Villena Martínez. "Elaboración de un modelo matemático que permita el análisis de la eficacia de la ósmosis Inversa en el proceso de eliminación de plomo, hierro y manganeso en fuentes de abastecimiento de agua para consumo

<1 %

humano en la alta cuenca alta del río Guadalquivir en Bolivia y su aporte al crecimiento de la oferta de agua y la disponibilidad sostenible de agua potable a largo plazo", Universitat Politecnica de Valencia, 2022

Publicación

125

García Pérez Efren. "Diseño de un sistema de tratamiento para el control de drenaje ácido dentro de una mina", TESIUNAM, 2016

Publicación

126

Submitted to Instituto Politecnico Nacional

Trabajo del estudiante

127

INSIDEO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - INSIDEO S.A.C.. "ITS del Proyecto Ampliación de la Potencia Instalada de la Central Hidroeléctrica La Virgen-IGA0001257", R.D. N° 052-2016-MEM/DGAAE, 2020

Publicación

128

Rico Malacara Tania. "Estudio de la movilidad de los elementos potencialmente tóxicos (hierro, aluminio y zinc) provenientes de drenaje ácido de mina en Taxco, Guerrero", TESIUNAM, 2018

Publicación

129

Carmen Hernández Crespo. "Evaluación del contenido de Sulfuros Ácidos Volátiles y Metales Extraídos Simultáneamente en los

<1 %

<1 %

<1 %

<1 %

<1 %

sedimentos de L'Albufera de Valencia.
Modelación matemática de procesos
biogeoquímicos en el perfil del sedimento",
Universitat Politecnica de Valencia, 2013

Publicación

130 Hernández Ledezma Adriana Ivette.
"Propuesta de instalación de una planta
productora de pulpa para papel a partir de
lirio acuático", TESIUNAM, 2014

Publicación

131 Submitted to Universidad Politecnica
Salesiana del Ecuador

Trabajo del estudiante

132 uneplive.unep.org

Fuente de Internet

133 Submitted to uva

Trabajo del estudiante

134 Ariana Zeballos, Pär Weihed, Mario Blanco,
Vladimir Machaca. "Characterization of some
nonmetallic resources in Bolivia: an overview
of their potentiality and their application in
specialized formulations", Environmental
Earth Sciences, 2017

Publicación

135 Eneida Salati Manfrinato. "Avaliação do
método edafo-fitodepuração para tratamento
preliminar de águas", Universidade de Sao

Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP, 2019

Publicación

-
- | | | |
|-----|--|------|
| 136 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo
Trabajo del estudiante | <1 % |
| 137 | cybertesis.unmsm.edu.pe
Fuente de Internet | <1 % |
| 138 | worldwidescience.org
Fuente de Internet | <1 % |
| 139 | "Tesis Fortalecimiento de la eficacia colectiva y compromiso docente a través de la metodología del design thinking en una organización educativa de la región de Los Ríos", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2020
Publicación | <1 % |
| 140 | EQUILIBRIO AMBIENTAL S.A.C.. "PAMA de Instalaciones de Comercialización de Residuos Sólidos-IGA0000066", R.D. N° 1245-2018/DCEA/DIGESA/SA, 2020
Publicación | <1 % |
| 141 | SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "ITS para la Disposición Final por Infiltración de Aguas Residuales Domésticos Tratadas en las Plataformas Los Ángeles 1X y Los Ángeles 3XC – Lote 131-IGA0001058", R.D. N° 426-2014-MEM-DGAAE, 2020
Publicación | <1 % |

142

tesis.ipn.mx

Fuente de Internet

<1 %

143

Estrada Velázquez Candy. "Efecto psicosocial de las maloclusiones y la autopercepción posterior a un tratamiento ortodóntico", TESIUNAM, 2021

Publicación

<1 %

144

García Fernandez Galicia Carlos Jesus. "Tratamiento de aguas residuales en suelos", TESIUNAM, 1995

Publicación

<1 %

145

García García Jorge Donato. "Contribución de la vía de asimilación de azufre y de la síntesis de fitoquelatinas a la resistencia de cd2+ en Euglena Gracilis", TESIUNAM, 2014

Publicación

<1 %

146

González Medina Alfredo. "Análisis geoquímico en zona de amortiguamiento en Santa Rosa Xochiac, México, D.F.", TESIUNAM, 2010

Publicación

<1 %

147

Karina de Nazaré Lima Alves, Layla Janylle Costa Schneider, Kauê Nicolas Lindoso Dias, André dos Santos Bragança Gil. "Cyperaceae in Serra dos Martírios-Andorinhas, Pará, Brazil", Rodriguésia, 2022

Publicación

<1 %

148	Mendoza González Alejandro Leonardo. "Cambios espectrales en el ultrasonido doppler de las venas suprahepáticas en pacientes con hepatopatía debida a esteatosis hepática del Hospital de Especialidades del CMN Siglo XXI", TESIUNAM, 2021 Publicación	<1 %
149	plants.ifas.ufl.edu Fuente de Internet	<1 %
150	repositorio.ufscar.br Fuente de Internet	<1 %
151	vdocument.in Fuente de Internet	<1 %
152	www.amialbacete.com Fuente de Internet	<1 %
153	www.campogrande.ms.gov.br Fuente de Internet	<1 %
154	ASESORES Y CONSULTORES MINEROS S.A. - ACOMISA. "Plan de Cierre de Minas del Proyecto Suykutambo-IGA0001282", R.D. N° 381-2012-MEM/AAM, 2020 Publicación	<1 %
155	Aguilar Aguilar Rogelio. "Comparacion de la helmintofauna de peces de un sistema del altiplano mexicano (cuenca del Lerma-	<1 %

Santiago) con la de regiones neotropicales (cuenca del Papaloapan)", TESIUNAM, 2005

Publicación

156

Dario Moreira-Arce, Pablo M. Vergara, Andrés Fierro, Erick Pincheira, Silvio J. Crespín, Alberto Alaniz, Mario A. Carvajal. "Standing dead trees as indicators of vertebrate diversity: Bringing continuity to the ecological role of senescent trees in austral temperate forests", *Ecological Indicators*, 2021

Publicación

<1 %

157

Godinez Ríos Naomi Elizabeth. "Determinación del nivel de estrés al medir cortisol sanguíneo producido durante el manejo de los manatíes del caribe (*Trichechus manatus manatus*) mantenidos en cautiverio en el Acuario de Veracruz A.C.", TESIUNAM, 2014

Publicación

<1 %

158

Paola Andrea Alvizuri Tintaya. "Estudio de la ósmosis inversa operada a baja presión como tratamiento de una fuente natural contaminada por actividad minera, en la micro cuenca Milluni en Bolivia, para el abastecimiento de agua segura a poblaciones", *Universitat Politècnica de Valencia*, 2022

Publicación

<1 %

159	Rosas García Alejandro. "Simulación de metales pesados presentes en el lago del bosque de San Juan de Aragón", TESIUNAM, 2008 Publicación	<1 %
160	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
161	editorialfunglode.com Fuente de Internet	<1 %
162	pendientedemigracion.ucm.es Fuente de Internet	<1 %
163	www.aquahoy.com Fuente de Internet	<1 %
164	www.metroflorcolombia.com Fuente de Internet	<1 %
165	www.osmre.gov Fuente de Internet	<1 %
166	www.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
167	ANDRADE CAYCHO EDGAR. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos No Municipales y Municipales Yacucatina - San Martín-IGA0000038", R.D. N° 1485-2015/DEPA/DIGESA/SA, 2020 Publicación	<1 %

168	Alba Hurtado Isabel. "Rompimiento de la latencia de semillas de Eichhornia crassipes (Mart.) Solms", TESIUNAM, 1994 Publicación	<1 %
169	Andrés Felipe Patiño, Giancarlo Buitrago, Nicolás Rozo Agudelo, Laura Saldaña Espinel et al. "Association of healthcare fragmentation and the survival of patients with colorectal cancer in Colombia", Research Square Platform LLC, 2022 Publicación	<1 %
170	Carlos Cacciuttolo Vargas, Giovene Pérez Campomanes. "Practical Experience of Filtered Tailings Technology in Chile and Peru: An Environmentally Friendly Solution", Minerals, 2022 Publicación	<1 %
171	Cartón de Grammont Lara Paloma Mónica. "Dimensión geográfica de las políticas públicas ambientales para la conservación de la biodiversidad en México", TESIUNAM, 2012 Publicación	<1 %
172	Fabián Enríquez García, Marcos Portillo Vázquez, Roberto Carlos López Aguilar, Rocío Rodríguez Rico et al. "Modelo emprendedor sustentable: Marco jurídico", Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan, 2021 Publicación	<1 %

173	<p>GENIE GENERALE ET SURVEILLANCE S R LTDA. "DAA de su Planta Industrial de Fabricación de Concreto Premezclado-IGA0001160", R.D. N° 163-2016-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020</p>	<1 %
Publicación		
174	<p>Murillo García Franny Giselle. "Elementos estadísticos y cartográficos para el análisis del riesgo de desastre por inestabilidad de laderas : retos y oportunidades", TESIUNAM, 2021</p>	<1 %
Publicación		
175	<p>Pérez Gallardo Diego Alberto. "Fortalecimiento de un estilo de vida saludable en la familia R.B.", TESIUNAM, 2022</p>	<1 %
Publicación		
176	<p>Rodríguez Bravo Diana. "Acumulación por PB y cd en los componentes ecológicos durante el arranque de un humedal artificial para manejo de residuos", TESIUNAM, 2021</p>	<1 %
Publicación		
177	<p>SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "PAT de las Localidades Mapi LX y Mashira GX en el Lote 57-IGA0001958", R.D. N° 367-2019- MEM/DGAAH, 2020</p>	<1 %
Publicación		
178	<p>agrocienca-colpos.mx</p>	<1 %
Fuente de Internet		

179	blog.plantwise.org Fuente de Internet	<1 %
180	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
181	pt.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
182	www.medigraphic.com Fuente de Internet	<1 %
183	C. M. Laranjeira. " <i>Eichhornia crassipes</i> control in the largest Portuguese natural freshwater lagoon ¹ ", EPPO Bulletin, 12/2008 Publicación	<1 %
184	web.siia.unam.mx Fuente de Internet	<1 %
185	Barrón Coronel Frida. "Composición de las especies de fitoplancton presentes en los sistemas flotantes de macrófitas ubicados en la presa Valle de Bravo, Edo. de México", TESIUNAM, 2019 Publicación	<1 %
186	CONSULTORA ECSA INGENIEROS E.I.R.LTDA.. "EIA del Proyecto Central Hidroeléctrica Santa Teresa-IGA0001547", R.D. N° 082-2011-MEM/AAE, 2020 Publicación	<1 %

-
- 187 CURBA Y ASOCIADOS S.A.C.. "EIA del Proyecto Centrales Hidroeléctricas Tingo I, Tingo II y Tingo III-IGA0001534", R.D. N° 454-2014-MEM/DGAAE, 2020 <1 %
Publicación
-
- 188 Canepa Bertolini Juan Manuel. "Teoria y practica de la proteccion catodica en estructuras enterradas", TESIUNAM, 1987 <1 %
Publicación
-
- 189 Cantonati, Poikane, Pringle, Stevens et al. "Characteristics, Main Impacts, and Stewardship of Natural and Artificial Freshwater Environments: Consequences for Biodiversity Conservation", Water, 2020 <1 %
Publicación
-
- 190 Gutierrez Martinez, I.. "Making decision in case-based systems using probabilities and rough sets", Knowledge-Based Systems, 200306 <1 %
Publicación
-
- 191 Robertson F. de Azevedo, Leandro E. Miranda, Luiz C. Gomes. "Contesting detrimental dams: a case study from southern Brazil", International Journal of River Basin Management, 2016 <1 %
Publicación
-

AGRADECIMIENTO

A mi madre, por estar a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona y una buena profesional; a mi hermano por ser el promotor de mis sueños, gracias por cada día, por confiar en mi capacidad para enfrentar la adversidad y ser mi motivo de empuje; a mis tíos Fernán y Rossana, por sus palabras y confianza; a Luis, por ser mi compañero de viaje y brindarme su apoyo en la realización del proyecto; a toda mi familia, por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona; A mi asesor de tesis Pablo Espinoza por su apoyo constante, predisposición y guía.

Esta investigación también ha sido realizada gracias al apoyo del alcalde del Distrito de Chojata Prescelio Mamani y al gran apoyo de parte de los pobladores del centro poblado de Pachas, que nos apoyaron contándonos su problemática y brindándonos datos amablemente.

DEDICATORIA

A mi mamá Lourdes Cano y mi Hermano David Maco, porque sin ellos no lo habría logrado siendo el empuje y aliento que necesito para cada paso que doy, además sepan que mis ogros también son suyos.

A mis abuelos Percy Cano y Mary Oviedo que, aunque ya no se encuentren presentes físicamente conmigo, me han dejado una gran sabiduría y me han enseñado a ser quien soy hoy, por sus consejos y gran amor que me brindaron en mi vida, sé que desde el cielo me están viendo y acompañándome siempre estando presentes en mi corazón con sus recuerdos en cada momento importante de mi vida.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1 Problema general	4
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	5
1.4.1 Económica.....	6
1.4.2 Ambiental.....	6
1.4.3 Social.....	6
1.5 LIMITACIONES DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN	6
1.6 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES.....	7
1.6.1 Operacionalización de Variables	7
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	9
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	11
2.2 BASES TEÓRICAS	13
2.2.1 Tratamiento Natural (Fitorremediación).	13
2.2.2 Formas de vida de las hidrófitas	15
2.2.2.1 Hidrófitas fijas en el sustrato.	15
2.2.2.2 Flotantes libres	18
2.2.3 Funciones de las hidrófitas en los mecanismos de remoción	19
2.2.4 Efectos de las plantas flotantes libre en sistemas de tratamiento	20

2.2.5	Ventajas y desventajas del tratamiento de agua con hidrófita	21
2.2.6	Eichhornia crassipes	22
2.2.6.1	Aplicación en tratamiento de aguas residuales.	24
2.2.6.2	Remoción de metales pesados en el tratamiento de aguas residuales.	25
2.2.7	Contaminación del agua.	25
2.2.8	Vías principales de entrada de los metales al medio acuático.	26
2.2.9	Fuentes potenciales de contaminación del Río Coralaque	27
2.2.10	Metales pesados.....	29
2.2.11	Toxicidad de los metales	31
2.2.12	Normas legales	32
CAPÍTULO III METODOLOGÍA		36
3.1	MÉTODO, TIPO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.1.1	Método de investigación.....	36
3.1.2	Alcance de la investigación	36
3.1.3	Nivel de la investigación	36
3.1.4	Diseño de la investigación	37
3.2	MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.2.1	Ubicación	37
3.2.2	Población y muestra	39
3.2.2.1	Población.....	39
3.2.2.2	Muestra.....	39
3.2.2.3	Técnica de recolección de datos	41
3.2.2.4	Diagrama de flujo del proyecto	43
3.2.2.5	Instrumentos de recolección de datos	44
3.2.2.6	Instrumentos de recolección de datos	44
3.2.3	Metodología.	45
3.2.3.1	Etiquetado y preservación de las muestras	63
3.2.3.2	Transporte de muestras.....	63
3.2.3.3	Cadena de Custodia.....	64
3.2.3.4	Laboratorio.....	64
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES		65
4.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADO.....	65
4.1.1	Resultados de la concentración de metales en aguas superficiales del Río Coralaque.	65

4.1.2	Determinación de concentración de metales después de la aplicación del Jacinto de agua.	66
4.1.3	Cambios físicos analizados en la aplicación del Jacinto de Agua	75
4.1.4	Contrastación de hipótesis	79
4.1.4.1	Pruebas de normalidad	79
4.1.4.2	Prueba para una muestra.....	80
4.2	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	82
	CAPÍTULO V CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES	87
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
	ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de Variables.....	7
Tabla 2.	Procesos de fitorremediación.	14
Tabla 3.	Funciones de las plantas en sistemas de tratamiento con macrófitas	21
Tabla 4.	Potenciales fuentes de generación de contaminantes.....	28
Tabla 5.	Estándares de calidad ambiental de aguas superficiales destinadas a agua potable	33
Tabla 6.	Estándares de calidad ambiental de riego de vegetales y bebida de animales	34
Tabla 7.	Estándares de calidad ambiental de conservación del ambiente acuático	35
Tabla 8.	Identificación de estaciones de muestreo de agua.	49
Tabla 9.	Plan de muestreo de agua tratada antes, durante y después de su tratamiento.	61
Tabla 10.	Plan de restauración de volumen de agua a los tratamientos.	62
Tabla 11.	Concentración de metales de las muestras in situ, selección de metales con altas concentraciones.....	66
Tabla 12.	Valores de temperatura durante la realización del experimento.	75
Tabla 13.	Valores de CE durante la realización del experimento.	76
Tabla 14.	Valores de pH obtenidos durante la realización del experimento.	77
Tabla 15.	Valores de Sólidos totales obtenidos durante la realización del experimento.....	78
Tabla 16.	Prueba de normalidad utilizando a Shapiro – Wilk	79
Tabla 17.	Prueba para una muestra con valor 0.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Schoenoplectus corymbosus es una juncia resistente.	15
Figura 2.	Nymphaea alba.	16
Figura 3.	Patamogeton natans (Hierba de estanque flotante).	16
Figura 4.	Egeria.	17
Figura 5.	Isoetes chubutiana.	17
Figura 6.	Podostemaceae.	18
Figura 7.	Hábitat de los distintos tipos de plantas hidrófitas.	18
Figura 8.	Ejemplos de formas de vida. A) Sumergidas; B) Flotantes enraizadas; C) Flotantes libres; D) Emergentes.	19
Figura 9.	A) Morfología de la macrófita Eichhornia crassipes; B) Eichhornia crassipes; C) Formaciones de Eichhornia crassipes relleno de un brazo del río Guadiana a su paso por Mérida (Badajoz) en el año 2005.	23
Figura 10.	Ciclo biogeoquímico general de los metales pesados.	27
Figura 11.	Mapa situacional de la contaminación del Río Coralque y Tambo.	38
Figura 12.	Inicio hacia el punto de muestreo.	39
Figura 13.	Punto de muestreo y extracción de agua para el experimento.	39
Figura 14.	Diagrama de flujo del proyecto de tesis.	43
Figura 15.	Área de acondicionamiento de los macrófitos.	45
Figura 16.	Recipientes acomodados en el área del experimento.	45
Figura 17.	Ubicación del área donde se realiza el experimento.	46
Figura 18.	Reunión con los pobladores del Centro Poblado de Santiago de Pachas.	47
Figura 19.	Aplicación de las encuestas a los pobladores.	47
Figura 20.	Identificación del entorno donde se realizará el monitoreo (aguas color anaranjada lechosa).	48
Figura 21.	Sedimentos en las orillas del río, color naranja con ausencia de vegetación.	48
Figura 22.	Formato de rotulado y etiquetado de cada muestra de agua a enviar.	49
Figura 23.	Extracción de la muestra para la medición de parámetros de campo.	50
Figura 24.	Primer enjuague del recipiente de vidrio.	50
Figura 25.	Medición de parámetros con el equipo 3 en 1.	50
Figura 26.	Medición de pH con tiras reactivas (agua ácida).	51
Figura 27.	Toma de la primera muestra de agua (RCORA01).	51
Figura 28.	Dosificación de ácido nítrico HNO_3	52
Figura 29.	Recolección del agua para realizar el experimento.	52
Figura 30.	Empaquetado de galoneras para su transporte.	53
Figura 31.	Traslado de las galoneras al área de experimento.	53

Figura 32.	Abrir y remover las aguas de los galones.	54
Figura 33.	Enjuague de los cuatro recipientes con el agua de las galoneras.	54
Figura 34.	Medición y llenado de los recipientes.	55
Figura 35.	Culminación de la alimentación de los cuatro recipientes.	55
Figura 36.	Hidrófitas seleccionadas de acuerdo con su peso.	56
Figura 37.	Grupos de 50 gramos de hidrófitas Eichhornia crassipes.	56
Figura 38.	Procedimiento de lavado de las macrófitas Eichhornia crassipes.	57
Figura 39.	Introducción de las macrófitas Eichhornia crassipes.	57
Figura 40.	Resultado final del prototipo de tratamiento de agua natural.	57
Figura 41.	Lavado de materiales con agua destilada.	58
Figura 42.	Etiquetado de envases para el envío de las muestras.	58
Figura 43.	Muestra extraída para la medición de parámetros de laboratorio.	59
Figura 44.	Medición de pH con tiras reactivas en laboratorio.	59
Figura 45.	Medición de CE y TDS en laboratorio.	60
Figura 46.	Lavado del envase para evitar la contaminación de la muestra.	60
Figura 47.	Toma de muestras para ser enviadas al laboratorio.	60
Figura 48.	Disminución del volumen de agua y muerte progresiva de la planta.	61
Figura 49.	Decoloración de las raíces de macrófitas.	62
Figura 50.	Medición de la restauración de agua al tratamiento.	62
Figura 51.	Procedimiento de la preservación de las muestras con HNO ₃	63
Figura 52.	Procedimiento del empaquetado de las muestras para el transporte.	64
Figura 53.	Concentración de arsénico después de la aplicación del Jacinto de Agua.	67
Figura 54.	Concentración de boro después de la aplicación del Jacinto de Agua.	68
Figura 55.	Concentración de cobre después de la aplicación del Jacinto de Agua.	68
Figura 56.	Concentración de hierro después de la aplicación del Jacinto de Agua.	69
Figura 57.	Concentración de litio después de la aplicación del Jacinto de Agua.	70
Figura 58.	Concentración del manganeso después de la aplicación del Jacinto de Agua.	71
Figura 59.	Concentración de níquel después de la aplicación del Jacinto de Agua.	72
Figura 60.	Concentración del fósforo después de la aplicación del Jacinto de Agua.	73
Figura 61.	Concentración de zinc después de la aplicación del Jacinto de Agua.	74
Figura 62.	Valores de temperatura durante la realización del experimento.	75
Figura 63.	Valores de CE durante la realización del experimento.	76
Figura 64.	Valores de pH durante la realización del experimento.	77
Figura 65.	Valores de Sólidos Totales durante la realización del experimento.	78

RESUMEN

La planta acuática *Eichhornia crassipes* es una especie que crece en humedales generalmente contaminados, formándose a raíz de su propia adaptación que beneficia a los ríos, generando su propio tratamiento natural en los ecosistemas acuáticos. En este caso se busca solucionar la problemática que se encuentra en el río Coralaque que han sido impactadas por la minera Aruntani SAC. en proceso de cierre. Esta nueva alternativa natural favorece a la salud de la población, economía y agricultura. Esta evaluación nos servirá para el posterior diseño de construcción de un biofiltro biológico con *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de agua natural el cual es innovador, rentable y eficiente. El objetivo fue evaluar la influencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en la concentración de metales en aguas superficiales del Río Coralaque. El método general de la investigación es aplicado, además es una investigación de estudio experimental con fundamento científico, tiene un diseño experimental con pre y post prueba, donde permite incluir dos o más variables dependientes e independientes.

Se utilizó cuatro recipientes con 16 litros de agua cada uno, en los cuales tres de ellos llevan 50 g. de *Eichhornia crassipes* y el último no tiene ningún tratamiento, realizando un monitoreo a los 7, 17, 27, 37 y 74 días para analizar la concentración de los metales objetos de estudio, los cuales fueron enviados a un laboratorio certificado CERTIMIN, obteniéndose los siguientes resultados: para Arsénico (0.0513 mg/L), Boro (7.433 mg/L), Cobre (0.2545 mg/L), Hierro (4.64 mg/L), Litio (3.6757 mg/L), Manganeso (1.72451 mg/L), Níquel (0.0868 mg/L), Fósforo (1.8795 mg/L) y Zinc (0.506 mg/L), dichos resultados fueron comparados con los de la ECA para aguas según el D.S. N° 004-2017-MINAM. Concluyéndose que el porcentaje de remoción de los metales es de Arsénico (75.31 %), Boro (63.19 %), Cobre (90.18 %), Hierro (68.25 %), Litio (83.79 %), Manganeso (98.43 %), Níquel (97.31 %), Fósforo (56.19 %) y Zinc (94.40), Aluminio (67.41 %), Calcio (35.35 %), Magnesio (26 %), Sodio (47.9 %), y Estroncio (61.41 %).

Palabras clave: autodepuración, macrófitas flotantes, biobiltro, drenajes ácidos mineros, metales, remoción, muestreo de agua, ECA, Río Coralaque.

ABSTRACT

The aquatic plant *Eichhornia crassipes* is a species that grows in generally polluted wetlands, forming as a result of its own adaptation that benefits rivers, generating its own natural treatment in aquatic ecosystems. In this case, it seeks to solve the problems found in the Coralaque river that have been impacted by the Aruntani SAC mining company. in the process of closing. This new natural alternative favors the health of the population, economy and agriculture. This evaluation will serve us for the subsequent construction design of a biological biofilter with *Eichhornia crassipes* for the treatment of natural water, which is innovative, profitable and efficient. The objective was to evaluate the influence of the water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) on the concentration of metals in surface waters of the Coralaque River. The general method of the investigation is applied, it is also an experimental study investigation with scientific foundation, it has an experimental design with pre and post test, where it allows to include two or more dependent and independent variables.

Four containers with 16 liters of water each were used, in which three of them carry 50 g. of *Eichhornia crassipes* and in the last one it does not have any treatment, monitoring at 7, 17, 27, 37 and 74 days to analyze the concentration of the metals under study, which were sent to a CERTIMIN certified laboratory, obtaining the following results: for Arsenic (0.0513 mg/L), Boron (7.433 mg/L), Copper (0.2545 mg/L), Iron (4.64 mg/L), Lithium (3.6757 mg/L), Manganese (1.72451 mg/L), Nickel (0.0868 mg/L), Phosphorus (1.8795 mg/L) and Zinc (0.506 mg/L), these results were compared with those of the ECA for waters according to the DS No. 004-2017-MINAM. Concluding that the percentage of removal of metals is Arsenic (75.31%), Boron (63.19%), Copper (90.18%), Iron (68.25%), Lithium (83.79%), Manganese (98.43%), Nickel (97.31 %), Phosphorus (56.19%) and Zinc (94.40%), Aluminum (67.41%), Calcium (35.35%), Magnesium (26%), Sodium (47.9%), and Strontium (61.41%).

Keywords: self-purification, floating macrophytes, biofilter, acid mining drainage, metals, removal, water sampling, ECA, Coralaque River.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la contaminación que se encuentra presente en los recursos hídricos por la irresponsabilidad en la práctica de la actividad minera, es una problemática que se viene presentando en todos los cursos de agua superficial que se encuentran dentro del ámbito de influencia de las minas en operación, cierre o en abandono, tanto a escala distrital, provincial y regional; problemática que ha traído consecuencias del deterioro de la calidad de las aguas y las especies hidrológicas en las zonas donde estas se encuentran presentes.

Debe considerarse que la depuración de los efluentes de agua contaminada por los metales pesados, es muy compleja por los elevados costos que existen en los tratamientos de agua que se emplean. Esta contaminación genera en la población y las especies de los ríos contaminados, desastrosas consecuencias.

Las circunstancias actuales nos obligan a buscar sistemas eficientes y tecnológicos, los cuales sirvan como una alternativa para poder tratar los efluentes vertidos, por ejemplo, por la minería Aruntani SAC., en circunstancias de cierre, que contamina nuestro recurso hídrico en Coralaque a través de las filtraciones de Drenajes Ácidos Mineros (DAM); por lo cual, el sistema de depuración mediante macrófitas, sería una solución eficaz para la depuración de contaminantes de los efluentes mineros que son los causantes de muchas enfermedades de la población, a corto o largo plazo, y pérdida de recursos como: la economía, agricultura y ecosistemas acuáticos.

El tratamiento de aguas contaminadas por metales con hidrófitas se genera de forma natural, lo cual es muy beneficioso porque el costo es mínimo, en particular para la población de Pachas, distrito de Chojata, provincia de General Sánchez Cerro en la ciudad de Moquegua, que tiene una población mínima y sus recursos con los que cuentan son limitados. Existen diferentes variables biotecnológicas como son los sistemas artificiales y los naturales, estos métodos funcionan entre ellos correctamente para la biorremediación de lugares contaminados.

Esta Biorremediación, consiste en el uso de macrófitas para la construcción de un biofiltro biológico para el tratamiento de aguas con el fin de remediar in situ las aguas contaminadas, eliminando los contaminantes del ambiente o haciéndolo inocho. Estas macrófitas existen en algunos ríos y son aptas para su adaptación en bajas temperaturas, cumplen con la depuración en cuerpos de agua, generando un cambio de manera natural, mejora sus condiciones para mantener un sistema equilibrado sin afectar los hábitats de las especies que se desarrollan en el ámbito de estudio y la salud de la población, que se ve afectada al hacer el uso de estos cuerpos de agua contaminados.

Basado en esta problemática el presente trabajo de investigación “INFLUENCIA DEL JACINTO DE AGUA (*Eichhornia Crassipes*) EN LA CONCENTRACIÓN DE METALES DE AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO CORALAQUE, MOQUEGUA 2021” tiene como problema

de investigación: ¿Cuál es la influencia del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) en la concentración de metales en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021?

El presente trabajo se divide en 5 capítulos. El capítulo I contiene el planteamiento del estudio, en el cual se da a conocer el problema, objetivos, justificación, limitación, hipótesis y variables de investigación.

En el capítulo II, encontraremos los antecedentes de investigaciones internacionales y nacionales, cabe recalcar que la presente investigación no cuenta con antecedentes locales, puesto que es la primera que se lleva a cabo en el lugar. Así mismo se encuentran las bases teóricas que son el soporte de la investigación y la definición de términos.

En el capítulo III, se encuentra la metodología, donde se detalla el método, alcance y diseño de la investigación. Además, se indica los materiales y métodos aplicados en campo para el desarrollo de la investigación.

En el capítulo IV, observaremos los resultados y discusión de la investigación, donde se presenta los resultados del monitoreo y análisis de la información. También la comprobación de hipótesis aplicada a los resultados obtenidos. Por último, la discusión de los resultados contrastados con los antecedentes de investigación del presente trabajo.

Finalmente, en el capítulo V se tiene las conclusiones, en las cuales se determinó que se reduce significativamente la concentración de metales (aluminio, arsénico, boro, calcio, cobre, hierro, magnesio, sodio, estroncio, fósforo y zinc), y no reduce significativamente la concentración de metales (litio, manganeso y níquel), el cual supera los valores establecidos por el ECA de agua según la normativa vigente.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Desde los años 90, la contaminación se ha visto afectada en la mayoría de los ríos de América Latina, África y Asia; y se espera que en las próximas décadas la calidad de agua se deteriore aún más, logrando así aumentar las diversas amenazas para la salud del ser humano y el medio ambiente, siendo los más afectados los países con bajo desarrollo económico con un índice de crecimiento demográfico mayor y la falta de sistemas de gestión de aguas y supervisión de relaves mineros (UNESCO, 2019).

Los relaves mineros son una problemática que se viene dando a nivel mundial, que ha causado impactos ambientales como es la destrucción de suelos, contaminación de aguas, extinción de especies, ya que después de realizar la actividad minera, los desechos son arrojados al ambiente sin ser tratados ni supervisados, generando malestar en los pobladores aledaños, zona donde se desarrolla la actividad minera. Se han realizado diversos estudios y se ha apreciado que el uso de tierras para la actividad minera entre los años 1976 y 2000, fue de 37.000 km²; que viene siendo un 0.2 % de la superficie terrestre estos causan impactos negativos dejando terrenos perturbados por la actividad minera y su recuperación es creciente (Fernandes y Furtado, 2012).

Este hecho conlleva un gran número de problemas, tanto en la vida de las plantas ya que estos metales se depositan en el suelo, que han sido transportados por los mismos ríos, como por ejemplo la disminución de las hojas, putrefacción de raíces, o el amarillento de las hojas (clorosis) Azpilicueta, Peña y Gallego (2010), como en los humanos, donde los efectos pueden ser erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, cáncer de pulmón y estómago, afecciones cardiacas, óseas, testiculares y el sistema nervioso central y periférico o la muerte (Suthersan, 2007), (Nava y Méndez, 2011).

Estudios realizados en la Región de Moquegua, en la Provincia de General Sánchez Cerro, Distrito de Chojata, ubicada a unos 3628 m.s.n.m. y a 185 km. de Moquegua, con una población de

2 213 habitantes, se conoce que no tiene en su jurisdicción empresas mineras que perjudiquen en su entorno, pero se ha visto afectada por la contaminación de la unidad minera Tucuari, ubicada en el Distrito de Carumas, Provincia de Mariscal Nieto, perteneciente a la empresa Aruntani S.A.C. Esta hidrográficamente, se ubica en la parte alta del Río Tambo, en la unidad hidrográfica Coralaque, específicamente el DAM (Drenaje Ácido Minero), se encuentra cerca de las microcuencas Margaritani y Apostolini que son afectadas principalmente por las filtraciones acidas de la actividad de la unidad minera que se encuentra en proceso de cierre.

Desde el año 2016 se vienen registrando una contaminación hídrica, cambios de color de agua verde, naranja intenso y amarillo, producto de los desechos mineros de la concesión Minera Florencia Tucuari; se realizaron estudios, los cuales muestran altas concentraciones en metales pesados (arsénico, boro, hierro aluminio), superando los límites máximos permisibles, afectando a los medios de vida (terrenos agrícolas, flora y fauna) y la salud de las poblaciones ribereñas de los ríos Coralaque y Tambo, siendo los principales afectados el centro poblado de Pachas; con el transcurrir de los años la situación de este recurso hídrico se ha agravado cada vez más, debido a las precipitaciones pluviales que son los que arrastran estos desechos mineros hacia el cauce de las quebradas (INDECI, 2021).

Los monitoreos que han sido realizados por el OEFA y el ANA en diferentes puntos del Río Coralaque, determinaron que en dicho Río se tiene 12 parámetros que han superado los fijados por el DS N° 004-2017-MINAM.

Debido a esta problemática para nosotros como investigadores, se ha tomado de suma importancia encontrar diversos métodos para la retención y extracción de dichos metales de las fuentes hídricas y, reducir la toxicidad en las mismas para garantizar la preservación de vidas humanas como de los ecosistemas, que son la principal necesidad del centro poblado de Pachas en el distrito de Chojata, ya que este líquido es vital para el desarrollo de las diferentes actividades humanas de centro poblado, la cual necesita un abastecimiento permanente. Dentro diversos métodos existentes para el control de este tipo de metales, encontramos un tratamiento eficiente y tecnológico, el cual pueda servir como alternativa para tratar los efluentes contaminados, tratamiento de aguas contaminadas mediante macrófitas, es una solución eficaz para la depuración de contaminantes de los efluentes mineros causante de daños a los pobladores, economía, agricultura y ecosistemas acuáticos.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la influencia del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) en la concentración de metales en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de metales en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021, antes de la aplicación del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*)?
- ¿Cuál es la concentración de metales en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021, después de la aplicación del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*)?
- ¿Cuáles son los cambios morfológicos cualitativos en el Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) en función de la exposición de los metales de las aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la influencia del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) en la concentración de metales en agua superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de metales en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021, antes de la aplicación del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*).
- Determinar la concentración de metales en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021, después de la aplicación del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*).
- Analizar cambios físicos durante la aplicación del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) en función de la exposición de los metales en las aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El presente estudio se justifica debido a la contaminación por los metales pesados que se identificó en el agua del Río Coralaque ya que el agua es uno de los recursos más ricos e indispensables que poseen los seres humanos.

Con esta investigación, se busca evaluar dos diferentes especies de hidrófitas que cumplan con un tratamiento de agua natural, el cual permita mejorar la calidad del agua para el bienestar de la salud de la población y el ecosistema acuático (trucha, camarón, etc.), lo que tendrá como consecuencias la mejoría del desarrollo de vida de la población.

1.4.1 Económica

Este estudio es viable y de costo mínimo, porque es un tratamiento de agua contaminada natural, por medio de una especie de macrófitas antes mencionadas, las cuales tratará a todos los metales pesados del Río Coralaque, a través de un tratamiento natural de agua.

1.4.2 Ambiental

La remoción de metales pesados del agua con la especie de macrófita que se estudia en el presente proyecto, beneficiarán la calidad del recurso hídrico del Río Coralaque y aportará como investigación en el tema ambiental, lo cual tiene como beneficio la mejoría del desarrollo de vida de la población, manteniendo un sistema acuático ambientalmente saludable, el cual permitirá el adecuado desarrollo de los ecosistemas que se devuelven en el área de influencia de la investigación y desarrollo económico para los pobladores de la zona.

1.4.3 Social

Beneficiará a la salud de la población, la mejora de la calidad de la vegetación de la población de la zona y favorecerá al desarrollo de los animales de la población en Pachas, distrito de Chojata principalmente y los centros poblados que son perjudicados por estas quebradas de Margaritani y Apostolini.

1.5 LIMITACIONES DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN

La importancia del proyecto de investigación, es conocer la influencia de la *Eichhornia Crassipes* en la concentración de metales pesados en aguas superficiales del Río Coralaque, de modo que, en un intervalo de tiempo, se hizo un estudio antes y durante la aplicación de la especie acuática, donde nos advierte la absorción de metales pesados.

Una de las principales limitaciones que tuvo el presente trabajo, debido a la coyuntura actual por el COVID-19, es que no se disponía de movilidad con las medidas de bioseguridad para que nos lleve a dicho distrito, se tuvo que esperar a que se habiliten para poder contar con disponibilidad de hospedaje y movilidad. También, debido que el distrito de Chojata queda a 6 horas de Moquegua, la movilidad del volumen de agua que se va a utilizar en el experimento es difícil de transportar.

El costo económico para analizar y obtener los resultados por un laboratorio certificado, en los parámetros químicos en el agua del Río Coralaque, y analizar las diferentes muestras.

Se tuvo que esperar alrededor de un mes para que el Jacinto que hemos comprado, se adaptara a las condiciones ambientales en donde se realiza el estudio, ya que son plantas muy delicadas al cambio y se podían morir por un mal manejo.

1.6 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

Ho: El Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) no reduce significativamente la concentración de metales en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.

Ha: El Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) reduce significativamente la concentración de metales en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.

1.6.1 Operacionalización de Variables

Tabla 1.

Operacionalización de Variables.

Variable	Definición conceptual	Tipo de variable	Dimensión	Indicador	Escala de Medición	Unidad	Técnica e instrumento
CANTIDAD DE JACINTO DE AGUA (V.I.) Variable Independiente	El término fitorremediación hace referencia al uso de plantas y de su microbiota, asociada para reparar suelos o aguas subterráneas contaminadas. Las técnicas de fitorremediación incluyen la utilización de enmiendas de suelo y técnicas agrónomas para trasladar, contener o convertir los contaminantes del medio en una forma que disminuya su disponibilidad química o biológica (Poma y Valderrama, 2014).	Cuantitativa continua	Cantidad y masa del Jacinto de agua	Técnicas de fitorremediación Potencial de retención de metales. Estado de adquisición. Tiempo de adaptación.	Razón	Unidades y gramos	Técnica: Pesaje del Jacinto antes de ser introducido o al tratamiento. Observación directa Instrumentos: Balanza

CONCENTRACION DE METALES (V.D.) Variable Dependiente	Las actividades humanas producen diferentes vertidos que incrementan la concentración de contaminantes acuáticos. Estos metales son en concentraciones menores beneficiosos, pero si supera lo permitido puede causar efectos adversos (Ramos y Salas, 2015).	Cuantitativa continua	Cambios climatológicos.	Intervalo	pH Temperatura °C	Técnicas: Protocolo de monitoreo de la calidad de agua – ANA.
			Análisis fisicoquímicos			Calibración de equipos de medida.
			Metodología utilizada para la extracción de muestras. Manejo de las muestras. Porcentaje de remoción de metales.	Razón	Mg/l Ppm	
			Concentración (masa/volumen)			

Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según el estudio de Benitez (2008), se realizó un muestreo de 2 tipos de plantas acuáticas (macrófitas) Jacinto Acuático (*Eichhornia Crassipes*) y Tul (*Thypha spp*) de la laguna anaeróbica 3 y del sistema de biofiltros (canales de depuración respectivamente de la Planta de Tratamiento La Cerra de Villa Canales por el mal manejo sustentable. Los resultados muestran la presencia de elementos como calcio, vanadio, manganeso, hierro, níquel, cobre, zinc, arsénico, plomo, rubidio, potasio, cromo, estroncio y titanio, en diferentes fracciones de la planta y con cierta tendencia a presentar concentraciones importantes, afirmando que el sistema utilizado es una buena alternativa para tratar los efluentes de actividades industriales, siendo un proceso de bajo costo.

En el proyecto de Jaramillo y Flores (2012), se utilizó una metodología que se basa en dos estudios, uno realizado en la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (Venezuela) y el otro en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se realizó un experimento con un área con techo, ventilación adecuada y entrada de rayos solares a condiciones ambientales, divididas en tres fases; una adaptación de nutrición y de intoxicación colocando 30 gr. de *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* en 12 recipientes. Los resultados nos indican que el tratamiento A (*Lemna minor*) es el mejor por el mayor porcentaje de absorción de mercurio, mediante la prueba Tukey. Según con el proceso investigativo se ha determinado una pérdida en la cantidad de mercurio de un 70.5 %.

Según Parra (2017), consistió en la construcción de cinco estanques, los que se ubicaron en las comunidades de la zona de estudio con mayor concentración de contaminantes, se colocaron especies vegetales *Eichhornia crassipes* y *Chrysopogon zizanioides*, este experimento tuvo una duración de 6 meses con tres fases: aclimatación, nutrición e intoxicación; por lo tanto, se propuso determinar 4 metales pesados (Pb, Cr, Fe y Ni) para sus análisis. Como resultado los metales pesados fueron: Ni de 35.1 a 0.9 % y Fe de 32.6 a 6.1 % que han sido los más absorbidos, con distintos valores

de remoción, en cada mes, aumentando y disminuyendo, la mayor parte de remoción es en el quinto mes equivalente a 150 días con 76.3 a 24.5 %.

Ramos, Rodríguez y Martínez (2007), evaluaron la calidad de agua obtenida de humedales artificiales y el efecto del agua tratada, se hizo un sistema de tres estanques con junco (*Scirpus americanus*), tule (*Typha latifolia*) y lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), se hizo pasar por cada uno con una retención de 15 días; Todos los parámetros disminuyeron, excepto el ión nitrato (0.60 a 0.82 mg/l) y la conductividad eléctrica (34.4 a 66.4 (mS/cm). El pH disminuyó de 8.33 a 7.29, así como la DQO (416 a 120 mgO₂/l), el ión calcio (6.6 a 0.54 mg/l), el ión cloruro (0.011 a 0.002 mg/l), el nitrito (0.234 a 0.040 mg/l), el amonio (1.451 a 0.0003 mg/l) y el fosfato (10.3 a 2.3 mg/l); Pb y Cd se mantuvieron por debajo del límite permisible. En ambos cultivos hubo inhibición radicular significativa: el sorgo creció 1.69 cm. con agua tratada, 3.0 y 2.11 cm. con agua destilada y no tratada, respectivamente.

El artículo de Rodriguez et al. (2010), es un estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas, utilizando sistemas naturales como humedales artificiales que presenta como resultado una remoción de materia orgánica (DBO₅) de entre 70 % y 86 % al utilizar el buchón de agua, y de 58 % cuando se utiliza la lenteja de agua. La metodología aplicada es de humedales artificiales, se comporta hidráulicamente como un modelo de flujo pistón, con elementos característicos de la planta que se empleó el pH (>11), en el caso de la lenteja y un pH de un rango de 6 a 8.0 en el buchón de agua, favoreciendo la estabilización de la materia orgánica dentro del sistema biológico.

Según la investigación de Valderrama (1996), evaluó a escala piloto el efecto de dos macrófitas acuáticas *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*, para así poder mejorar la calidad del agua residual industrial. Nos dio como resultado la eficiencia en la estabilización y neutralización del pH, disminuyendo las concentraciones de coliformes totales, DBO, DQO y sólidos suspendidos totales. Los coliformes totales, 68 y 22 % con *L. laevigatum* y *E. crassipes* respectivamente; DBO, 76 Y 53 %; DQO, 26 Y 18 %; sólidos suspendidos totales, 70 y 56 % con *L. laevigatum* y *E. crassipes* respectivamente. *L. laevigatum* produjo un incremento en la alcalinidad total con respecto al afluente y fue más eficiente en la remoción de coliformes fecales que *E. crassipes*. Para los otros parámetros evaluados: temperatura, conductividad, sólidos disueltos y cloruros, las macrófitas no produjeron diferencias significativas en el afluente.

Mendoza, Perez y Galindo (2018), investigan el aporte de las plantas acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento del agua residual municipal (ARM) de la ciudad de Riohacha en Colombia. Se estableció un diseño experimental de un factor (plantas) y seis niveles que corresponden a los cinco tratamientos y un control. Se instalaron seis microcosmos con capacidad de 84,4 L que funcionaron a condiciones ambientales. De acuerdo con la prueba de

Dunnet, no existe diferencia significativa entre los tratamientos y el control, por tanto, no hay un aporte significativo de las plantas en la remoción de los contaminantes. Sin embargo, una pequeña diferencia en la remoción puede satisfacer las exigencias legales. Las máximas eficiencias de remoción se presentaron en los microcosmos con 100 % y 50 % cobertura de *Pistia stratiotes*, excepto DBO5 que se presentó en el sistema con 50 % de cada planta.

En el trabajo de Gómez y Pinzón (2012), realizado en el lago del Parque La Florida, es un cuerpo de agua cuyas condiciones fisicoquímicas pueden variar con los cambios climáticos. Se utilizó el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*), evaluando la efectividad de la Biorremediación, mediante el uso de esta planta en las aguas de dicho lago y se comparan con los resultados reportados por el laboratorio en un periodo de dos años. Como resultados se obtuvo la reducción de los Sólidos Totales (SST), una concentración alta de oxígeno disuelto, una remoción altamente eficiente de los elementos Fósforo y Nitrógeno. En cuanto a los metales pesados Plomo y Cromo, el porcentaje de remoción fue mayor al 95 %, pero sin embargo no se reflejó en los tensoactivos, el pH, las grasas y aceites.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Sandoval (2019), en su trabajo de investigación, evaluó la eficiencia de las macrófitas en la remoción de cadmio utilizando dos módulos piloto, el primer módulo (*Eichhornia crassipes*) y el segundo módulo (*Lemna minor L*), con agua simulada con concentración de 2 mg/l de cadmio, circulando paralelamente durante un periodo de 11 días de ensayo, con un análisis cada 2 días, con las condiciones de laboratorio, dando como resultado final una evidencia que la *Eichhornia crassipes* presentan una eficiencia de 83.57 % mientras que la *Lemna minor L*, una eficiencia del 39.35 %, siendo el principal cambio morfológico la variación de color de las especies durante el ensayo.

Delgado (2020), busca evaluar la eficiencia de la *Eichhornia crassipes* en el agua residual industrial (farmacéutica – cosmética) de la Empresa Laboratorios Portugal S.R.L., utilizando una metodología de un equipo piloto compuesto por cuatro tanques en paralelo. Los aniones se determinaron por cromatografía iónica, los metales pesados fueron analizados por espectrometría de masa acoplado inductivamente (ICP- MS). En el aporte de bio-tratamiento de las aguas residuales no tuvo gran eficiencia en la depuración de materia orgánica, pero si para los metales eco tóxicos, aniones, cromo y arsénico a excepción del cadmio.

Garay (2017), busca determinar la eficacia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua para disminuir la concentración de boro, usando las aguas de la laguna “La Milagrosa” ubicada en Chilca. Se hizo un diseño donde se construyó 3 peceras, en las cuales se codificó de la siguiente manera; M1 (Jacinto de agua), M2 (Lenteja de agua) y M3 (Jacinto y Lenteja), donde se colocaron 10 litros de agua con diferentes dosificaciones en un periodo de 3 semanas. La concentración inicial de Boro fue

de >25 mg/L., que excede las ECA, como conclusión llegamos que el M1 logro disminuir hasta 6.88 mg/L, en el M2; 26.93 mg/L y en el M3; 27.41 mg/L.

En la investigación de Mena y Eyzaguirre (2020), hacen una recolección de *Eichhornia crassipes* en la ciudad de Camaná, distrito de Samuel Pastor, para ser llevado a laboratorio y comprobar que no haya restos de mercurio. Se recolecta 12.5 litros de agua (de dos sitios diferentes), en frascos de vidrio esterilizados para obtener resultados exactos, luego se aplica una metodología de 10 celdas para cada muestra, las cuales tienen una capacidad de 2 litros, este proceso tiene una duración de 20 días naturales, pasados los primeros 10 días, se llevó a un laboratorio acreditado por el método de espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados obtenidos son que dichos efluentes han sobrepasado el límite máximo permisible, aplicando el experimento la absorción de mercurio por la *Eichhornia crassipes* es en el periodo de los 10 primeros días, con una efectividad de 77 %, por lo que a mayor tiempo de exposición mayor absorción.

Rojas y Suyo (2019), se basaron en una problemática causada por la presencia del arsénico en aguas de los pozos que abastecen el centro poblado de Cruz de Médano, se partió por la toma de muestra de agua con arsénico del pozo y la recolección de la especie, identificando y comparando los parámetros fisicoquímicos de un antes y después de la aplicación del Jacinto de Agua para demostrar su eficacia. Los resultados que se han obtenido comparando los resultados que se obtuvieron por los análisis, demostraron que a medida que se dejaba el Jacinto de agua por más semanas, el arsénico logro disminuir de un inicial de 0.047 mg/l. a un resultado final de 0.019 mg/l. determinándose el 60 % de disminución y mantuvo los parámetros que requería la planta en temperatura y pH.

Según Lozada (2019), en su trabajo de investigación denominado Eficiencia de cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca, se buscó determinar la eficiencia de cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca, para los cuales se instalaron cuatro tanques de agua con distintas biomásas de *Eichhornia Crassipes*, el primer tratamiento con 20 plantas, el segundo por 30, el tercero con 40 y el cuarto con 50, estos tratamientos tuvieron 50 litros de agua respectivamente, con un monitoreo de agua en tres espacios de tiempo que fueron 7, 14 y 21 días. Se obtuvo como resultado la eficiencia de esta planta para remover metales pesados, obteniendo como resultados que la biomasa tres la cual está compuesta por 40 plantas a los 21 días fue la más eficiente teniendo un 94.64 % de remoción de cadmio.

En el trabajo de Quispe et al (2017), buscan evaluar la eficiencia en la remoción de los parámetros fisicoquímicos, metales pesados de la especie macrófita *Eichhornia crassipes* y, evaluar su crecimiento en función del tiempo y adopción en medio de la laguna de la Universidad Peruana Unión, se hizo un muestreo por dos meses, en función del ingreso de agua a la laguna y el tiempo de

retención que fue de 3 a 5 días. Se obtuvo como conclusión que la eficiencia es de un 31 % en la remoción de parámetros fisicoquímicos; asimismo, se obtuvieron resultados negativos en algunos parámetros. En cuanto al crecimiento de macrófitas flotantes, en 15 días se llegó a duplicar la cantidad de plantas y luego fue llenando al sistema flotante gracias a los nutrientes de la laguna.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Tratamiento Natural (Fitorremediación).

Este tratamiento consiste en hacer un cultivo de plantas para eliminar los tóxicos que se encuentran en el agua o el suelo. Se logran eliminar los plaguicidas, derrames de hidrocarburos, disolventes, lixiviados de basureros tóxicos y explosivos. Estas plantas han de absorber los tóxicos fijándolos o metabolizándolos parecido a lo que hacen los procesos de biorestauración (Peña, Carter y Ayala, 2001).

La fitorremediación tiene varios tipos de procesos para la remediación, pueden llegar a variar según la fracción de la planta que interactúa o los microorganismos que ayudan a la degradación de los contaminantes tóxicos que se encuentran (Arias et al., 2010).

Delgadillo et al. (2011), nos explican que la fitorremediación se puede pensar como un conjunto de métodos que sirven para metabolizar, degradar, asimilar o desintoxicar compuestos orgánicos, químicos e inorgánicos. Se utilizan plantas que tengan una competencia fisiológica y bioquímica de retener, degradar, absorber o transformar dichas sustancias tóxicas a formas que no contamine el ambiente.

La Environmental Protection Agency (1983), se especializa en ser una práctica pasiva, estéticamente agradable, que logra aprovechar el talento de las plantas y la energía solar para ser utilizada en distintos tratamientos con una variedad gran de contaminantes.

En esta técnica las plantas actúan como trampas o filtros biológicos, que descomponen los contaminantes o lo metabolizan tal como lo hacen los microorganismos para que por último, sean convertidos en unos compuestos pocos peligrosos y más estables, como son el dióxido de carbono, agua y sales minerales (Peña, Carter y Ayala, 2001).

Tabla 2.

Procesos de fitorremediación.

TIPO	PROCESO INVOLUCRADO	CONTAMINACIÓN TRATADA
Fitoextracción	Las plantas se usan para concentrar los contaminantes en las partes cosechables.	Diversas aguas contaminadas con cadmio, cobalto, níquel, mercurio, plomo, selenio, zinc.
Rizofiltración	Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar los contaminantes a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos.	Aguas contaminadas con cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc, isotopos radiactivos y compuestos fenólicos.
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes se usan para reducir su movilidad y evitar el pasaje a capas subterráneas.	Lagunas de deshecho de yacimientos mineros, aguas residuales. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados.
Fitoestimulación	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos).	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc., aguas residuales agropecuarias.
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican los contaminantes orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración.	Aguas residuales agropecuarias, aguas con mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano).
Fitodegradación	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Aguas residuales agropecuarias, Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzeno, nitrotolueno), atrazina, solventes, clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.

Nota: Tomado de Reigiosa, Pedrol y Sánchez (2003).

En algunos casos, los contaminantes degradados en moléculas más simples, son utilizados para acelerar el crecimiento de las macrófitas flotantes, los cuales son un amplio y variado grupo de plantas, entre las que se destacan el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), lenteja de agua (*Lemna minor*), la salvinia (*Salvinia spp.*), la redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), (Martelo, Jaume y Borrero, 2012).

2.2.2 Formas de vida de las hidrófitas

2.2.2.1 Hidrófitas fijas en el sustrato.

a. Hidrófitas emergentes

Se encuentran en suelos expuestos o sumergidos, donde el nivel de la capa freática se localiza a unos 50 centímetros o más de la superficie del suelo. Estas plantas pueden llegar a medir más de los 1.50 metros en los lugares que se encuentran cubiertos de agua. La mayoría de los casos son plantas rizomatosas, con las hojas flotantes o sumergidas y sus órganos reproductivos son externos (Sculthorpe, 1967).

Ejemplos: *Typha*, *Eleocharis*, *Schoenoplectus*, *Zizaniopsis*, *Ludwigia*, *Phragmites*.



Figura 1. *Schoenoplectus corymbosus* es una juncia resistente.

Fuente: Tomada de “Plantas vasculares acuáticas en Chile”, por Rodríguez y Gallardo, 2020, p. 115.

b. Hidrófitas de hojas flotantes.

El hábitat en el cual se desarrollan, son los suelos que están sumergidos, donde pueden alcanzar una profundidad desde los 25 centímetros hasta los 3.5 metros. Algunas especies tienen heterofilia, sus hojas son sumergidas acompañadas de hojas flotantes y en otras especies cuando la densidad es muy alta forman hojas emergentes. Sus órganos reproductivos son de forma aérea (Sculthorpe, 1967).

- Rizomatosas: Son las que poseen hojas flotantes que se colocan en largos pecíolos flexibles.

Ejemplo: *Nymphaea*, *Nuphar*.



Figura 2. *Nymphaea alba*.

Fuente: Tomada de “Plantas vasculares acuáticas en Chile”, por Rodríguez y Gallardo, 2020, p. 161.

- Estoloníferas. Poseen pecíolos relativamente cortos y tallos ascendentes que elaboran hojas flotantes. Ejemplos: *Nymphoides* y *Potamogeton natans*.



Figura 3. *Potamogeton natans* (Hierba de estanque flotante).

Fuente: Tomada de “Plantas vasculares acuáticas en Chile”, por Rodríguez y Gallardo, 2020, p. 171.

c. **Hidrófitas sumergidas**

Su desarrollo se da principalmente en los suelos sumergidos, pueden llegar a medir 10 o 11 metros de profundidad. Su follaje se encuentra totalmente sumergido con hojas fenestradas, filiformes o finamente divididas. Sus órganos reproductivos son flotantes, sumergidos o aéreos (Sculthorpe, 1967).

- Caulescentes. Poseen tallos flexibles con sus raíces que nacen desde sus nudos, con o sin rizomas. Ejemplos: *Egeria*, *Potamogeton*, *Elodea*, *Hydrilla*.



Figura 4. *Egeria*.

Fuente: Tomada de “Plantas vasculares acuáticas en Chile”, por Rodríguez y Gallardo, 2020, p. 83.

- Roseta. Sus hojas tienen un nacimiento desde el tallo rizoma o condensado, en algunas especies estoloníferas. Ejemplos: *Vallisneria*, *Aponogeton* e *Isoetes*.



Figura 5. *Isoetes chubutiana*.

Fuente: Tomada de “Plantas vasculares acuáticas en Chile”, por Rodríguez y Gallardo, 2020, p. 69.

- Taloide. Su cuerpo condensado y reducido, sin diferenciar entre el tallo y la hoja.
Ejemplo: Podostemaceae.



Figura 6. Podostemaceae.

Fuente: Tomada de “Plantas vasculares acuáticas en Chile”, por Rodríguez y Gallardo, 2020, p. 69.

2.2.2.2 Flotantes libres

Su reproducción se da en lugares que tienen una mínima de actividad en la columna de agua, poseen una morfología variable, plantas estoloníferas que tienen hojas flotantes o aéreas (*Eichhornia crassipes*, *Limnobium*, *Pistia*), también se logra considerar algunas plantas con una extrema simplificación anatómica (*Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*).

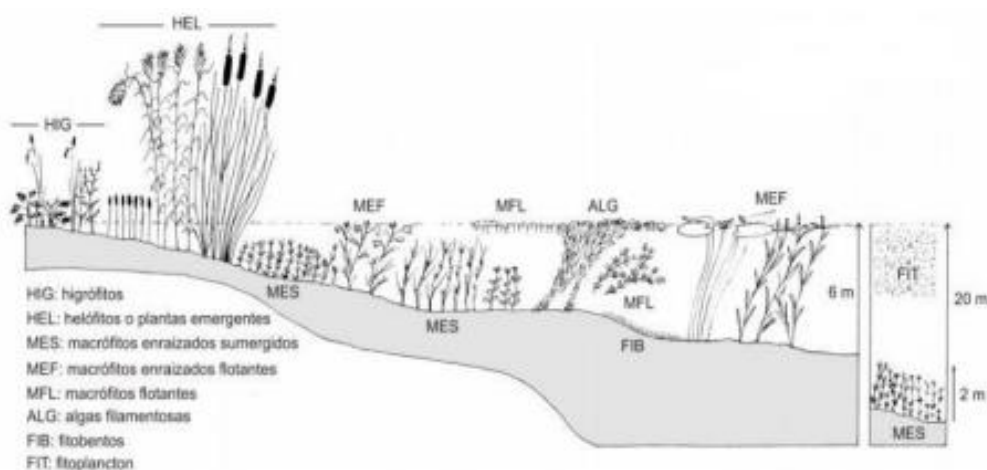


Figura 7. Hábitat de los distintos tipos de plantas hidrófitas.

Fuente: Tomada de “Flora acuática española”, por Cirujano, Meco y García, 2014, p. 18.

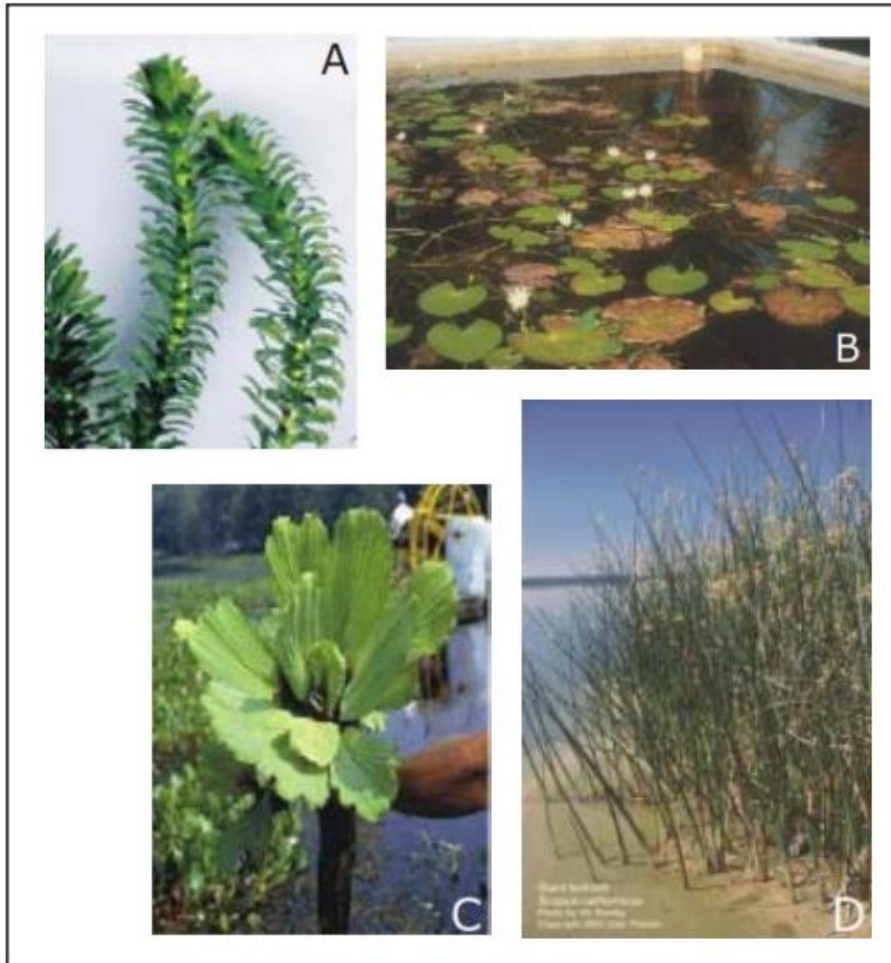


Figura 8. Ejemplos de formas de vida. A) Sumergidas; B) Flotantes enraizadas; C) Flotantes libres; D) Emergentes.

Fuente: Tomada de “Aquatic Plant Center”, por University of Florida, 2018.

Martelo, Jaume y Borrero (2012), especifican los procesos por los cuales las macrófitas flotantes degradan los contaminantes es mediante tres mecanismos:

- Filtración y sedimentación de sólidos.
- Incorporación de nutrientes en plantas y su posterior cosechado.
- Degradación de la materia orgánica por un conjunto de microorganismos facultativos asociados a las raíces de las plantas; y en los detritos del fondo de la laguna, dependiendo del diseño.

2.2.3 Funciones de las hidrófitas en los mecanismos de remoción

Las hidrófitas poseen muchas características que hacen que sean un componente preciso para los humedales que son construidos. Algunas de estas características, son las que les brindan estabilidad de la superficie a los humedales que son construidos y logra prevenir los taponamientos de la matriz, que terminan siendo de suma importancia para los humedales. De esta manera, ellos

poseen buenas condiciones para el crecimiento de microorganismos y la filtración física. Su característica destacada importante, es la capacidad que tiene de transferir el oxígeno a la rizosfera (Delgadillo et al., 2010).

Una de las características que tiene suma importancia en sus aportes, es que únicamente en los climas templados se da la capacidad de un aislamiento térmico de las hidrófitas y en invierno el tejido muerto puede formar una capa que logra cubrir la superficie, así se protege del frío y la reducción de la temperatura del agua fluye por el humedal o río en el cual se desarrolla su hábitat (Delgadillo et al., 2010).

Pueden brindar un hábitat para el desarrollo de la vida, a la misma vez dar un paisaje deleitoso a los sistemas de tratamiento de agua residual o los ríos, según la especie que será introducida.

2.2.4 Efectos de las plantas flotantes libre en sistemas de tratamiento

A nivel mundial, la mayoría de los estudios de plantas flotantes libres, en especial *E. crassipes* y *P. stratiotes*, se relaciona con su crecimiento y capacidad de asimilación de nutrientes (Reddy y Smith, 1987), también como su dispersión y formas de control (Mitchell, 1973). Estas plantas son consideradas como malezas acuáticas en sistemas tropicales y subtropicales, algunas veces en zonas templado – cálidas de Europa.

Debido a su “consumo lujurioso” de nutrientes, son utilizados en tratamientos de aguas residuales o efluentes industriales (Vymazal et al., 2010). Asimismo, Klumpp et al. (2002) constituyen buenos indicadores para el monitoreo de la contaminación con metales y son ampliamente utilizados como forraje para animales de granja y ración en acuicultura.

Según García (2011), estas plantas desempeñan un papel importante en los sistemas de tratamiento de agua por sus principales funciones:

- Facilitan el oxígeno a los microorganismos y airean el sistema radicular.
- Absorben el nitrógeno y el fósforo (nutrientes).
- Asimilan directamente en sus tejidos los contaminantes para ser posteriormente ser eliminados.
- Por su sistema radicular entramado se logran filtrar los sólidos que se encuentran en el agua.

Tabla 3.

Funciones de las plantas en sistemas de tratamiento con macrófitas

Parte	Funciones
Raíces y/o tallos en la columna de agua	Superficie sobre la cual la bacteria crece. Medio de filtración y absorción de sólidos. Reducen, los efectos del viento, es decir, transferencia de gases entre la atmósfera y el agua.
Tallos y/o hojas sobre la superficie del agua	Importante en la transferencia de gases para y desde las partes sumergidas de las plantas.

Nota: Tomado de Pérez y Camacho (2003).

2.2.5 Ventajas y desventajas del tratamiento de agua con hidrófita

Según Vargas (2003), en su tesis titulada mejoramiento y ampliación de la planta de tratamiento del Pueblo Joven Julio C. Tello de Lurín, nos señala las siguientes:

a. Ventajas:

- Se considera como una tecnología sustentable.
- Para tratar los diferentes tipos de contaminantes in situ es muy eficiente.
- En ambientes con concentraciones de bajas a moderadas es aplicable.
- No necesita personal especializado para su empleo ni consumo de energía por ello es de bajo costo.
- No genera contaminantes secundarios y por ello no tienen apuro de lugares de desecho.
- Es estéticamente agradable, por lo que tiene una alta probabilidad de aceptación por el público.
- Evita el tráfico pesado y la excavación.
- En caso de una serie diversa de materiales peligrosos tiene una versatilidad potencial.
- Se reciclan recursos (metales, agua y biomasa).

b. Desventajas:

- Depende de las estaciones del año.
- La excesiva toxicidad ambiental limita el crecimiento de la vegetación o hidrófita a reproducir.
- En las especies perennes, los contaminantes aglomerados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente.
- Algunos contaminantes incrementan su solubilidad, lo que termina como resultado el incremento de un daño ambiental o migración de contaminantes.

- Favorece al desarrollo de mosquitos.
- Generación de sedimentos contaminados.
- La tecnología requiere un área considerable de construcción de canales.

2.2.6 Eichhornia crassipes

Es una planta perenne, flotante con tallos reducidos a un simple nudo, con roseta de hojas basales. Sus hojas tienen un tamaño de 2.5 – 14 x 3.5 -10 cm., son redondeadas, con un pecíolo de 3,5 – 50 x 1,5 – 3 cm., inflado en forma de globo, formando una vejiga llena de aire que permite a las hojas que puedan mantenerse a flote en la superficie del agua. Las raíces son muy abundantes en forma de melena, con la parte final blanca cuando son jóvenes, negro-violácea cuando son adultas. Eje de la inflorescencia de hasta 25 cm., en la espiga con 4-18 flores, que sobresale de una bráctea (espata) de 4-12 x 1.5-3 mm.; anteras 1,7-2mm., circulares. Gineceo 3-3,5 cm., del mismo color que el perianto, con pelos glandulosos. Fruto 10-15 x 5-6 mm., en cápsula con forma de huso que contienen 450 semillas. Esta planta tiene un potente sistema radicular, hasta el punto de que más de 50 % de la biomasa de la planta, pueden ser raíces que son adventicias y fibrosas con una apariencia de plumas (Verdejo et al., 2006).

Es originario de la cuenca del Amazona y los extensos lagos y pantanos de la región del Pantanal del occidente de Brasil (GISB, 2006).

El nombre vulgar: jacinto de agua, camalote, lechuga de agua o lirio de agua.

Su nombre en latín *crassipes* significa el que tiene los pies gruesos, porque las hojas tienen el pecíolo inflamado.

a. Reproducción.

Es una planta con flores que se reproduce sexualmente, originando frutos en forma de cápsula, se multiplica por este procedimiento, se logra multiplicar de esta manera. Su reproducción artificial se efectúa por la división de los estolones que los plantones emiten durante la estación favorable, dando como origen natural una red vegetal capaz de colonizar (Correll y Johnston, 1970).

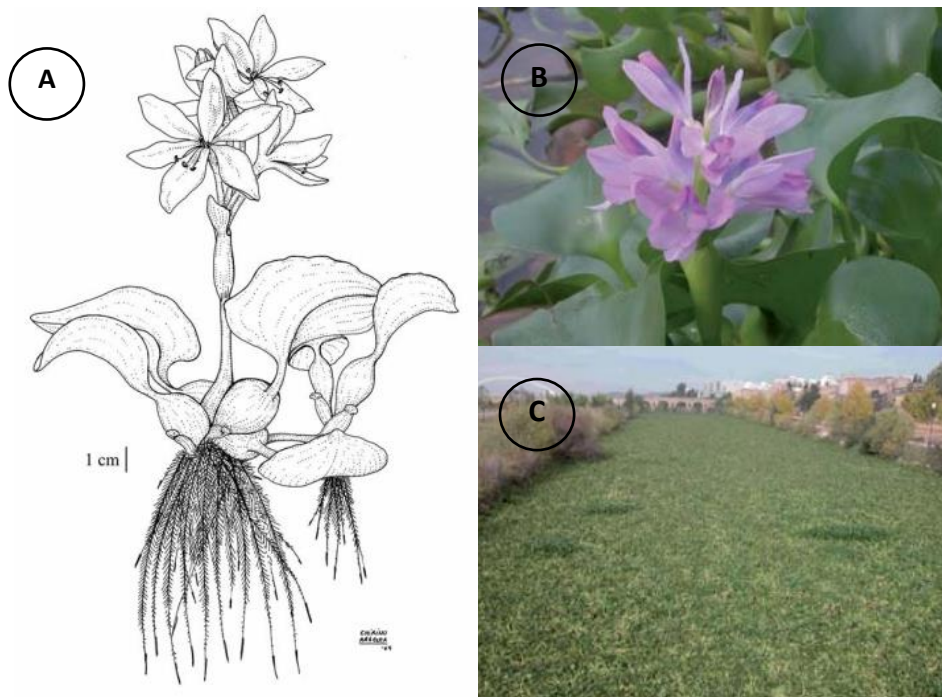


Figura 9. A) Morfología de la macrófita *Eichhornia crassipes*; B) *Eichhornia crassipes*; C) Formaciones de *Eichhornia crassipes* relleno un brazo del río Guadiana a su paso por Mérida (Badajoz) en el año 2005.

Fuente: Tomada de “Flora acuática española”, por Cirujano, Meco y García, 2014, p. 190-191.

b. Fenología.

En sur América florece todo el año, en otros lugares como el centro de América florece en agosto a octubre y en Estados Unidos en abril a julio, épocas de lluvia y verano (Correll y Johnston, 1970).

c. Hábitat.

Se desarrolla en los bordes de ríos, canales, chacras, arroyos, pantanos y otros humedales de agua estancada o con poca corriente y éutrofas. Es considerado una maleza acuática (Rzedowski y Rzedowski, 2004).

La temperatura adecuada para el desarrollo de esta hidrófita se encuentra entre los 20 y 30 °C, aunque en invierno con protección puede llegar a crecer en 10 °C. Es una planta que rebrota en la primavera, llegando a necesitar agua estancada con poca corriente y al sol o semisombra (Club Acuaristas Bragado, 2015).

d. Taxonomía

Según CABI (2009), menciona que la *Eichhornia crassipes* está ubicado de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Phylum: Spermatophyta

Subfilo: Angiospermas

Clase: Monocotyledonae

Orden: Pontederiales

Familia: Pontederiaceae

Género: Eichhornia

Especie: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, 1883

e. Observaciones

Se ha utilizado para el tratamiento de aguas residuales, la eliminación de metales pesados y otros compuestos, es una de las plantas acuáticas que tiene un poder de depuración muy alto. Forma importantes masas vegetales que pueden llegar a interrumpir el paso del agua por su rápida reproducción.

2.2.6.1 Aplicación en tratamiento de aguas residuales.

Las principales características que cumple esta hidrófita y que la hace adecuada para el proceso de la fitorremediación, es que tienen una tasa de crecimiento, elevada productividad, y tiene facilidades para su recolección por su cobertura vegetal sobre la superficie del agua (Careño, 2016). Estas plantas se consideran acumuladoras y por lo tanto con un potencial fitorremediador porque presentan una tolerancia a los metales. Esta tolerancia se puede evaluar mediante su coeficiente de translocación, el cual puede medir la capacidad de la planta para translocar los metales de la raíz al tallo y las hojas, sin tomar en cuenta la concentración de los metales externos a la planta; y con su coeficiente de bioacumulación que mide la capacidad de la planta para acumular metales del medio (Careño, 2016).

A. Diseño de la aplicación

El diseño constituye una tecnología eficiente para el tratamiento de aguas residuales, es un presupuesto de bajo costo, puesto que no requiere de una infraestructura sofisticada además de poder seleccionar pruebas que permitan evaluar el efecto que tienen (Caviedes, Delgado y Olaya, 2016).

Para su tratamiento comúnmente se utilizan dos tipos de humedales, los de flujo superficial y los de flujo subsuperficial, permitiendo el desarrollo de las plantas acuáticas responsables de favorecer superficies de fijación y eliminación de metales pesados (Díaz et al., 2013).

En estos sistemas de tratamiento de aguas residuales es de vital importancia la temperatura, ya que muchos de ellos incluyen procesos biológicos que dependen de ella, esta incluye una forma

muy significativa en las especies acuáticas, incluyendo en su metabolismo, productividad primaria, respiración y descomposición de los contaminantes (Arroyave, 2004).

Los humedales de flujo fijo (FS) y de flujo subsuperficial (FSS), consisten en canales poco profundos, con material granular, donde se arraiga la vegetación y por donde circula el agua en contacto con la atmósfera, permitiendo el desarrollo de plantas acuáticas flotantes, sumergidas y emergentes, que favorecen mayores superficies de fijación y eliminación de microorganismos Caselles et al. (2011). Por otro lado, los humedales del flujo subsuperficial (FSS), transportan las aguas residuales a través de un medio poroso de grava o tierra, aislando las aguas residuales del contacto con los ecosistemas de los alrededores. Estos a su vez pueden ser de flujo vertical u horizontal, dependiendo de la dirección de flujo (Careño, 2016).

2.2.6.2 Remoción de metales pesados en el tratamiento de aguas residuales.

El Jacinto de agua según a sus referencias en anteriores estudios, nos da evidencia de una alta capacidad para degradar metales pesados como son el Zn, Cd, Cu y Cr, los cuales podemos encontrar en aguas residuales (Careño, 2016).

La degradación de metales pesados se registra en décimo día de acondicionamiento de las hidrófitas, cabe resaltar que las raíces del jacinto de agua, poseen mayor acumulación de metales pesados que lo llegan a acumular a través de sus hojas (Careño, 2016).

De acuerdo con Perdomo (2016), la adhesión de la planta en los metales o empleando mecanismos que detectan de manera rápida la presencia del metal, facilita su excreción activa, ya que tiene una menor permeabilidad de la membrana celular, y la acumulación de metales pesados por parte de especies vegetales, consiste primero en una absorción rápida, seguido por un transporte lento y pausado, controlado principalmente por la difusión al interior del celular (Bioacumulación).

Es importante que tengamos en cuenta que, para el funcionamiento del jacinto de agua en la remoción de contaminantes de manera eficaz, requiere de un retiro periódico y un cambio de las plantas, ya que como es una planta perenne y de fácil proliferación, la acumulación de biomasa es densa y puede interrumpir el proceso de remoción. Esta planta realiza un tratamiento eficaz si se sabe controlar y atender su funcionamiento para poder obtener la clave para potencializar las cualidades que tiene la especie fitorremediador.

2.2.7 Contaminación del agua.

Según la secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2003), considera a la acción y/o efecto de introducir en el agua algunos elementos, compuestos, materiales o formas de energía, que llegan a modificar la calidad de esta para sus posteriores usos, que incluyen uso humano y su función ecológica.

La contaminación del agua, modifica sus propiedades fisicoquímicas y biológicas, de tal manera que puedan perjudicar directa o indirectamente a los seres humanos y al medio ambiente, generando algunas enfermedades al consumir el agua contaminada. Es de gran preocupación en nuestra época, porque entendemos que, sin agua de buena calidad para el consumo de los humanos y los animales, no es posible garantizar el bienestar del medio ambiente y la subsistencia de las especies.

2.2.8 Vías principales de entrada de los metales al medio acuático.

Los metales tienen tres vías principales de entrada al medio acuático especificados a continuación:

a. La vía atmosférica.

Se trata de la sedimentación de partículas emitidas a la atmósfera por procesos naturales o antropogénicos (principalmente la combustión de combustibles fósiles y procesos de fundición de metales). Es muy importante evaluar el contenido de contaminantes en partículas en suspensión de menos de 2.5 micras, ya que este tamaño representa la fracción respirable y condensada en las nubes, de esta manera, es capaz de entrar al cuerpo de agua y al cuerpo humano (Bhattacharji et al., 1987).

b. La vía terrestre

Se da por las filtraciones de vertidos por arrastre de la lluvia, de la escorrentía superficial de terrenos contaminados (minas, utilización de lodos como abono, lixiviación de residuos sólidos, precipitación atmosférica, drenajes ácidos de mina, etc.) entre otras causas naturales que se pueden presentar (Bhattacharji et al., 1987).

c. La vía directa

Se da por los vertidos de las aguas residuales industriales y urbanas a los cauces fluviales, al arrastrar los contaminantes a los lagos o ríos que se encuentran cerca de estos cauces que se forman a través de la lluvia o por desfogues directos en los ríos (Bhattacharji et al., 1987).

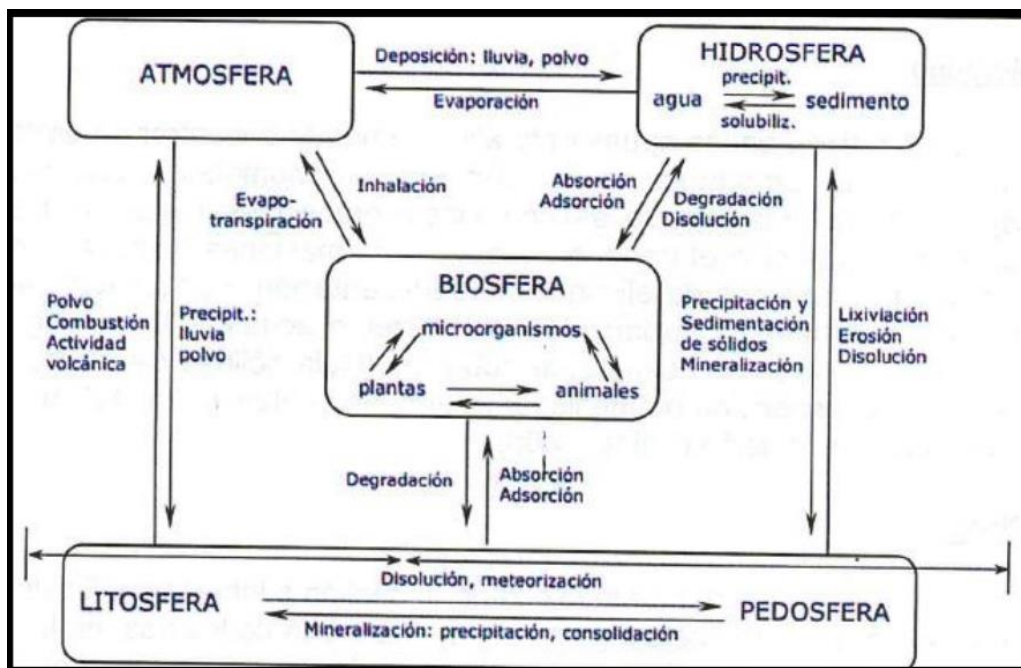


Figura 10. Ciclo biogeoquímico general de los metales pesados.

Fuente: Tomada de “Contaminated sediments” por Bhattacharji, Friedman, Neugebauer y Seilacher, 1987, p. 65

En los sistemas acuáticos continentales (ríos, lagos, embalses, etc.), los metales pesados se encuentran presentes como resultado de la acción de procesos naturales y antropogénicos, si bien en la práctica la distinción entre una contaminación de origen natural, individual o doméstico; las que más destacan son las producidas por actividades mineras que resulta difícil de discernir (Bhattacharji et al., 1987).

2.2.9 Fuentes potenciales de contaminación del Río Coralaque

Según el Ministerio del Ambiente (2014), define como fuentes potenciales de contaminación a los lugares donde un contaminante es liberado al ambiente. Las fuentes de contaminación pueden ser puntuales o fijas (plantas de energía, industrias químicas, refinerías, etc.), así como fuentes dispersas (escurrimiento urbano o suburbano, derrames o descargas, etc.) o de área y también fuentes móviles (coches, aviones, etc.).

Corey (1997), define como un foco natural o artificial a partir del cual se genera y se emiten agentes contaminantes hacia el ambiente.

Por el color de sus aguas a la fecha de color amarillo – naranja intenso, originado por el arrastre de los residuos de material contaminante explotado por la mina que se ubica en la cabecera de la cuenca.

Con respecto al potencial de generación de contaminantes (depósitos de relaves, material particulado, desmonte de rocas, botaderos, potencial de generación de aguas ácidas lixiviadas,

depósito de lixiviados, entre otros) y sus fuentes potenciales de contaminación que se da en la zona de investigación del proyecto.

Tabla 4.

Potenciales fuentes de generación de contaminantes.

Fuentes potenciales	Potencial de generación	Potencial contaminante
<ul style="list-style-type: none"> • Botaderos: de ley, desmontes, escorias, material estéril, lastre y marinas. 	Generación de drenaje minero (DM)	Metales pesados y metaloides
<ul style="list-style-type: none"> • Depósitos de relaves: embalse de relaves, tanque de relaves, relaves filtrados, relaves de pasta y relaves espesados. 	Alteración de la calidad del agua superficial, subterránea y sedimentos a causa de la interacción de cursos superficiales con las instalaciones de mina, producto del drenaje, infiltraciones o lluvias y crecidas.	Metales pesados y metaloides
<p><i>Depósitos de lixiviación: rípios de lixiviación, pilas permanentes, pilas dinámicas y pilas ROM.</i></p>	Generación de drenaje ácido de mina (AMD)	Material particulado con metales y metaloides
<p>Residuos mineros sulfúricos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Depósitos de relaves. • Depósito de desmonte de rocas. • Depósitos de desmonte de minerales de baja ley (StockPile), entre otros. 	Cuando los sulfuros son expuestos a la atmosfera o al agua subterránea oxigenada, los sulfuros podrían oxidarse para producir agua ácida cargada con sulfuros, metales pesados y metaloides.	Material particulado con metales y metaloides
<ul style="list-style-type: none"> • Depósitos de relaves. • Depósitos de desmonte de rocas. 	Suelos contaminados por material particulado de polvo fugitivo transportado por el viento proveniente de los depósitos de relaves y desmontes de desechos.	Material particulado con metales y metaloides

Nota: Tomado del Ministerio del Ambiente – MINAM, 2014

2.2.10 Metales pesados

Se denominan metales pesados a aquellos elementos que poseen una densidad atómica mayor a 6 g/cm³ o que convencionalmente tienen propiedades metálicas, un número atómico mayor a 20, además que pueden causar graves problemas medioambientales, debido a que tienen una toxicidad alta. De hecho, esta característica es la más relevante que poseen, así como cualquier metal tóxico que puede ser llamado metal pesado, independientemente de su masa atómica o densidad. (Simate, 2014).

Los metales pesados pueden encontrarse de forma natural en muchas rocas o menas asociadas que pueden ser arrastradas de forma natural. La excavación y procesamiento de dichas rocas y menas ricas en metales, proporcionan una vía potencial de contaminación que puede afectar a la calidad del agua superficial o subterránea. (Simate, 2014).

Entre los principales elementos considerados como metales pesados tenemos: plomo, cromo, zinc, cadmio, cobre, mercurio, manganeso, níquel, arsénico, selenio, molibdeno, entre otros.

Los impactos de la contaminación por los metales radican en dos distintas características:

- Tienen la capacidad de persistir en los ecosistemas naturales por un periodo de tiempo prolongado.
- Poseen la capacidad de acumularse en niveles sucesivos de la cadena trófica.

Dentro de todas las posibles fuentes de contaminación los recursos hídricos por los metales pesados en la minería y el procesamiento de minerales, se incluyen; el drenaje ácido de mina, la lixiviación en pilas, la lixiviación in situ, fallas en las presas de relave, el incremento de la concentración de sólidos suspendidos debido a la erosión, y la inadecuada disposición del agua de procesos de la minería (Jain, 2016).

La migración de los metales pesados de las distintas fuentes contaminantes hacia los cuerpos de agua que se encuentran cerca, produce efectos nocivos para los microorganismos acuáticos los que se encargan de almacenar los distintos metales. El cadmio, cobre, plomo y zinc son metales en los cuales se tiene interés, debido a su alta toxicidad que tienen para la vida acuática; la exposición a estos metales puede acabar directamente en los organismos, así como también provocar un atraso en el crecimiento, y lesiones no letales, eliminando la vida acuática (Lara, 2014).

En la actualidad, las fuentes antrópicas de metales pesados en el ambiente, consideran a las actividades mineras como una de las principales fuentes de contaminación perjudicial para el desarrollo de la población (Lara, 2014).

A continuación, se describe la distribución, forma común, movilidad y toxicidad:

a. Arsénico.

El arsénico (As) se encuentra en cantidad de manera natural en la corteza terrestre, principalmente en los minerales sulfurosos. En aguas naturales, el As se encuentra en general, como especie disuelta formando oxianiones; por lo cual, su estado de oxidación (y por tanto su movilidad), está controlado básicamente por las condiciones redox y el pH. Además, respecto a los estados del arsénico tanto As+5 y el As+3 son móviles en el medio; aunque este último, se presenta como más móvil y mayor toxicidad (Bundschuh, 2008).

b. Cobre.

El cobre (Cu) está esparcido en la naturaleza, se presenta principalmente la cuprita (óxido de cobre), sulfatos, carbonatos, sulfuros de Fe y Cu (calcopirita). El cobre puede absorberse fácilmente sobre las partículas sólidas en suspensión e incorporarse rápidamente al sedimento (Norma, 2010). La solubilidad, movilidad y biodisponibilidad del Cu en los sedimentos, dependen fundamentalmente del valor de pH; además, su biodisponibilidad se reduce drásticamente en los sedimentos a pH superior a 7 y es fácilmente disponible por debajo de pH 6 (Norma, 2010).

c. Hierro.

El hierro (Fe) en la naturaleza se encuentra principalmente como sulfuros (FeS₂, pirita), las más importantes fuentes de contaminación con este metal, son procedentes de las operaciones minero – metalúrgicas (Bundschuh, 2008). La disolución oxidativa de la pirita (FeS₂), es un proceso biogeoquímico complejo, dando como resultado el drenaje ácido de minas, caracterizada por elevadas concentraciones de metales disueltos y sulfatos, y una relación Fe³⁺/Fe²⁺ alto (Fernández, 2012).

d. Manganeso.

El manganeso (Mn) es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre al encontrarse en un centenar de minerales en rocas y suelos; siendo estos, fuentes importantes de manganeso al disolverse en aguas superficiales o subterráneas. Asimismo, el manganeso, en su forma salina (como la mayoría de las sales) son muy solubles en agua, pero en óxidos pueden dominar sólidos fácilmente al precipitarse como oxihidróxidos. En los ecosistemas acuáticos, la solubilidad del manganeso aumenta a bajos valores de pH (el Mn²⁺ domina en estos ambientes, alrededor de 5,5 unidades de pH), así como a bajos niveles de potencial redox; no obstante, en condiciones neutrales, el potencial redox tiene mayor influencia que el pH en la movilidad del manganeso (Nádaská, 2012).

La presencia de altas concentraciones de cloruros, nitratos y sulfatos, pueden incrementar la solubilidad del manganeso. Finalmente, el manganeso precipita hacia el sedimento como Mn^{+4} , principalmente.

e. Níquel.

El Níquel (Ni) es un elemento bastante abundante en la corteza terrestre, posee unas propiedades que lo hacen muy deseable para combinarse con otros metales y mezclas aleatorias. Algunos de los metales con los cuales se combina el níquel son el hierro, cobre, cromo y cinc. Estas aleaciones se usan para la fabricación monedas y joyas, también en válvulas e intercomunicadores. Muchos de los compuestos de níquel son solubles en aguas y tienen un color verde característicos Reyes et al. (2016).

Las condiciones ácidas favorecen la movilización del níquel, el níquel es incapaz de concentrarse en peces, en cambio, las plantas pueden absorberlo sin ningún tipo de problema.

Cuanto más solubles en el agua son las partículas de níquel, si se consume agua con níquel, la cantidad de níquel que pasará al cuerpo es a través del estómago y los intestinos siendo más alta que si come alimentos que contengan níquel, este luego puede pasar a la sangre para que por último se esparza a todos los órganos. (Reyes et al., 2016).

f. Zinc.

En los sistemas acuáticos las consecuencias más eminentes son el incremento de la acidez del agua. Los peces pueden acumular zinc (Zn), cuando el zinc entra en los cuerpos de estos peces, este es capaz de biomagnificarse en la cadena alimentaria.

La movilidad del zinc aumenta considerablemente al descender el pH, ya que aumenta su solubilidad y el grado de disociación de los complejos orgánicos, y disminuye su adsorción a las superficies de la matriz sólida, en medios reductores el zinc precipita en forma de sulfuro (muy insoluble), lo que limita drásticamente su movilidad (Romero y Guevara, 2011).

2.2.11 Toxicidad de los metales

Las actividades naturales y antrópicas generan una contaminación en el medio ambiente que afecta a la calidad de los recursos naturales.

Para Rosas (2015), señala que el grado de toxicidad potencial y biodisponibilidad que un metal pesado puede presentar en un ambiente, esto dependerá de una serie de factores bióticos y abióticos, que determinará lo que hace más o menos tóxico en el ambiente.

Erostegui (2009), define a los metales pesados como sustancias propias de la naturaleza de peso molecular alto; los cuales tienen efectos negativos para la salud y el medio ambiente cuando se

encuentra en concentraciones altas. Para este autor cada metal pesado tiene un mecanismo de acción y un lugar de acumulación tanto en la salud como en el medio ambiente. En el ambiente el efecto por las altas concentraciones de metales pesados es silencioso, no se ve, y cuando nos damos cuenta el daño que produce, ya es demasiado tarde.

Son muchos los metales que se puede encontrar en el agua superficial, pero los que provienen de actividades antrópicas son metales como cadmio, plomo, cinc, cobre, los que tienen un grado de toxicidad diferente.

Para Ecofluidos Ingenieros S.A. (2012), el zinc es un oligoelemento esencial que se encuentra en casi todos los alimentos y el agua potable en forma de sales o complejos orgánicos. Las concentraciones aceptables en el agua superficial y subterránea son de 0.01 y 0.05 mg/L respectivamente, en el agua de grifo puede haber concentraciones mayores como consecuencia de la disolución del zinc de las tuberías. Se puede decir que la cantidad de zinc en el agua puede aumentar a medida que la acidez del agua aumenta.

Según la DIGESA (2004), el aluminio es un metal considerado tóxico, debido a que se acumula en las plantas y causan problemas en la salud de los animales que la consumen. Altas concentraciones de aluminio se pueden encontrar en lagos, aguas superficiales, subterráneas y suelos que son ácidos. Hay fuertes indicadores de que el aluminio puede dañar las raíces de los árboles o cultivos.

Según la DIGESA (2004), el hierro es un metal que si se presenta con una concentración demasiado alta en el agua, puede causar daño a los peces e incluso la muerte. En peces, esta reacción puede generar obstrucción branquial por acumulación de hidróxido de hierro, causando efectos subletales o mortalidad. El tiempo que demore en presentarse esta adherencia de hierro, va a depender del pH del agua y su temperatura.

En general los efectos que encontramos en ellos, son muy peligrosos gracias a que genera la pérdida de cultivos, cambia la alcalinidad de los sedimentos, causa la muerte de los ecosistemas acuáticos y contamina el agua. Si la contaminación es por un porcentaje considerable de metales. ciertos vegetales pueden sufrir grandes cambios, así como también pérdida de algunos suelos, lo cual provocará la disminución de la producción de las tierras, si se contamina de forma considerable, puede llegar a producir la pérdida total del suelo. En los ríos los más afectados son la fauna acuática. La gran problemática del ambiente por sustancias contaminantes, es que se forma de manera silenciosa y que generalmente se evidencia cuando los daños ya se han producido (Eróstegui, 2009).

2.2.12 Normas legales

- a) Ley N° 28611- Ley General del Medio Ambiente

Artículo 1°. - Del objetivo

Se encarga de ordenar las normas legales en gestión ambiental en el país. Ejecuta reglas importantes para un derecho ambiental saludable, equilibrado y correcto para la vida, también cumplir con una adecuada gestión ambiental y lograr cumplir un desarrollo sostenible en el Perú (Ley 28611, 2005).

Artículo 31°. - Del Estándar de Calidad Ambiental

El Estándar de Calidad Ambiental – ECA, cuya competencia es tener el control del nivel de concentraciones de los elementos físico, químico y biológico, que viven en el ambiente, con el propósito de tener el control de los riesgos más representativos de la población y el ambiente (D.S. N° 004-2017-MINAM, 2017).

Tabla 5.

Estándares de calidad ambiental de aguas superficiales destinadas a agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,02
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5

Nota: Tomado del Ministerio del Ambiente – MINAM, (D.S. N° 004-2017-MINAM, 2017).

Tabla 6.*Estándares de calidad ambiental de riego de vegetales y bebida de animales*

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		C2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	
Arsénico	mg/L		0,1	0,2
Bario	mg/L		0,7	**
Berilio	mg/L		0,1	0,1
Boro	mg/L		1	5
Cadmio	mg/L		0,01	0,05
Cobre	mg/L		0,2	0,5
Cobalto			0,05	1
Cromo total	mg/L		0,1	1
Hierro	mg/L		5	**
Litio			2,5	2,5
Magnesio			**	250
Manganeso	mg/L		0,2	0,2
Mercurio	mg/L		0,001	0,01
Níquel	mg/L		0,2	1
Plomo	mg/L		0,05	0,05
Selenio	mg/L		0,02	0,05
Zinc	mg/L		2	24

Nota: Tomado del Ministerio del Ambiente – MINAM, (D.S. N° 004-2017-MINAM, 2017).

Tabla 7.*Estándares de calidad ambiental de conservación del ambiente acuático*

Parámetros	Unidad de medida	A1 Lagunas	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	0,7	1	1
Cadmio disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081

Nota: Tomado del Ministerio del Ambiente – MINAM, (D.S. N° 004-2017-MINAM, 2017).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO, TIPO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Método de investigación

El método específico de investigación del estudio fue experimental con fundamento científico, ya que es un conjunto de procedimientos lógicos y bien definidos que utiliza la ciencia para producir conocimientos fiables (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014), el cual nos va a permitir evaluar la influencia de remoción del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*), mediante un sistema de tratamiento natural para aguas superficiales del Río Coralaque. El estudio establece experiencias para formular una hipótesis que a través del proceso científico, nos permitirá ratificarla.

Esta aproximación se vale de la lógica o razonamiento deductivo, que comienza con la teoría, y de esta se derivan expresiones lógicas denominada “hipótesis” que el investigado somete a prueba.

3.1.2 Alcance de la investigación

El tipo de investigación que se desarrolla en el presente estudio es de investigación aplicada (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014); debido a que se tiene muy en cuenta conocimiento de investigaciones previas del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) para llevarlo a práctica. El estudio permitirá recomendar un proceso de tratamiento de aguas contaminadas por metales en el Río Coralaque utilizando una macrófita que será evaluada.

3.1.3 Nivel de la investigación

El nivel de investigación que presenta el estudio es de investigación cuantitativo - descriptiva (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014), porque se basa en resultados numéricos que se obtendrán a través de las muestras de laboratorio que se realizarán y que servirá para un análisis estadístico, procesando los datos obtenidos, apoyándonos de estudios que se han realizado con anterioridad.

3.1.4 Diseño de la investigación

Diseño experimental puro con pre y postprueba, donde permite incluir una o dos variables dependientes e independientes (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014), la cual evaluará la influencia del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) en aguas superficiales del Río Coralaque antes y después de su aplicación de dichas macrófitas. La observación del tratamiento se hará en distintos días, empezando por el día 0 que es el análisis antes de la aplicación del tratamiento para luego ir haciendo el seguimiento a los 7, 17, 27, 37, 74 días de la aplicación de esta macrófita en sus respectivos recipientes.

La investigación tiene la siguiente estructura:

- **Variable independiente:** Cantidad de Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) (Unidades y gramos).
- **Variable dependiente:** Concentración de metales (mg/L y ppm).

R. G1 ... O1 ... X1 ... O2 ... X1 ... O3 ... X1 ... O4 ... X1 ... O5 ... X1 ... O6

R. G2 ... O1 ... X1 ... O2 ... X1 ... O3 ... X1 ... O4 ... X1 ... O5 ... X1 ... O6

R. G3 ... O1 ... X1 ... O2 ... X1 ... O3 ... X1 ... O4 ... X1 ... O5 ... X1 ... O6

R. G4 ... O1 ... -- ... O2 ... -- ... O3 ... -- ... O4 ... -- ... O5 ... -- ... O6

Donde:

G: Grupo

X1: Tratamiento con Macrófitas (*Eichhornia Crassipes*).

O1: Muestra antes del tratamiento.

O2: Muestra después de 7 días de tratamiento con *Eichhornia Crassipes*.

O3: Muestra después de 17 días de tratamiento con *Eichhornia Crassipes*.

O4: Muestra después de 27 días de tratamiento con *Eichhornia Crassipes*.

O5: Muestra después de 37 días de tratamiento con *Eichhornia Crassipes*.

O6: Muestra después de 74 días de tratamiento con *Eichhornia Crassipes*.

-: Ausencia de estímulo

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Ubicación

El Río Coralaque es una subcuenca de la cuenca del Río Tambo, es una de las que tiene, mayor aporte de agua subterránea y superficial. El Río Coralaque nace de la confluencia de los ríos Tigre y Titire, se ubica entre las coordenadas 8192000 y 8126500 norte, 310000 y 395000 este, políticamente pertenece a los distritos de Chojata, San Cristóbal y Carumas en las provincias de

General Sánchez Cerro y Mariscal Nieto de la Región Moquegua. Esta subcuenca tiene dirección preferencial al sureste a noroeste, con una longitud superior de 8 km. y una superficie aproximada 2542 km².

El clima de la subcuenca es semiseco, tienen una distribución irregular de las precipitaciones, debido a una estacionalidad hídrica anual que marca la época de lluvias, el periodo de mayor precipitación se presenta entre los meses de octubre a abril, donde cae el 94 % de la precipitación total, por lo tanto, la precipitación media anual es de 331,37 mm., con fluctuaciones de 0 a 660 mm. (SENAMHI, 2009).



Figura 11. Mapa situacional de la contaminación del Río Coralaque y Tambo.

Fuente: Elaboración propia – Google Earth – COEN.

Esta contaminación se ha manifestado desde el año 2016, por el color de sus aguas que a la fecha son de color amarillo – naranja intenso, originado por el arrastre de los residuos de material contaminante explotado por la mina que se ubica en la cabecera de la cuenca. A consecuencia de esta contaminación, se han afectado terrenos de cultivo y ganado vacuno de los pobladores del centro poblado de Santiago de Pachas, distrito de Chojata, provincia de General Sánchez Cerro.

Para llevar a cabo este trabajo, se ha seleccionado un punto de monitoreo para la recolección de agua con el fin de realizar el experimento y la toma de muestras, siguiendo con el criterio de ubicar el punto según las indicaciones tomadas por la municipalidad, ya que ellos conocen la zona que ha sido más afectada. El punto de muestreo para este estudio se ubica a 300 metros aguas arriba del

punto de muestreo del río Coralaque, que se encuentra ubicado en Pachas con las coordenadas: 16.53778065 S y 70.68228728 W.



Figura 12. Inicio hacia el punto de muestreo.



Figura 13. Punto de muestreo y extracción de agua para el experimento.

3.2.2 Población y muestra

3.2.2.1 Población

Las aguas del Río Coralaque, sirven para el consumo y desarrollo de actividades económicas como la agricultura, acuicultura y crianza de ganado de una población de 343 habitantes.

3.2.2.2 Muestra

Se tomarán 80 litros de agua del Río Coralaque en el tramo de Pachas, distrito de Chojata, para la ejecución del experimento. Se procederá a poner 4 recipientes de vidrio con 18 litros, en el cual colocaremos tres macrófitas de Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) aproximadamente de 50 gramos, en tres de las peceras y en la cuarta la dejamos en vacío.

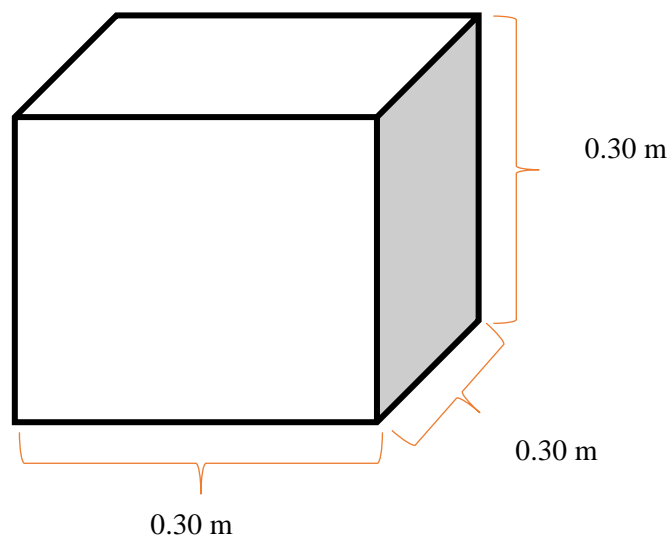
Características del diseño experimental.

Dimensiones del experimento.

- Largo del experimento: 2,15 m.
- Ancho del experimento: 1,25 m.
- Área total del experimento: 2 688 m²

Dimensiones cada tratamiento.

- Largo de tratamiento: 0,30 m.
- Alto de tratamiento: 0,30 m.
- Ancho de tratamiento: 0,30 m.
- Volumen de agua tratada: 18 litros
- Tratamiento: 1,00
- Número total de muestras: 18,00
- Numero de aireadores de peceras: 4,00



Para tal efecto se muestrearán en total en 18 veces, una in situ (RCORA01) y las otras en 4 puntos diferentes en un intervalo de tiempo de 7, 17, 27, 37 y 64 días:

- Punto 1: A 300 metros aguas arriba del Puente Coralaque, in situ. (RCORA01).
- Punto 2: Recipiente 1 (laboratorio) con 50 gr. de Eichhornia Crassipes. 5 muestras: RCORA02, RCORA05, RCORA08, RCORA11 y RCORA15.
- Punto 3: Recipiente 2 (laboratorio) con 50 gr. de Eichhornia Crassipes, 5 muestras (RCORA03, RCORA06, RCORA9, RCORA12 y RCORA 16).
- Punto 4: Recipiente 3 (laboratorio) con 50 gr. de Eichhornia Crassipes, 5 muestras (RCORA04, RCORA07, RCORA10, RCORA13 y RCORA 17).
- Punto 5: Recipiente 4 (laboratorio) vacío, 2 muestras (RCORA 14 y RCORA 18).

3.2.2.3 Técnica de recolección de datos

La técnica que se ha utilizado para la recolección de datos, es mediante la observación minuciosa y detalla por cada procedimiento a realizar en la tesis y tomas de muestras que se analizarán en un laboratorio certificado; se contó con fichas las cuales sirvieron para la recolección de datos cuantitativos y cualitativos, los cuales fueron obtenidos por la observación y las determinaciones analíticas de los laboratorios. Por último, se ha de utilizar un software Excel para así poder generar una base de datos que serán procesados y analizados.

En campo utilizamos el método de la observación, que consiste en ir a la zona de estudio y a través de un reconocimiento de campo ubicar la zona de toma de muestras y extracción de agua.

Método del monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de agua superficial.

Se siguió la metodología que establece el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, de fecha 11 de enero del 2016.

Los parámetros fisicoquímicos fueron medidos en campo, se han basado en lo dispuesto por la ANA (2016), y fueron medidos de acuerdo con la categoría del recurso hídrico.

Técnica de Espectrometría

Con el desarrollo de la tecnología y el surgimiento del plasma para su aplicación en química analítica en la determinación y especiación de metales, surgen las técnicas ICP-MS (Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente) e ICP-OES (Espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente). Las principales desventajas de estas técnicas son que es de alto costo de adquisición y mantenimiento, se pueden realizar análisis multielementales en un periodo corto de tiempo, en algunos equipos también se pueden realizar análisis cualitativos, se ha minimizado el volumen de muestra.

- ICP-OES

La instrumentación con plasma acoplado inductivamente (ICP), permite obtener límites de detección bajos, a concentraciones de $\mu\text{g L}^{-1}$ para algunos elementos. Presenta problemas de interferencia espectrales, ya que la introducción de muestra es ineficiente y así tienen problemas en detección dependiendo de la naturaleza de la muestra, por ello se recomienda algunas herramientas externas para la introducción de muestra. (Jaramillo y Flores, 2012).

Esta técnica se basa en un plasma altamente energético y eléctricamente neutro que esté compuesto por iones, electrones y partículas neutras, comúnmente de argón, el cual recibe la energía de un campo electromagnético de alta frecuencia o de una corriente continua, alcanzando una

temperatura de hasta 8,000 °K. Se ha convertido en una de las herramientas más importantes en el análisis de muestras para la cuantificación de metales (Rojas y Suyo, 2019).

- **ICP-MS**

Se inicia en un acoplamiento de método para generar iones (plasma acoplado inductivamente) y un método para separar y detectar los iones (espectrómetro de masas). La muestra, en forma líquida se transporta por medio de una bomba peristáltica hasta el sistema nebulizador, donde es transformada en aerosol gracias a la acción de gas argón. En el interior del plasma se pueden llegar a alcanzar temperaturas de hasta 8000 K. En estas condiciones, los átomos presentes en la muestra son ionizados (Ramos, Rodríguez y Martínez, 2007).

En el caso de ICP-MS los iones pasan al interior del filtro del cuadrupolo a través de una interfase de vacío creciente, allí son separados según su relación carga/masa. Cada una de las masas sintonizadas llegan al detector donde se evalúa su abundancia en la muestra (Valderrama, 1996).

3.2.2.4 Diagrama de flujo del proyecto

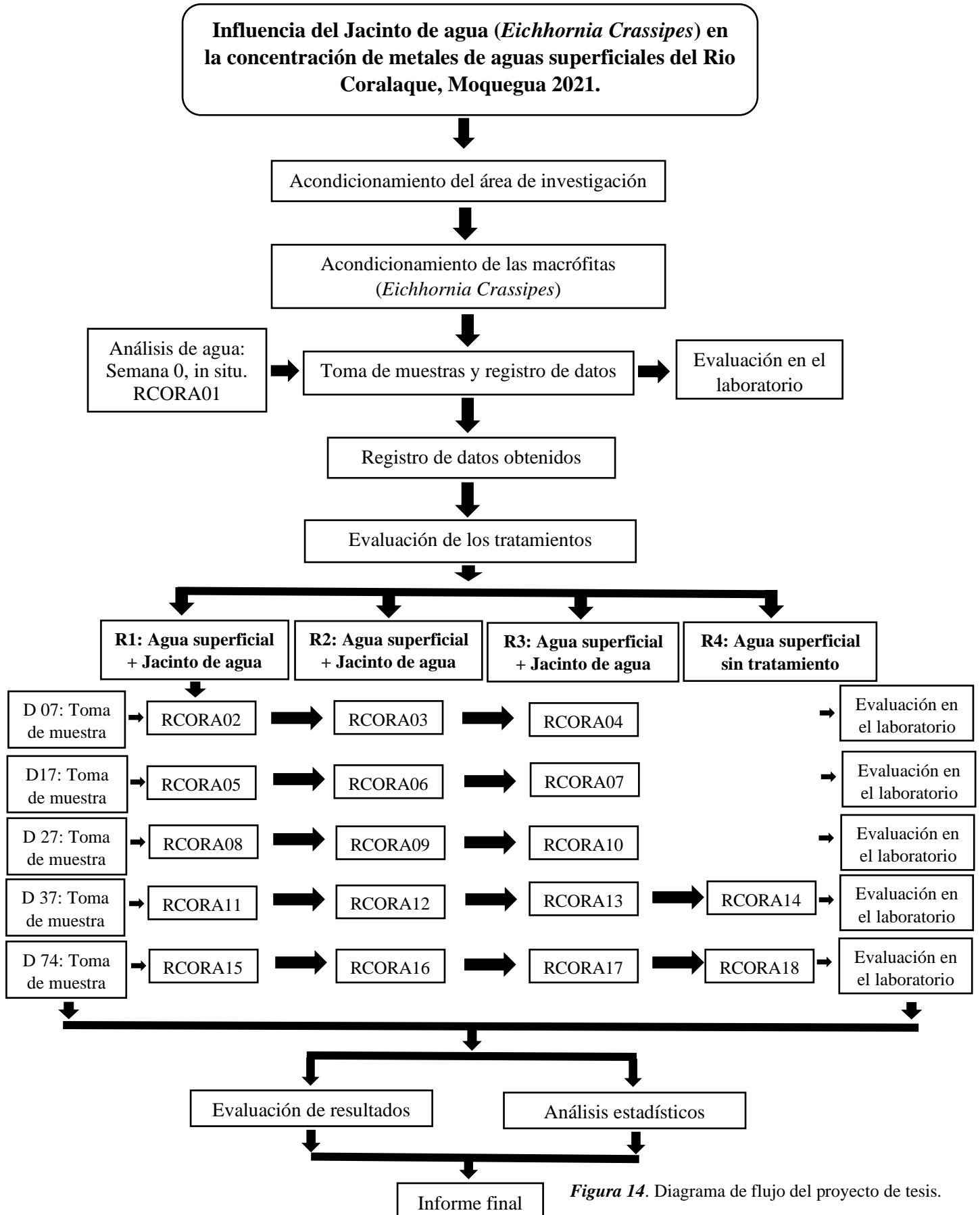


Figura 14. Diagrama de flujo del proyecto de tesis.

3.2.2.5 Instrumentos de recolección de datos

- Ficha de registro de datos de campo.
- Ficha de registro de datos en laboratorio.
- Ficha de control de muestras de laboratorio.
- Rótulos de muestras.
- Cadena de custodia.
- Informe de laboratorio.

3.2.2.6 Instrumentos de recolección de datos

Equipos:

- Balanza.
- Cámara fotográfica.
- Impresora Epson L455.
- 3 en 1 TDS multifuncional TDS EC PPM con Pantalla LCD.

Materiales

- 2 docenas de frascos para toma de muestras (Plástico de 1 litro).
- Cinta adhesiva.
- 1 rollo de papel film.
- 2 galones de 40 litros.
- Bolsas ziploc.
- 4 peceras de 30 cm. x 30 cm. x 30 cm.
- Tiras medidoras de pH.
- 1 frasco de vidrio.
- 1 jarra de un litro.
- 9 bidones de 20 litros de agua destilada.
- 1 caja de guantes.
- Materiales de escritorio.
- 1 caja de tecnopor.
- 8 preservantes para congelar.
- Gafas de seguridad.
- Mascarillas descartables.
- Guardapolvo y botas de seguridad

Reactivos.

- Ácido nítrico (HNO₃).

3.2.3 Metodología.

La metodología de la presente investigación consiste en 3 fases: visita exploratoria, visita de recolección de muestras e investigación experimental o de laboratorio

A. Fase preliminar.

En esta fase se realizó las siguientes actividades:

Se realizará el acondicionamiento de un lugar al aire libre dentro de una vivienda, donde se hará el desarrollo de la tesis, se ha considerado que este lugar tenga los siguientes requisitos: luz, ventilación, temperatura, rápido acceso y mayor facilidad de monitoreo.

Las plantas *Eichhornia crassipes* fueron trasladadas del sector del valle de Tacna, teniendo en cuenta la misma medida y peso. Se seleccionaron plantas nuevas, las cuales, debido a las necesidades nutritivas en su etapa de desarrollo, presentan una mayor capacidad depuradora, la selección se realizó en forma semicuantitativa, es decir, que se estandarizó en tamaño, peso y número de hojas, y se clasificaron según la longitud y tamaño de las raíces. Las plantas se acondicionaron en el lugar donde se realizó el experimento, en una cubeta con 15 litros de agua destilada, estas permanecerán por aproximadamente un mes, generando su reproducción y en algunos otros casos su muerte por el cambio de clima y calidad del agua.



Figura 15. Área de acondicionamiento de los macrófitos.



Figura 16. Recipientes acomodados en el área del experimento.

Esta etapa se cuenta con una instalación de cuatro estanques o peceras de vidrio de medidas 30 x 30 x 30 cm. en los cuales se depositará el agua a tratar.

Locación del Experimento: el área del experimento es en calle Samegua H-3 A2A, Samegua departamento de Moquegua.

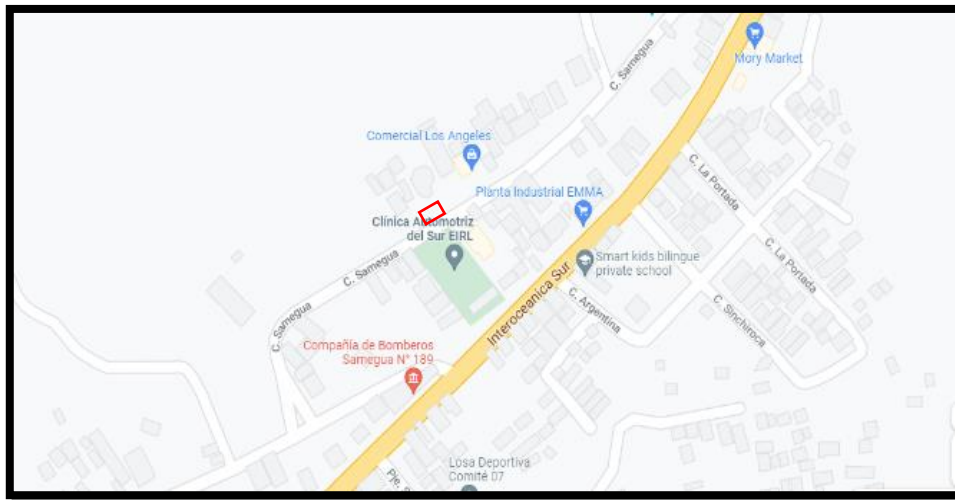


Figura 17. Ubicación del área donde se realiza el experimento.
Fuente: Elaboración propia – Google Earth.

a. Fase de visita exploratoria

Para la presente investigación, se consideró dos visitas al lugar de estudio las cuales fueron:

Visita exploratoria

La primera visita consistió en tener una reunión con los pobladores del centro poblado de Santiago de Pachas, la zona más afectada por dicha contaminación del río, en la cual aplicaremos un promedio de 30 encuestas para conocer la situación y la realidad en la cual se encuentran viviendo estos pobladores.

Para ellos se gestionó la reunión con el alcalde de la Municipalidad de Chojata, Prescelio Mamani Eugenio, el cual nos brindó la movilidad hacia el centro poblado que queda a unos 1 y 15 minutos de la Municipalidad de Chojata, por lo que partimos a las 8:30 am. del día 15 de junio del 2021, ya que la reunión programada era a las 10 am. en la plaza del centro poblado.

Se realizó una pequeña charla explicando el objetivo de la tesis, para que nos pueda ayudar con un poco de información sobre los efectos que les ha provocado y en que ha sido afectada su vida desde que se detectó esta problemática, luego se aplicaron las encuestas para sacar una opinión más sobre algunos temas que nos servirán para el proyecto de investigación.



Figura 18. Reunión con los pobladores del Centro Poblado de Santiago de Pachas.



Figura 19. Aplicación de las encuestas a los pobladores.

Visita de recolección de muestras.

Esta visita se realizó el 15 de junio del 2021 para la recolección de muestras, que son identificadas por algunas características atípicas, como es la coloración anormal del agua, la falta de vegetación acuática y falta de animales, para lo cual se preparó la indumentaria necesaria con anticipación, contando con todos los equipos calibrados y los envases que se utilizaran esterilizados.

Con la finalidad de prevenir algún accidente o daño personales, de los materiales y/o equipos de monitoreo, se deberán tomar en cuenta algunas consideraciones como son: los EPP necesarios para la actividad y la movilidad que nos trasladara hasta la zona del monitoreo.



Figura 20. Identificación del entorno donde se realizará el monitoreo (aguas color anaranjada lechosa).

Al llegar al lugar del muestreo se realizó el reconocimiento del entorno e indicamos las observaciones de registro de campo (Anexo 1), resaltando en las observaciones la coloración anormal del agua, la ausencia de vegetación acuática, ausencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.



Figura 21. Sedimentos en las orillas del río, color naranja con ausencia de vegetación.

Tabla 8.

Identificación de estaciones de muestreo de agua.

Pto.	Código de Identificación	Profundidad	Coordenadas		
			Sur	Oeste	Altitud
01	RCORA 01	15 - 20 cm	16.53778065	70.68228728	2321

Nota: Elaboración propia

Solicitante/cliente: Bach. Natalia Alejandra Maco Cano (Tesisista)
Nombre laboratorio: CERTIMIN
Código punto de monitoreo: RCORA 01
Tipo de cuerpo de agua: Agua Superficial
Fecha de muestreo: 23/07/21 Hora:
Muestreado por: Bach. Natalia Alejandra Maco Cano
Parámetro requerido: Metales Totales
Preservada: SI NO Tipo reactivo: HNO₃

Figura 22. Formato de rotulado y etiquetado de cada muestra de agua a enviar.

Se recomienda que el rotulado y el etiquetado sean antes de realizar la toma de muestras. La etiqueta de cada muestra de agua como mínimo debe contener los datos señalados en el Anexo 3.

Antes de iniciar con el muestreo, nos debemos poner nuestro equipo de protección personal (EPP).

Primero ubicaremos un punto donde exista fácil acceso, donde la corriente es homogénea y poco turbulenta. Para ello contaremos con todo nuestro equipo necesario a la mano para la medición.

Los parámetros que hemos medidos en campo son el pH, la conductividad, temperatura y sólidos totales disueltos para ello utilizamos el siguiente procedimiento:

- 1) La jarra de plástico esterilizada la enjuagaremos con el agua del punto de muestreo como un mínimo de tres veces antes de tomar la muestra para medir los parámetros de campo.
- 2) Luego procederemos a sumergir el recipiente a una profundidad aproximada de 20 a 30 cm. desde la superficie en dirección opuesta al flujo del río.
- 3) Una vez con la jarra con la muestra en nuestro recipiente de vidrio, como en el procedimiento anterior será enjuagado 3 veces antes de hacer la medición.



Figura 23. Extracción de la muestra para la medición de parámetros de campo.



Figura 24. Primer enjuague del recipiente de vidrio.

- 4) Con el equipo 3 en 1 (medidor de conductividad eléctrica, STD y temperatura), procederemos a meterlo hasta lo indicado en el equipo para luego registrar las mediciones en el formato de registro de datos de campo (Anexo 2).



Figura 25. Medición de parámetros con el equipo 3 en 1.

- 5) Una vez con la jarra y con la muestra en nuestro recipiente de vidrio, como en el procedimiento anterior será enjuagado 3 veces antes de hacer la medición.



Figura 26. Medición de pH con tiras reactivas (agua ácida).

- 6) Con las tiras de PRUEBA de pH, las sumergiremos en el agua por menos de 3 segundos para observar el color arrojado y poder comparar con la escala de pH.

Para la toma de muestras, se utilizará el procedimiento cuando la corriente del río es caudaloso o profundo y el muestreo será realizado desde la orilla. Para ello seguimos el siguiente procedimiento:

- 1) Para la toma de muestra se necesitará un frasco de 1 litro que este esterilizado y correctamente rotulado y etiquetado, retirar la tapa.
- 2) Extender el brazo del muestreador debidamente asegurado y sumergir la botella y proceder a su enjuague (por unas tres veces).
- 3) Sumergir la botella a una profundidad aproximada de 20 a 30 cm. desde la superficie en dirección opuesta al flujo del río.



Figura 27. Toma de la primera muestra de agua (RCORA01).

- 4) Recoger la muestra parcialmente llena de la botella, ya que los resultados del análisis en campo son que el agua tiene un pH ácido en la escala de 5, procederemos a echarle unas 2 gotas de ácido nítrico (HNO_3) hasta que llegue a una escala de 1 o 2 para su correcta preservación.



Figura 28. Dosificación de ácido nítrico HNO_3 .

Para la implementación del experimento que se realizará en el laboratorio, se ha procedido a la toma de 80 litros de agua del Río Coralaque, en dos galones de 40 litros de agua cada uno con tapa enroscable, la cual tiene presencia de metales pesados.

Primero se enjuagarán los galones 3 veces con el agua del río y luego se procederá a la recolección del agua contracorriente, sin llegar a tocar los sedimentos del fondo del río.



Figura 29. Recolección del agua para realizar el experimento.

Para enviar las dos galoneras de agua, se ha procedido a asegurarlas con papel film y enroscarlas, ya que es un trayecto accidentado y caótico de 6 horas, hasta el lugar donde se realizará el experimento



Figura 30. Empaquetado de galoneras para su transporte.



Figura 31. Traslado de las galoneras al área de experimento.

Fase de laboratorio.

Esta fase comienza el 22 de junio del 2021, donde comienza la construcción del prototipo de Fitorremediación, simulando en 4 recipientes diferentes el tratamiento del agua con metales pesados extraída del caudal del río Coralaque, para las cuales se proporcionó medidas experimentales y se implementó los siguientes procedimientos:

- 1) Nos debemos poner nuestro equipo de protección personal.
- 2) Se esterilizará la jarra medidora lavándola dos veces con agua destilada, para no contaminar el agua a tratar con agentes extraños.



Figura 32. Abrir y remover las aguas de los galones.

- 3) Los galones de agua serán abiertos cuidadosamente, procederemos a remover el agua con la jarra medidora y así poder extraer.
- 4) Extraer con la jarra medidora aproximadamente 1 litro para enjuagar cada pecera un mínimo de dos veces, botando el agua que se utilizó.



Figura 33. Enjuague de los cuatro recipientes con el agua de las galonerías.

- 5) Una vez enjuagados las cuatro peceras, se alimentarán estas peceras con 17 litros de agua cada una.



Figura 34. Medición y llenado de los recipientes.



Figura 35. Culminación de la alimentación de los cuatro recipientes.

Al día siguiente seguiremos con la introducción de las macrófitas flotantes a los prototipos de simulación de tratamiento de agua natural, se utilizó el método utilizado por Lucero (2009), que consistió en: Seleccionar las que tienen un color más verde.

- 1) Se procedió a pesar y medir cada una de las plantas y anotarlos en un registro elaborado por nosotros.
- 2) Agrupamos las plantas según su peso, lo cual obtuvimos 6 plantas de 15 gramos y 6 plantas de 10 gramos.



Figura 36. Hidrófitas seleccionadas de acuerdo con su peso.

- 3) Según nuestros cálculos cada pecera debe tener una dosificación de 50 gr., dos plantas de 15 gr. y 2 de 10 gr. La última pecera se quedará vacía para observar cuanto afecta el medio que lo rodea en los resultados.



Figura 37. Grupos de 50 gramos de hidrófitas *Eichhornia crassipes*.

- 4) Lavaremos cada hidrófita o macrófita con agua destilada antes de introducirla en cada recipiente.



Figura 38. Procedimiento de lavado de las macrófitas *Eichhornia crassipes*.



Figura 39. Introducción de las macrófitas *Eichhornia crassipes*.

- 5) Procederemos a etiquetar cada recipiente para tener un control detallado del avance de cada pecera y con corrector señalamos la altura de cada pecera.



Figura 40. Resultado final del prototipo de tratamiento de agua natural.

Toma de muestras

La toma de muestras en el laboratorio se realizó en recipientes de plástico de 1 litro de primer uso, para evitar una posible contaminación de la muestra con materiales orgánicos e inorgánicos. Se debe analizar los metales totales de cada muestra

Una vez llevado 7 días del comienzo de la fase experimental del proyecto, se deberá tomar muestras de agua tratada con Fitorremediación, con la macrófita *Eichhornia Crassipes*, se siguió el mismo protocolo de seguridad y toma de muestras que serán descritos a continuación para determinar los objetivos:

- 1) Ordenaremos y lavaremos todos nuestros materiales con agua destilada dos veces contando con nuestros equipos de medición a la mano.



Figura 41. Lavado de materiales con agua destilada.

- 2) Rotularemos, etiquetaremos los envases para ser enviados al laboratorio.



Figura 42. Etiquetado de envases para el envío de las muestras.

- 3) Empezaremos con la primera pecera removiendo el agua para proceder a sacar una pequeña muestra en el recipiente de vidrio.



Figura 43. Muestra extraída para la medición de parámetros de laboratorio.



Figura 44. Medición de pH con tiras reactivas en laboratorio.

- 4) Se medirá el pH con las tiras reactivas sumergiéndolas por 3 segundos para luego ubicar en la escala de colores los resultados.
- 5) Se procederá con el equipo 3 en 1 a tomar las lecturas de la conductividad eléctrica, sólidos totales suspendidos y temperatura, sumergiendo el equipo esta lo indicado. Una vez culminada la medición, la parte sumergida del equipo debe ser lavada con agua destilada para la siguiente medición.
- 6) Se anotará los resultados en la hoja de laboratorio (Anexo 3).
- 7) Tomamos una jarra de un litro, y procedemos a remover el agua de la pecera. Se enjuagará el envase de plástico dos veces para evitar algún tipo de contaminación y por último tomaremos aproximadamente 20 ml. de agua.



Figura 45. Medición de CE y TDS en laboratorio.



Figura 46. Lavado del envase para evitar la contaminación de la muestra.

- 8) Con esta jarra medimos 500 ml. de agua, la vertimos en el recipiente de plástico previamente rotulado y lo tapamos sin enroscar.



Figura 47. Toma de muestras para ser enviadas al laboratorio.

Plan de muestreo

Este plan contiene las fechas de los muestreos que se han realizado al agua tratada antes y después de ingresar al sistema de tratamiento con macrófitas.

Tabla 9.

Plan de muestreo de agua tratada antes, durante y después de su tratamiento.

FECHA	DÍA	ESTACIÓN DE MUESTREO (LABORATORIO)			
		Agua superficial +	Agua superficial +	Agua superficial +	Agua superficial sin tratamiento
		Jacinto de agua	Jacinto de agua	Jacinto de agua	R4
		R1	R2	R3	
03/07/2021	07	X	X	X	
12/07/2021	17	X	X	X	
23/07/2021	27	X	X	X	
03/08/2021	37	X	X	X	X
06/09/2021	74	X	X	X	X

Nota: Elaboración propia.

Para la segunda toma de muestras que fue a partir del día 15 donde hemos notado que las macrófitas se han ido secando y hubo una decoloración en las raíces, observamos que, por la disminución del volumen de agua, por evaporación y absorción de las macrófitas, la concentración de metales es mayor en un volumen menor de agua a tratar, siendo esto un cambio radical y perjudicial para la planta.



Figura 48. Disminución del volumen de agua y muerte progresiva de la planta.



Figura 49. Decoloración de las raíces de macrófitas.

Para la toma de muestras asignada en los distintos días de tratamiento de la planta, el volumen de agua debe ser restaurado, por ello con ayuda del agua destilada procederemos a rellenar las peceras hasta lo indicado el primer día que se empezó el tratamiento, tomando notas de cuantos litros hemos tenido que introducir en cada pecera para llegar al volumen deseado.

Tabla 10.

Plan de restauración de volumen de agua a los tratamientos.

FECHA	DÍA	VOLUMEN DE RESTAURACIÓN (LITROS)			
		R1	R2	R3	R4
12/07/2021	17	9.5	10.5	11	8
23/07/2021	27	7.5	6.5	4.5	3
03/08/2021	37	10	11.5	.5	6
06/09/2021	74	12.5	11	13	9

Nota: Elaboración propia.



Figura 50. Medición de la restauración de agua al tratamiento.

3.2.3.1 Etiquetado y preservación de las muestras

Para el etiquetado de las muestras se consideraron los siguientes datos: solicitante, nombre del laboratorio, código de punto de muestreo, fecha, hora, parámetro requerido y preservación (Anexo 4). Las muestras recolectadas requieren del uso de un preservante como es el ácido nítrico HNO_3 para acidificar la muestra, echándoles 3 gotas de la solución y tomando con las tiras reactivas el pH hasta llegar en la escala a 1.

Estas muestras según la tabla de conservación y preservación de muestras de agua del Protocolo nacional de ácido nítrico HNO_3 para acidificar la muestra echándoles 3 gotas de la solución y tomando con las tiras reactivas el pH hasta llegar en la escala a 1.

Estas muestras según la tabla de conservación y preservación de muestras de agua del Protocolo monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, nos muestra que tienen una perecibilidad de un alrededor de 1 a 6 meses según el metal que corresponda.



Figura 51. Procedimiento de la preservación de las muestras con HNO_3

3.2.3.2 Transporte de muestras.

Para el transporte de las muestras los frascos se almacenaron en cajas térmicas, asegurando cada botella enviada con papel film para evitar derrames.

Para la conservación de las muestras recolectadas, deberán acondicionar las cajas térmicas bajo un adecuado sistema de enfriamiento (5°C) utilizando hielos en bolsas herméticas, estas cajas serán trasladadas desde la ciudad de Moquegua a Lima donde queda ubicado el laboratorio, para ellos la caja térmica estará sellada de forma que pueda asegurar la integridad de la muestra.



Figura 52. Procedimiento del empaquetado de las muestras para el transporte.

3.2.3.3 Cadena de Custodia

Para la recolección de datos se utilizó Cadena de Custodia proporcionada por el protocolo antes mencionado. En las cuales se configuraron los siguientes datos: código de número de custodia, código de campo, código de muestra, envase, tipo de preservación, etc. (Anexo 5).

3.2.3.4 Laboratorio

Para validar la hipótesis de las muestras tomadas en campo, fueron enviadas a un laboratorio acreditado por INACAL, ubicado en Lima llamado CERTIMIN para su respectivo análisis y determinación de los niveles concentración de metales totales en las aguas superficiales tratadas con la macrófita *Echhornia crassipes* antes, durante y después del tratamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADO

4.1.1 Resultados de la concentración de metales en aguas superficiales del Río Coralaque.

A continuación, según el Informe de Ensayo N° JUL1012.R21 emitido por el laboratorio CERTIMIN S.A. de la sede de Lima con la cadena de custodia N° 1130-21/CERTIMIN. En el RCORA01 dan a conocer los resultados de la concentración de metales encontradas en las aguas superficiales del Río Coralaque contaminado por los Drenajes Ácidos mineros de la empresa ARUNTANI SAC. Las quebradas Apostolini y Margaritani se encuentran contaminadas con 9 metales detectados en estudios anteriores donde superan las ECAS de agua.

Con respecto al análisis de agua por metales totales mediante el método EPA 200.8 Rev. 5.4.1994. Determinando oligoelementos en aguas y residuos por inducción de plasma espectrometría de masas (ICP-MS), en la primera muestra a analizar (in situ).

Tabla 11.

Concentración de metales de las muestras in situ, selección de metales con altas concentraciones.

PARÁMETRO	RCORA 01
As(t) mg/L (0.0001)	0.0513
B(t) mg/L (0.004)	7.433
Cu(t) mg/L (0.0001)	0.2545
Fe(t) mg/L (0.01)	4.64
Li(t) mg/L (0.0006)	3.6757
Mn(t) mg/L (0.00005)	1.72451
Ni(t) mg/L (0.0005)	0.0868
P(t) mg/L (0.001)	0.35
Zn(t) mg/L (0.001)	0.506

Nota: Elaboración propia.

4.1.2 Determinación de concentración de metales después de la aplicación del Jacinto de agua.

Con respecto al análisis de agua por metales totales a partir de la segunda muestra mediante el método EPA 200.7 Rev. 4.4.1994. Determinación de metales y oligoelementos en aguas y residuos por plasma atómico acoplado inductivamente. Espectrometría de emisión (ICP-OES). Se ha determinado hacer diferentes monitoreos de agua para determinar la variación en las concentraciones de los distintos metales después de la aplicación del tratamiento de agua natural con el Jacinto de Agua (*Eichhornia Crassipes*).

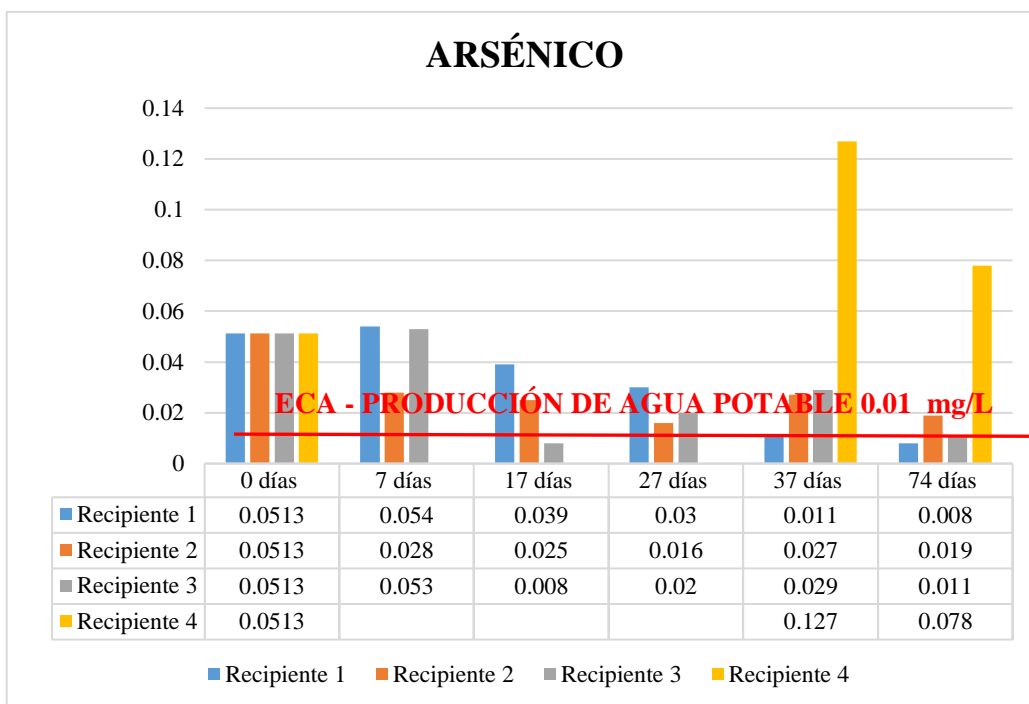


Figura 53. Concentración de arsénico después de la aplicación del Jacinto de Agua.
Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura 53, que corresponde a la aplicación del Jacinto de Agua, se evidencia la muestra inicial de agua (in situ) del río Coralque en el Centro Poblado de Pachas distrito de Chojata que tiene una concentración de 0.0513 (mg/l) de Arsénico. Después de la aplicación del tratamiento natural con Macrófitas *Eichhornia Crassipes* tiene una concentración menor de 0.11 (mg/l) Arsénico, observando una reducción considerable de las concentraciones de mineral de un 84.41 % en el primer recipiente, 62.96 % en el segundo, 78.36 % en el tercero; en el último recipiente se ve un aumento de 52.05 %, dicho recipiente no cuenta con la aplicación del Jacinto de Agua por lo que se considera que el As actúa diferentes zonas húmedas y secas o medios reductores y oxidantes. Al finalizar el tratamiento, podemos observar una disminución considerable en los recipientes con la influencia de la macrófita, logrando así que el primer recipiente se encuentre bajo las ECAS de Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (0.01 mg/l) según lo dispuesto en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

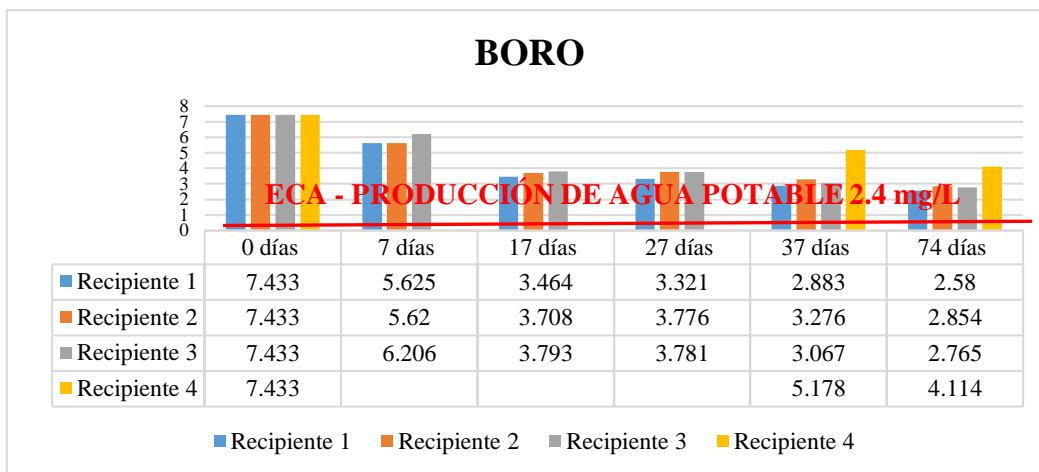


Figura 54. Concentración de boro después de la aplicación del Jacinto de Agua.
Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura 54, que corresponde a la aplicación del Jacinto de Agua, se evidencia la muestra inicial de agua (in situ) del río Coralaque en el Centro Poblado de Pachas distrito de Chojata tiene una concentración de 7.433 (mg/l) de Boro. Después de la aplicación del tratamiento natural con Macrófitas *Eichhornia Crassipes* tiene una concentración de menor de 2.58 (mg/l) de Boro, observando una reducción considerable de las concentraciones de mineral de un 65.29 % en el primer recipiente, 61.47 % en el segundo y 62.80 % en el tercero; en el último recipiente se ve una reducción de 49.65 %, dicho recipiente no cuenta con la aplicación del tratamiento, por lo que se considera que se da esta disminución por factores externos a él. Al finalizar el tratamiento podemos observar una disminución considerable con dicha influencia, las concentraciones aún se encuentran por encima de las ECAS de Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (2.4 mg/l) según lo dispuesto en el D.S.

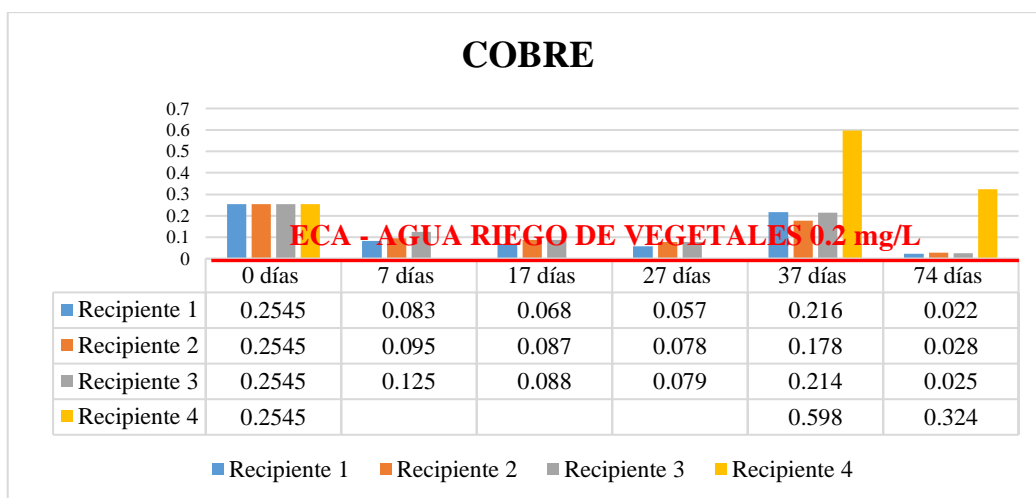


Figura 55. Concentración de cobre después de la aplicación del Jacinto de Agua.
Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura 55, que corresponde a la aplicación del Jacinto de Agua, se evidencia la muestra inicial de agua (in situ) del río Coralaque en el Centro Poblado de Pachas distrito de Chojata tiene una concentración de 0.2545 (mg/l) de Cobre. Después de la aplicación del tratamiento natural con Macrófitas *Eichhornia Crassipes* tiene una concentración menor 0.022 (mg/l) de Cobre, observando una reducción considerable de las concentraciones de mineral de un 91.36 % en el primer recipiente, 88.998 % en el segundo, 90.18 % en el tercero; en el último recipiente se ve una disminución mínima de 27.31 %, dicho recipiente no cuenta con la aplicación del tratamiento por lo que se considera que se da esta disminución por factores externos a él. Al finalizar el tratamiento podemos observar una disminución considerable en los recipientes con la influencia de la macrófita, logrando así que todos los recipientes con la influencia del tratamiento se encuentren bajo las ECAS de Aguas superficiales destinadas al riego vegetal (0.02 mg/l) según lo dispuesto en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

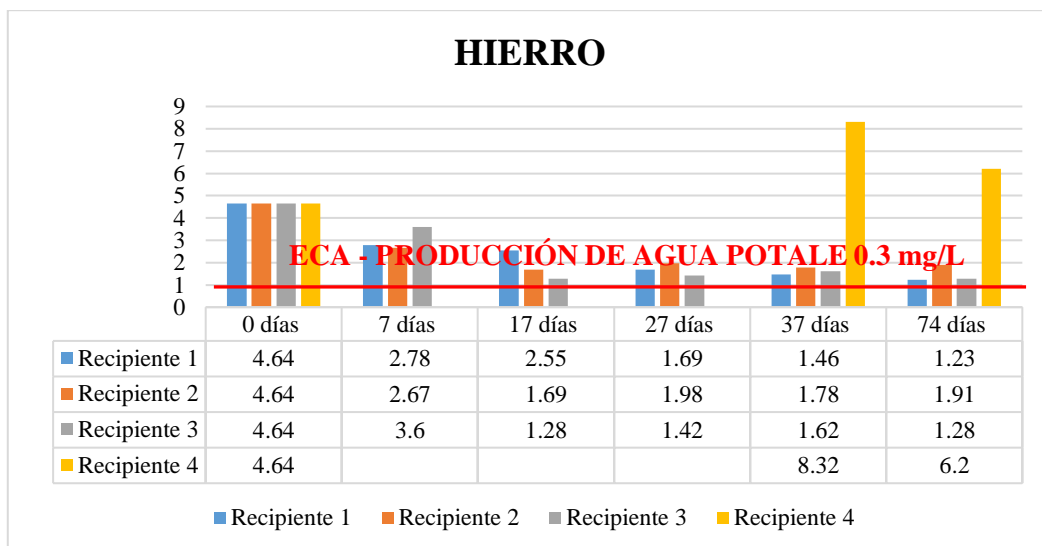


Figura 56. Concentración de hierro después de la aplicación del Jacinto de Agua.
Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura 56, que corresponde a la aplicación del Jacinto de Agua, se evidencia la muestra inicial de agua (in situ) del río Coralaque en el Centro Poblado de Pachas distrito de Chojata tiene una concentración de 4.64 (mg/l) de Hierro. Después de la aplicación del tratamiento natural con Macrófitas *Eichhornia Crassipes* tiene una concentración menor de 1.23 (mg/l) Hierro, observando una reducción considerable de las concentraciones de mineral de un 73.49 % en el primer recipiente, 58.84 % en el segundo, 72.41 % en el tercero; en el último recipiente se ve un aumento de 33.62 %, dicho recipiente no cuenta con la aplicación del tratamiento por lo que se considera que se da estos cambios de aumento por factores externos del tratamiento. Al finalizar el tratamiento podemos observar una disminución considerable con dicha influencia, las concentraciones aún se encuentran por encima de las ECAS de Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (0.3 mg/l)

según lo dispuesto en el D.S. N° 004-2017-MINAM., viendo que con la reproducción de la macrófita y el desecho de las anteriores se puede remover dicho metal.

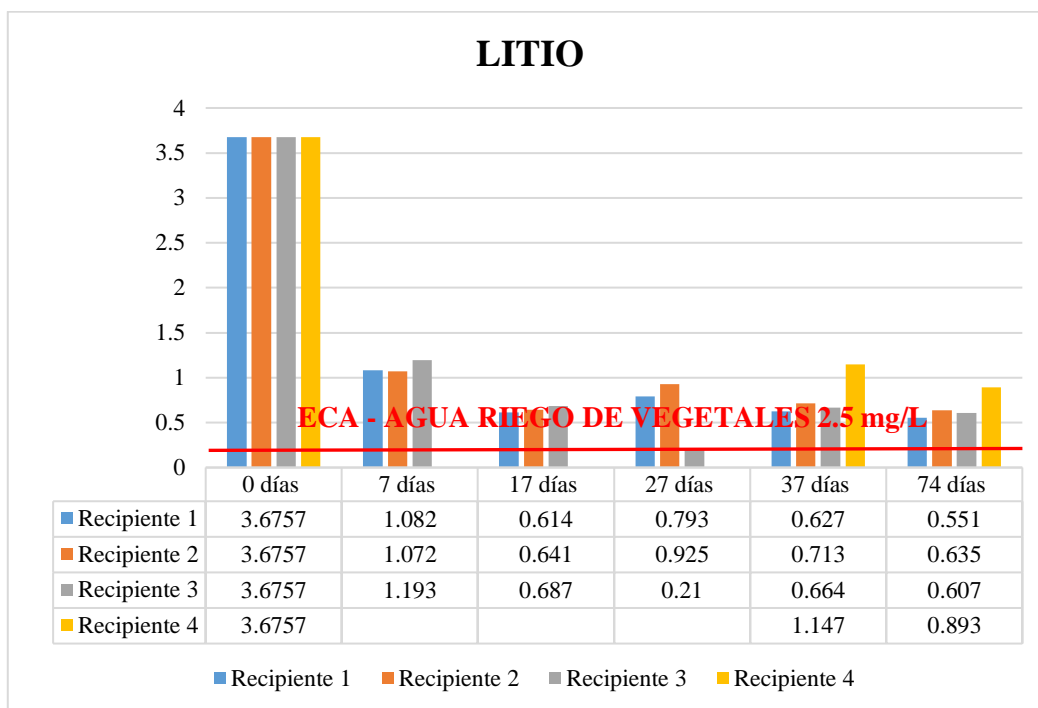


Figura 57. Concentración de litio después de la aplicación del Jacinto de Agua.
Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura 57, que corresponde a la aplicación del Jacinto de Agua, se evidencia la muestra inicial de agua (in situ) del río Coralaque en el Centro Poblado de Pachas distrito de Chojata tiene una concentración de 3.6757 (mg/l) de Litio. Después de la aplicación del tratamiento natural con Macrófitas *Eichhornia Crassipes* tiene una concentración menor de 0.21 (mg/l) litio que se dan a los 37 días de tratamiento en el recipiente 3, observando una reducción considerable de las concentraciones de mineral de un 85.01 % en el primer recipiente, 82.72 % en el segundo, 83.49 % en el tercero; en el último recipiente se ve una disminución de 75.71 %, dicho recipiente no cuenta con la aplicación del tratamiento por lo que se considera que se da estos cambios de aumento por factores externos del tratamiento como son la evaporación del agua. Al finalizar el tratamiento podemos observar una disminución considerable con dicha influencia, las concentraciones se encuentran por debajo de las ECAS de Aguas superficiales destinadas al riego de vegetales (2.5 mg/l) según lo dispuesto en el D.S. N° 004-2017-MINAM. El Litio es considerado como el oro blanco para la fabricación de baterías, también es utilizado por distintos tratamientos psiquiátricos lo que puede ser de beneficio para la población al ser comercializado.

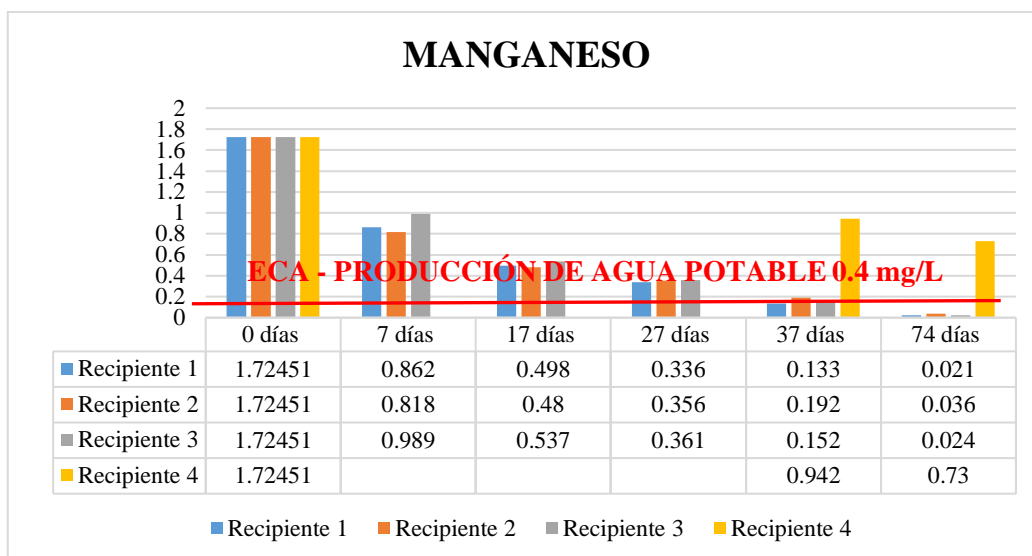


Figura 58. Concentración del manganeso después de la aplicación del Jacinto de Agua.
Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura 58, que corresponde a la aplicación del Jacinto de Agua, se evidencia la muestra inicial de agua (in situ) del río Coralaque en el Centro Poblado de Pachas distrito de Chojata tiene una concentración de 1.72451 (mg/l) de Manganeso. Después de la aplicación del tratamiento natural con Macrófitas *Eichhornia Crassipes* tiene una concentración menor de 0.021 (mg/l) Manganeso, observando una reducción considerable de las concentraciones de mineral de un 98.78 % en el primer recipiente, 97.91 % en el segundo, 98.61 % en el tercero; en el último recipiente se ve una disminución de 57.67 %, dicho recipiente no cuenta con la aplicación del tratamiento por lo que se considera que se da estos cambios de aumento por factores externos del tratamiento. Al finalizar el tratamiento podemos observar una disminución considerable con dicha influencia, las concentraciones se encuentran por debajo de las ECAS de Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (0.4 mg/l) según lo dispuesto en el D.S. N° 004-2017-MINAM., viendo que con la reproducción de la macrófita y el desecho de las anteriores se puede remover dicho metal.

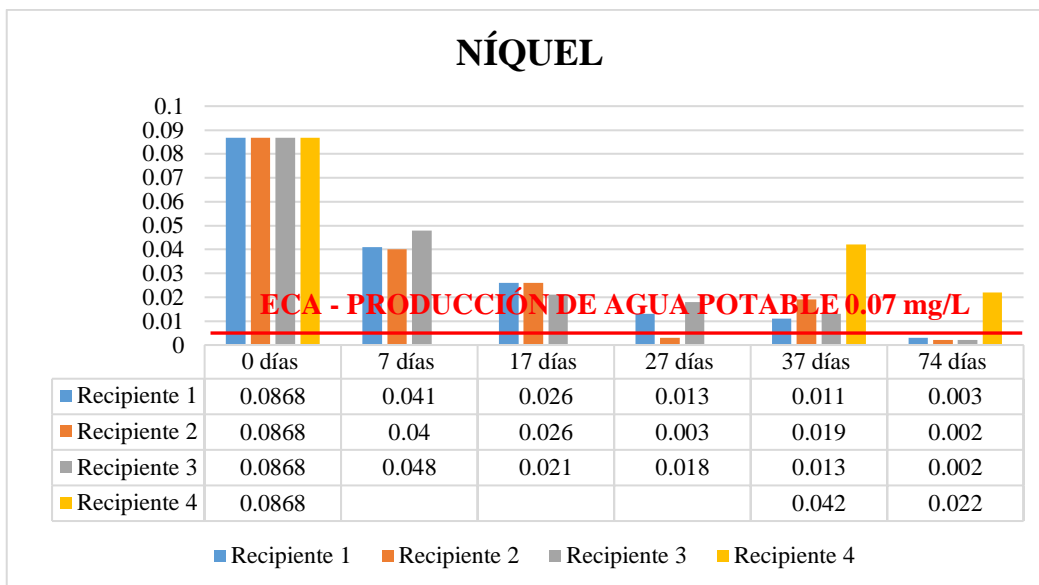


Figura 59. Concentración de níquel después de la aplicación del Jacinto de Agua.
Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura 59, que corresponde a la aplicación del Jacinto de Agua, se evidencia la muestra inicial de agua (in situ) del río Coralque en el Centro Poblado de Pachas distrito de Chojata tiene una concentración de 0.0868 (mg/l) de Níquel. Después de la aplicación del tratamiento natural con Macrófitas *Eichhornia Crassipes* tiene una concentración menor de 0.002 (mg/l) Níquel, observando una reducción considerable de las concentraciones de mineral de un 96.54 % en el primer recipiente, más de 97.7 % en el segundo, más de 97.7 % en el tercero; en el último recipiente se ve una disminución de 74.65 %, dicho recipiente no cuenta con la aplicación del tratamiento por lo que se considera que se da estos cambios de aumento por factores externos del tratamiento como son la evaporación del agua. Al finalizar el tratamiento podemos observar una disminución considerable con dicha influencia, las concentraciones se encuentran por debajo de las ECAS de Aguas superficiales destinadas para la producción de agua potable (0.07 mg/l) según lo dispuesto en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

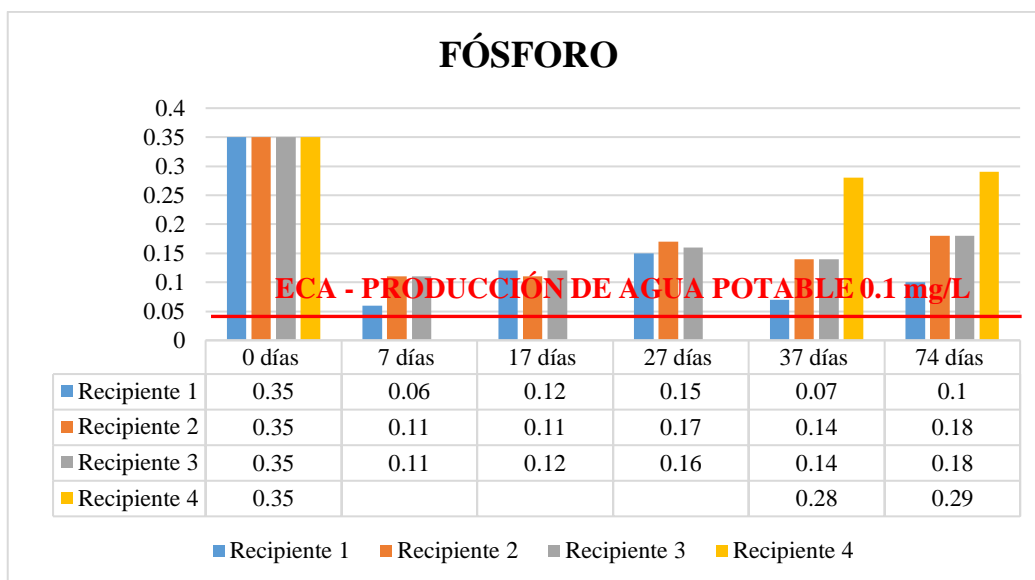


Figura 60. Concentración del fósforo después de la aplicación del Jacinto de Agua.
Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura 60, que corresponde a la aplicación del Jacinto de Agua, se evidencia la muestra inicial de agua (in situ) del río Coralque en el Centro Poblado de Pachas distrito de Chojata tiene una concentración de 0.35 (mg/l) de Fósforo. Después de la aplicación del tratamiento natural con Macrófitas *Eichhornia Crassipes* tiene una concentración menor de 0.06 (mg/l) Fósforo, observando una reducción considerable de las concentraciones de mineral de un 71.93 % en el primer recipiente, de 48.57 % en el segundo, de 48.57 % en el tercero; en el último recipiente se ve una disminución de 17.19 %, dicho recipiente no cuenta con la aplicación del tratamiento por lo que se considera que se da estos cambios de aumento por factores externos del tratamiento. Al finalizar el tratamiento podemos observar una disminución considerable con dicha influencia, las concentraciones aun encuentran por arriba de las ECAS de Aguas superficiales destinadas para la producción de agua potable (0.1 mg/l) según lo dispuesto en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

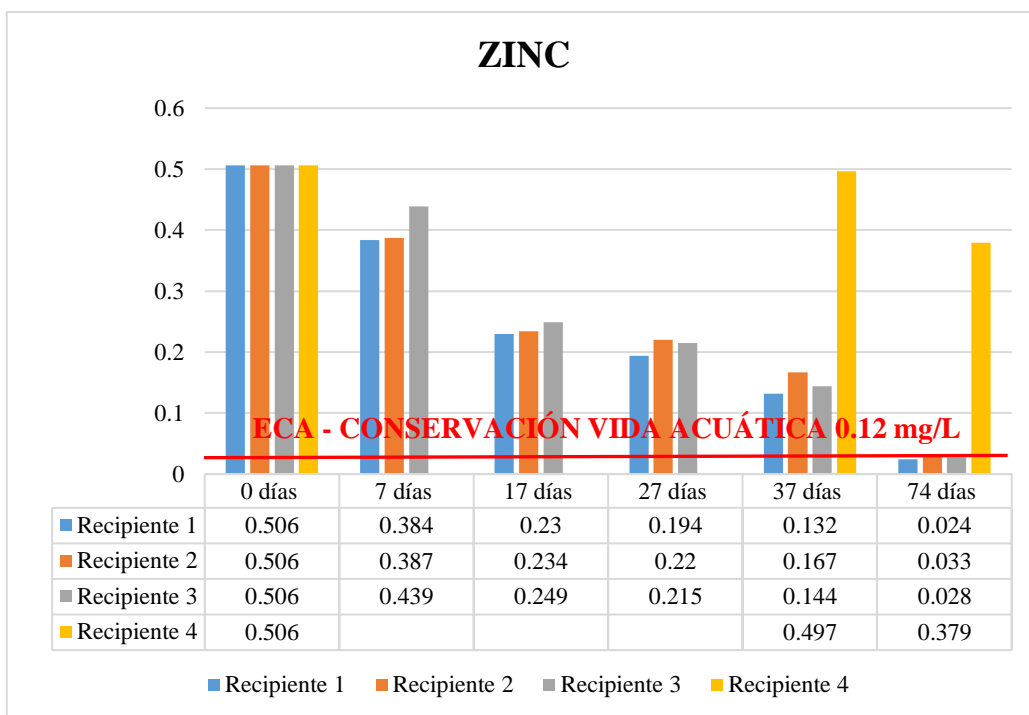


Figura 61. Concentración de zinc después de la aplicación del Jacinto de Agua.
Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura 61, que corresponde a la aplicación del Jacinto de Agua, se evidencia la muestra inicial de agua (in situ) del río Coralaque en el Centro Poblado de Pachas distrito de Chojata tiene una concentración de 0.506 (mg/l) de Zinc. Después de la aplicación del tratamiento natural con Macrófitas *Eichhornia Crassipes* tiene una concentración menor de 0.024 (mg/l) Zinc, observando una reducción considerable de las concentraciones de mineral de un 95.26 % en el primer recipiente, de 93.48 % en el segundo, de 94.47 % en el tercero; en el último recipiente se ve una disminución de 25.1 %, dicho recipiente no cuenta con la aplicación del tratamiento por lo que se considera que se da estos cambios de aumento por factores externos del tratamiento. Al finalizar el tratamiento podemos observar una disminución considerable con dicha influencia, las concentraciones se encuentran por debajo de las ECAS de Aguas superficiales destinadas a la conservación de vida acuática (0.12 mg/l) según lo dispuesto en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

4.1.3 Cambios físicos analizados en la aplicación del Jacinto de Agua

Temperatura.

Tabla 12.

Valores de temperatura durante la realización del experimento.

Fecha de muestreo	Temperatura				
	03-07-21	12-07-21	23-07-21	03-08-21	06-09-21
RECIPIENTE 01	25.4	23.3	24.2	25.5	25.5
RECIPIENTE 02	26.4	23.3	25.1	25.8	24.6
RECIPIENTE 03	27.0	23.3	24.6	25.9	24.3
RECIPIENTE 04	28.2	23.2	24.2	25.7	24.0

Nota: Elaboración propia.

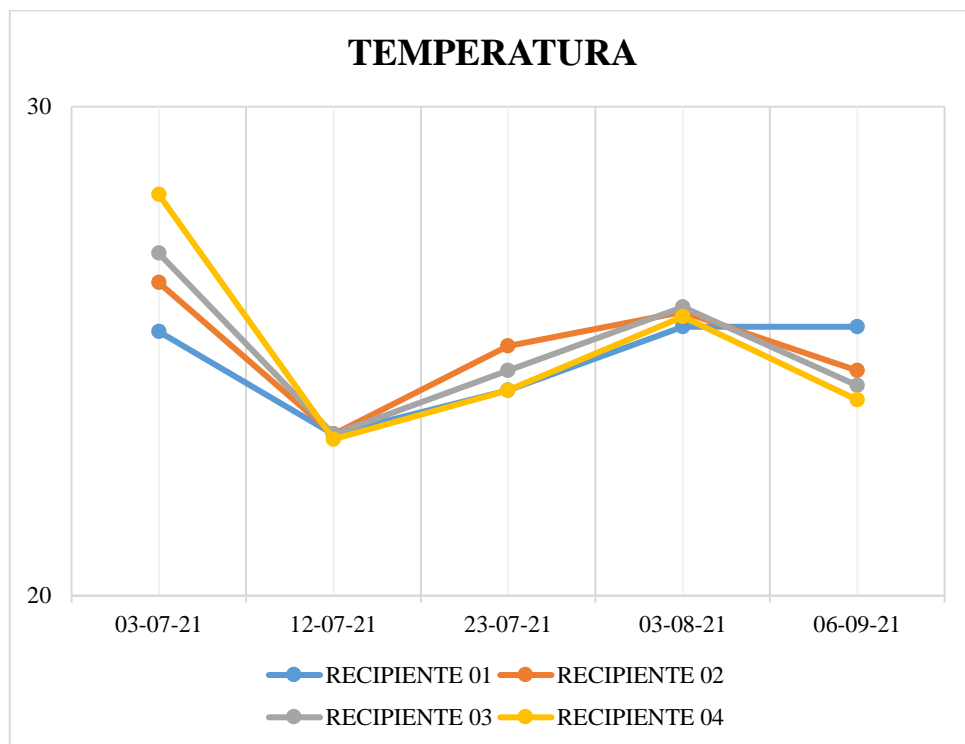


Figura 62. Valores de temperatura durante la realización del experimento.
Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 62, se presenta una ligera variación de la temperatura fluctuando en un rango entre 23.2 C° y 28.2 C° considerando los picos de temperatura durante el periodo de monitoreo, siendo temperaturas un poco elevadas pero aceptables en el agua usada en el tratamiento encontrándose dentro de un rango especificados por algunos autores citados, en la primera semana

de tratamiento nos arroja las temperaturas más altas durante el periodo de monitoreo, coincidiendo con los mayores valores de remoción, esto se ve estrechamente relacionado con estudios previos y la literatura citada, lo que indica que a mayores temperaturas se da mayores procesos de remoción, la velocidad de la depuración aumenta con la temperatura.

Conductividad eléctrica

Tabla 13.

Valores de CE durante la realización del experimento.

Fecha de muestreo	Conductividad eléctrica (uS/cm)				
	03-07-21	12-07-21	23-07-21	03-08-21	06-09-21
RECIPIENTE 01	3 468	2 452	2 661	2 520	2 080
RECIPIENTE 02	3 670	2 723	2 997	2 640	2 203
RECIPIENTE 03	3 944	2 611	3 008	2 245	2 124
RECIPIENTE 04	3 700	2 953	3 570	2 968	2381

Nota: Elaboración propia.

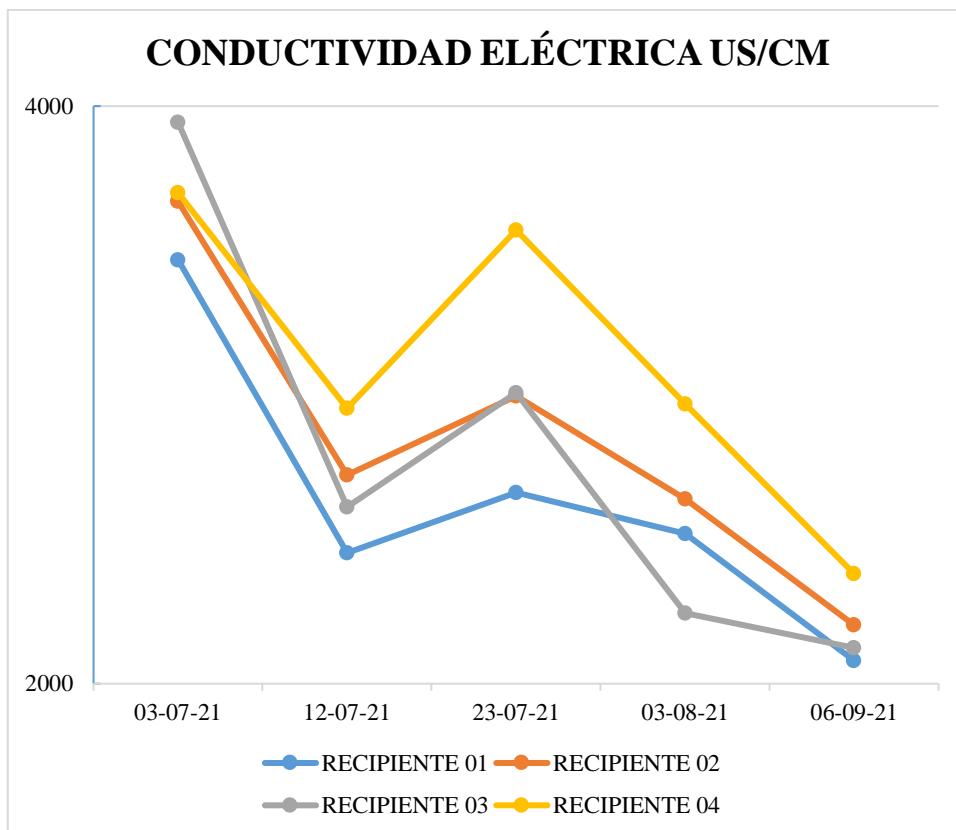


Figura 63. Valores de CE durante la realización del experimento.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 63, se presenta una disminución considerable en la conductividad eléctrica del agua a tratar, fluctuando de un rango de 3944 uS/cm. a 2080 uS/cm. siendo considerados así los picos del gráfico mostrado, dados durante el tiempo de monitoreo. Las aguas contaminadas generalmente tienen tendencia a presentar niveles altos de iones, cuanto más minerales disueltos contengan. Hay una relación directa entre conductividad y sólidos disueltos.

Ph

Tabla 14.

Valores de pH obtenidos durante la realización del experimento.

Fecha de muestreo	pH				
	03-07-21	12-07-21	23-07-21	03-08-21	06-09-21
RECIPIENTE 01	6	6	6	7	7
RECIPIENTE 02	6	6	6	7	7
RECIPIENTE 03	6	6	6	7	7
RECIPIENTE 04	5	5	6	7	7

Nota: Elaboración propia.

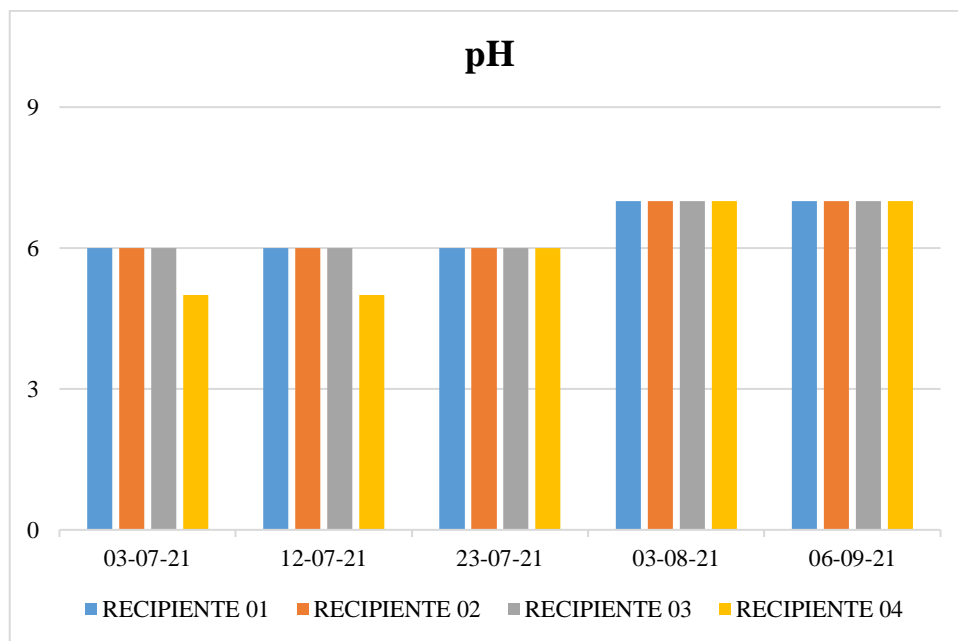


Figura 64. Valores de pH durante la realización del experimento.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 64, se muestran ligeras variaciones de pH encontrándose dentro del rango de 5 y 7 registrados durante el periodo de monitoreo, los cuales son considerados ligeramente en alcalinos,

siendo valores óptimos y aceptables en procesos biológicos de tratamiento de agua, coincidiendo con la bibliografía antes citada.

Los elementos inorgánicos comunes en las aguas residuales, incluyen cloruros e iones de hidrógeno que influyen en la acidificación y compuestos que causan alcalinidad está el nitrógeno, fósforo y azufre. La descomposición de materia o ácidos orgánicos aportan a la disminución de pH.

Sólidos Totales (ppm)

Tabla 15.

Valores de Sólidos totales obtenidos durante la realización del experimento.

Fecha de muestreo	Sólidos Totales (ppm)				
	03-07-21	12-07-21	23-07-21	03-08-21	06-09-21
RECIPIENTE 01	1734	1226	1330	1260	1040
RECIPIENTE 02	1835	1361	1367	1241	1106
RECIPIENTE 03	1972	1356	1504	1124	1062
RECIPIENTE 04	1850	1476	1785	1628	1193

Nota: Elaboración propia.

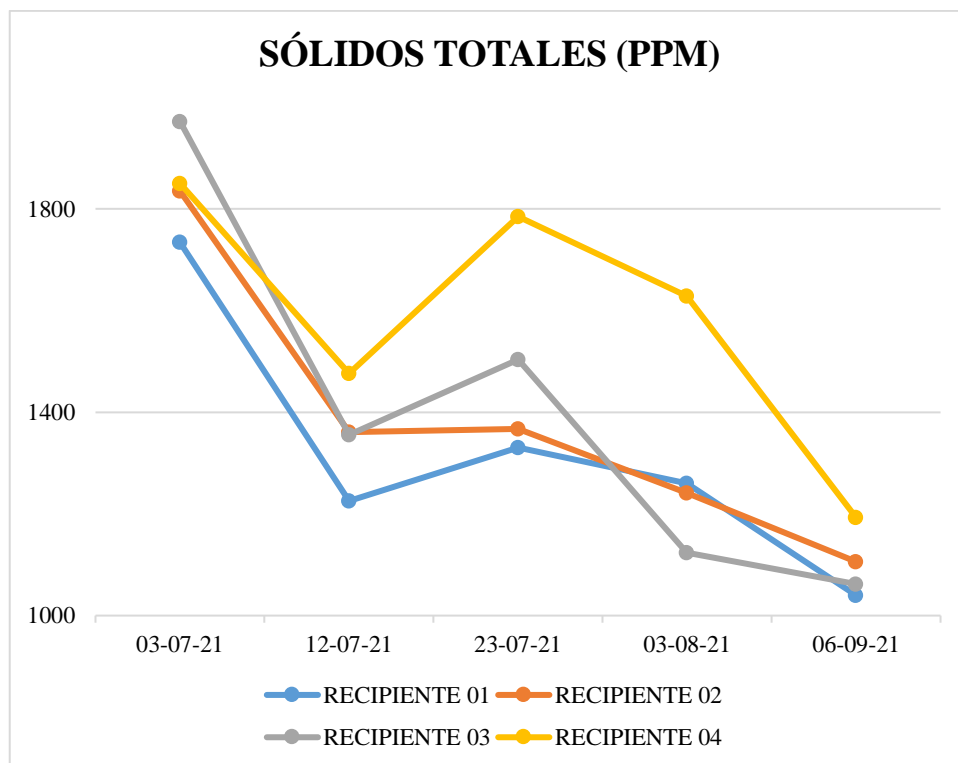


Figura 65. Valores de Sólidos Totales durante la realización del experimento.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 73, se muestran las variaciones de los Sólidos totales, mostrando una disminución considerable en cada recipiente al pasar el tiempo de monitoreo, fluctuando entre 1972 ppm y 1040 ppm considerando los picos de los sólidos totales durante el periodo de monitoreo. Esto nos quiere decir que el tratamiento de agua por plantas acuáticas es un potencial ya que remueven eficientemente la materia orgánica y los sólidos suspendidos, logrando también reducir los nutrientes, sales disueltas, metales pesados y patógenos. El exceso de sólidos totales elevados puede disminuir de manera importante el crecimiento de la planta.

4.1.4 de hipótesis

Para la prueba de normalidad se evaluó elemento por elemento.

Nivel de confianza 95 %.

Nivel de significancia ($\alpha = 0.05$).

4.1.4.1 Pruebas de normalidad

Tabla 16.

Prueba de normalidad utilizando a Shapiro – Wilk

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Arsénico	,324	6	,048	,830	6	,107
Boro	,316	6	,061	,855	6	,174
Calcio	,179	6	,200*	,959	6	,815
Cobre	,287	6	,133	,911	6	,442
Hierro	,326	6	,045	,726	6	,071
Litio	,402	6	,003	,622	6	,052
Magnesio	,186	6	,200*	,978	6	,939
Manganeso	,245	6	,200*	,866	6	,211
Sodio	,258	6	,200*	,857	6	,178
Níquel	,210	6	,200*	,863	6	,200
Estroncio	,309	6	,076	,820	6	,089
Fósforo	,319	6	,057	,773	6	,053
Zinc	,223	6	,200*	,969	6	,886

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Nota: Elaboración propia

En la prueba de normalidad, utilizando Shapiro-Wilk (menos de 30 datos) para arsénico, el P-valor 0,107; para boro, el P-valor 0,174; para calcio, el P-valor 0,815; para cobre el P-valor 0,442; para fierro el P-valor 0,071; para litio, el P-valor 0,052; para magnesio el P-valor 0,939; para manganeso el P-valor 0,211; para sodio el P-valor 0,178; para Níquel el P-valor 0,200; para estroncio el P-valor 0,089; para fósforo, P-valor 0,053; para Zinc el P-valor 0,886 en todos los casos p-valor son mayores que $\alpha = 0.05$, entonces los datos tienen distribución normal. Por tanto, les corresponde una prueba paramétrica.

Elección de la prueba estadística: prueba de T de Student

4.1.4.2 Prueba para una muestra

Tabla 17.

Prueba para una muestra con valor 0

	Valor de prueba = 0			
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Arsénico	5,445	5	,003	,027717
Boro	6,253	5	,002	4,446167
Calcio	13,619	5	,000	83,093333
Cobre	3,599	5	,016	,120083
Fierro	5,300	5	,003	2,445000
Litio	2,636	5	,046	1,275667
Magnesio	16,065	5	,000	15,385000
Manganeso	2,411	5	,061	,600333
Sodio	9,026	5	,000	284,356667
Níquel	2,288	5	,071	,029467
Estroncio	6,626	5	,001	1,108067
fósforo	4,818	5	,005	,176667
Zinc	3,787	5	,013	,257833

Nota: Elaboración propia.

En la tabla de Estadístico de prueba, se observa:

- Para los datos de ARSÉNICO que el P-valor 0.003 es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) reduce significativamente la

concentración de metales (astato) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.

- Para los datos de BORO que el P-valor 0.002 es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) reduce significativamente la concentración de metales (boro) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.
- Para los datos de CALCIO que el P-valor 0.000 es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) reduce significativamente la concentración de metales (calcio) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.
- Para los datos de COBRE que el P-valor 0.016 es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) reduce significativamente la concentración de metales (cobre) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.
- Para los datos de HIERRO que el P-valor 0.003 es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) reduce significativamente la concentración de metales (hierro) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.
- Para los datos de LITIO que el P-valor 0.046 es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) reduce significativamente la concentración de metales (litio) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.
- Para los datos de MAGNESIO que el P-valor 0.000 es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) reduce significativamente la concentración de metales (magnesio) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.
- Para los datos de MANGANESO que el P-valor 0.061 es mayor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. Por tanto,

existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) no reduce significativamente la concentración de metales (manganeso) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.

- Para los datos de SODIO que el P-valor 0.000 es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) reduce significativamente la concentración de metales (sodio) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.
- Para los datos de NÍQUEL que el **P-valor 0.071** es mayor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) no reduce significativamente la concentración de metales (níquel) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.
- Para los datos de ESTRONCIO que el P-valor 0.001 es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) reduce significativamente la concentración de metales (estroncio) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.
- Para los datos de FÓSFORO que el P-valor 0.005 es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) reduce significativamente la concentración de metales (Fósforo) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.
- Para los datos de ZINC que el P-valor 0.013 es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que a un nivel de confianza del 95 %, El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) reduce significativamente la concentración de metales (zinc) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.

4.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En la presente investigación, se realizó la evaluación de los metales totales en las aguas superficiales del Río Coralaque a causa de la contaminación por las filtraciones de los Drenajes

Ácidos Mineros de la minera Aruntani SAC., en la provincia de General Sánchez Cerro. Los resultados generados por parte del estudio, permitieron establecer la influencia del uso de las macrófitas *Echhornia Crassipes* para la reducción de la concentración de metales para la descontaminación del río Coralque, con el fin de beneficiar de los habitantes del centro poblado de Pachas en el distrito de Chojata, se hizo un tratamiento de un total de 74 días, por ello se realizó diferentes visitas al lugar de estudio, como el monitoreo de agua in situ en el mes de junio. Se consideró un aproximado de 80 litros de agua para realizar el tratamiento, repartidas en cuatro diferentes recipientes, de los cuales tres de ellos tienen la misma cantidad de macrófitas y el último está vacío para observar los cambios, se consideró en los primeros 3 recipientes con el tratamiento un aproximado de 5 monitoreos de agua para observar la disminución en la concentración de metales, finalmente en el último recipiente solo se realizaron 2 monitoreos finales observando su reacción con los factores externos.

La planta *E. Crassipes* absorbe el nitrógeno, fósforo y carbono para su crecimiento y reproducción; al contrario de este proceso, absorbe los metales pesados debido a que no los incorpora a su biomasa si no que los retiene gracias a su gran cantidad de celulosa, polisacárido responsable de la retención de estos contaminantes en el agua; este proceso es conocido como quimiabsorción. En las raíces, en las hojas y en los tallos soplados de la macrófita se retienen los diferentes metales, llegando a adsorber un 75 % en una semana de tratamiento. Casi todos los datos de metales muestran que la estructura sumergida puede contener desde el doble como el As y Cd, hasta cinco o más veces la concentración del metal presente en la estructura aérea (Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Ti, y V). Estos resultados concuerdan con los publicados Vesik *et al.* (1999) y Olivares–Rieumont *et al.* (2007), quienes señalan a la raíz como la estructura con mayor concentración de metales en esta especie.

En nuestro estudio realizado los porcentajes de remoción de Calcio y Fósforo son de un 14 % y 55 % promediando los resultados de los recipientes con el tratamiento. Los resultados obtenidos en este experimento son inferiores a los reportados por Ramos, Rodríguez y Martínez (2007), quienes han logrado remociones de 91 % y 77 % respectivamente empleando un sistema de humedal. Por otro lado, al analizar la concentración del Hierro y Fósforo, se observa que hay un aumento considerable en sus porcentajes de remoción dictados por el estudio de Gómez y Pinzón (2012), quienes en su experimento lograron eliminación de 60.71 % en hierro y 60.34 % en níquel con una fitorremediación con las plantas recolectadas. En cambio, los resultados obtenidos en nuestro experimento, tienen un promedio de remoción de los diferentes recipientes de un 68 % y 97 % en los respectivos metales analizados.

Los valores arrojados de Arsénico nos muestra, una disminución en el metal de un 75 % promediando los resultados obtenidos en cada recipiente donde se realizó el experimento, dando una notada diferencia con el estudio Delgado Onofre (2018) que aumentó su concentración de este metal

en un 52 %, este efecto se atribuyó principalmente por el tiempo de exposición de la planta con el metal, ya que una vez que esta planta absorba su tope de la concentración de este metal, lo ira devolviendo al agua de manera rápida y descontrolada. Asimismo podemos discutir que el Jacinto de agua no solo sirve para la remoción de arsénico, sino también para la materia orgánica como lo describe Sandoval (2019) en su artículo de investigación “Eficiencia de fitorremediación con Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para disminuir concentraciones de arsénico en aguas del centro poblado Cruz del Medano”, se midió las concentraciones en el agua de arsénico en mg/L al inicio y posteriormente cada dos días, determino que tan solo dos días después hubo una remoción de 33 %.

Según Garay (2017) se pudo observar que, en el caso del Boro, tiene un poder de remoción del 56.37 % en tres semanas en las que duro el estudio. Los resultados obtenidos en este experimento son menores a nuestro resultado ya que se ha logrado un poder de remoción del 63 % ya que el tiempo de exposición es mayor.

En la Tesis de Benitez Pacheco (2008), los resultados obtenidos muestran la bioacumulación de calcio, vanadio, manganeso, hierro, níquel, cobre, zinc, arsénico, plomo, rubidio, potasio, cromo, estroncio y titanio en niveles significativos y variables en el jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Cerra Villa Canales. El efecto depurador del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) además de remover grandes cantidades nitrógeno y fósforo, se encontró metales pesados como manganeso, cromo, cobre, zinc y plomo y en comparación entre las dos especies, para este estudio el jacinto acuático presenta más habilidad fitodepuradora.

Cuando la biomasa de *E. Crassipes* está totalmente saturada de los metales, se debe cambiar para que los metales pesados se retengan y no sean devueltos.

Las plantas acuáticas flotantes son una especie que se pueden utilizar en la fitorremediación mediante la construcción de humedales naturales y artificiales.

El aumento de la densidad vegetal puede indicar una adaptación generalizada por parte de esta planta, pues al consumir los nutrientes la densidad vegetal crece y se favorece la reproducción asexual, que es por estolones.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Luego de realizada la evaluación de los resultados estadísticos y considerando lo objetivos que tiene el estudio, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- PRIMERA:** Se concluye que en resultados de la evaluación existen evidencias estadísticas para afirmar que a un nivel de significancia del 5 % el Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*), reduce significativamente la concentración de metales (aluminio, arsénico, boro, calcio, cobre, hierro, magnesio, sodio, estroncio, fósforo y zinc) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.
- SEGUNDA:** El Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) no reduce significativamente la concentración de metales (litio, manganeso y níquel) en aguas superficiales del Río Coralaque, Moquegua 2021.
- TERCERA:** Se determinó que la concentración de metales presentes en las aguas superficiales del Río Coralaque antes de la aplicación del Jacinto de Agua (*Eichhornia Crassipes*), es de alta presencia de Aluminio (6.781 mg/L), Arsénico (0.0513 mg/L), Boro (7.433 mg/L), Cobre (0.2545 mg/L), Hierro (4.64 mg/L), Litio (3.6757 mg/L), Manganeso (1.72451 mg/L), Níquel (0.0868 mg/L), Fósforo (1.8795 mg/L) y Zinc (0.506 mg/L) presentes en el área de estudio que se encuentran en concentraciones por encima del valor establecido en el ECA de agua, en sus distintas categorías acorde al D.S. N° 004-2017-MINAM. De la presente evaluación no se pudo cuantificar con exactitud algunas concentraciones ya que se encontraban por debajo del rango de linealidad (intervalo de concentración) del metal o su concentración no era de preocupación porque no superaban el ECA de agua.
- CUARTA:** Se ha determinado la concentración de metales después de la aplicación del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) de acuerdo con un porcentaje de remoción obtenidos en la investigación, se encontró que el porcentaje de eficiencia de la Macrófita *Eichhornia Crassipes* en metales pesados es de un promedio de: Arsénico (75.31 %),

Boro (63.19 %), Cobre (90.18 %), Hierro (68.25 %), Litio (83.79 %), Manganeso (98.43 %), Níquel (97.31 %), Fósforo (56.19 %) y Zinc (94.40 %), mediante el sistema de autodepuración natural de metales, García, Zarela (2012), que señala que el Jacinto de agua es la especie más eficiente en su estudio en la remoción de lodos con un 50 % de eficiencia. Se determinó un promedio de eficiencia en metales como: Aluminio de un 71.98 %, 58.27 % y 71.98 %, Calcio 38.27 %, 38.19 y 40.29 %, Magnesio 37.58 %, 18.44 % y 21.99 %, Sodio 48.67 %, 47.30 % y 47.73, y Estroncio 61.23 %, 60.43 % y 62.58 %.

QUINTA: Se analizó los cambios físicos (temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales suspendidos), en los que se puede observar que la temperatura varía entre 23.2 °C a 28.2 °C que es la temperatura promedio del medio en el que se desarrolla dicho experimento, la conductividad eléctrica disminuye de un 3 944 a 2 080 uS, lo que nos indica de acuerdo con las bibliografías antes ya mencionadas, que el agua está menos contaminada, porque en aguas con altos índices de contaminantes tienen altos iones, el pH pasa de ser ácido en la escala de 5 a ser neutro pasando a 7 que son los valores óptimos y aceptables para todo proceso biológico y en los sólidos totales, vemos una disminución de 1 972 a 1 040 ppm. logrando un mejor aspecto en la turbidez del agua y permitiendo el mejor desarrollo de la macrófita. En el caso de la macrófita se notó un aumento en la densidad vegetal, en cuanto a los cambios morfológicos presentes en las plantas acuáticas (macrófitas) son: el cambio en la coloración de las hojas y tallos, pasando de un color verde brillante de una planta saludable a un marrón oscuro, marchitándose, sobre todo las hojas que tuvieron contacto con el agua a tratar, en algunos casos se ha mostrado una necrosis y oscurecimiento de la planta y se observa la decoloración de sus raíces pasando de un negro a un azul decolorado.

RECOMENDACIONES

Según el análisis estadístico del presente estudio, se consideraron las siguientes sugerencias o recomendaciones, con la finalidad de favorecer el uso de las macrófitas *Eichhornia Crassipes* en el tratamiento de aguas superficiales:

- Instalar más sistemas flotantes para poder alcanzar la eficiencia adecuada con los parámetros fisicoquímicos.
- Implementar un sistema primario previo para retener residuos flotantes, sedimentos, aceites, grasas, etc.
- Realizar investigaciones de diversos sistemas autodepuradores naturales como son las plantas de café, en otras partes del país para poder tener nuevas líneas de investigación.
- Plantear estrategias frente a la contaminación del Río Coralaque por metales para evitar la pérdida total del ecosistema y la muerte de sus pobladores.
- Considerar este estudio como un indicador para alternativas de solución natural, frente a la amenaza de la contaminación del Río Coralaque por los efluentes mineros pueda ser aplicado en el centro poblado de Pachas.
- La *E. Crassipes* es una planta extremadamente difícil de erradicar por procedimientos físicos (control mecánico), químicos (herbicidas) o biológicos (insectos o plantas patógenas) cuando se ha establecido en el ecosistema se debe buscar un procedimiento eficiente y económico efectivo para su control.
- Realizar ensayos con otros metales bioacumulables para poder ampliar las características bioacumuladoras de la especie.
- Repetir la investigación realizada a diferentes altitudes (m.s.n.m.) para determinar el comportamiento de la especie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIAS, S., et al. Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Informador Técnico* [en línea]. Julio – octubre, 2010, 74, 12 – 22 pp. [fecha de consulta: 5 de enero de 2022]. ISSN: 2256-5035. Disponible en: http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/5.
- ARROYAVE, M. La lenteja (Lemna Minor L.): Una planta acuática promisoría. *Revista EIA* [en línea]. Enero – junio, 2004, 1(1), 33 – 38 [fecha de consulta: 10 de agosto de 2021]. ISSN: 1794-1237. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-123720040001000.
- AZPILCUETA, C., PENA, L. y GALLEGO, S. Los metales y las plantas: entre la nutrición y la toxicidad. *Ciencia hoy*. Abril – mayo, 2010, 20 (116), 5 – 7. ISSN: 1666-5171.
- BHATTACHARJI, S., et al. Contaminated sediments: Lectura Notes in Earth. Berlín: Institut für Mineralogie der Universität Würzburg, Ed. Springer-Verlang, 1987. 1 – 118 pp. ISSN: 0930-0317.
- BENITEZ, I. Evaluación de la distribución de metales pesados en las plantas acuáticas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Tul (*Thypha spp*) utilizadas en la planta de tratamiento de aguas residuales La Cerra, Villa Canales por medio de fluorescencia de Rayos X. Tesis (Título de Maestría en Ciencias y tecnología del medio ambiente). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 104 pp. [fecha de consulta: 14 de julio del 2021]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0145_MT.pdf.
- BUNDSCHUH, J., PEREZ, A. y LITTER, M. Distribución de Arsénico en las regiones de Ibérica e Iberoamericana [en línea]. Argentina: IBEROARSEN. CYTED ed., 2008 [fecha de consulta: 16 de noviembre de 2021]. ISBN: 13978-84-96023-61-1. Disponible en: https://paginas.fe.up.pt/~cigar/html/documents/Monografia1_000.pdf.
- CABI. Invasive Species Compendium: *Eichhornia Crassipes*. 2009 [fecha de consulta: 5 de enero de 2022]. Disponible en: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/108967>.
- CAREÑO, U. Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembre a través de la *Eichhornia Crassipes*. *Revista Colombiana de Biotecnología* [en línea]. Julio – diciembre, 2016, 18(2), 74 – 81 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021]. ISSN: 1909-875. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v18n2/v18n2a10.pdf>.
- CASELLES, A., et al. Efficiency of mesocosm-scale constructed wetland systems for treatment of sanitary waste water under tropical conditions. *Water, Air an soil Pollution*; Dordrecht [en línea]. Septiembre, 2011, 220 (1-4), 161 – 171. [fecha de consulta: 11 de agosto de 2021]. ISSN: 0049-6979. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/882162976>.

- CAVIEDES, D., DELGADO, D., y OLAYA, A. Remoción de metales pesados comúnmente generados por la actividad industrial, empleando macrófitas neotropicales. *Producción+Limpia* [en línea]. Julio, 2016, 11(2), 126 – 149 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021]. ISSN: 1909-0455. Disponible en: http://lasallista.edu.co/revistas/pl/pl_v11n2/pl_v11n2.pdf.
- CIRUJANO, S., et al. *Flora acuática española: Hidrofitos vasculares* [en línea]. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC, 2014 [fecha de consulta: 15 de enero de 2022]. ISBN: 978-84-616-8681-0. Disponible en: https://bibdigital.rjb.csic.es/medias/de/8d/6e/e0/de8d6ee0-a308-48e7-afd9-4cb883a336d5/files/CIR_F1_Acu_Esp_Hidro_Vasc.pdf.
- CLUB Acuaristas Bragado. *Plantas Acuáticas*. 2015 [fecha de consulta: 21 de enero de 2022]. Disponible en: <http://clubacuaristasbragado.blogspot.com/p/blog-page.html>.
- COREY, G., et al. *Contaminación de aire, riesgos para la salud*. México DF: Universidad Nacional de México, Ed. El manual moderno, 1997. 452 pp. ISSN: 0253-1751.
- CORRELL, D. y JOHNSTON, M. *Manual of the Vascular Plants of Texas: Eichhornia Crassipes*. Inglaterra: Contributions from Texas Research Foundation. New England Botanical Club, Inc, 1970. 533 – 535 pp. ISSN: 116875.
- CUIZANO, N., et al. Relevancia del pH en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. Abril – junio, 2010, 76(2), 123 – 130 [fecha de consulta: 20 de enero de 2022]. ISSN: 1810-634X. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X20100020002.
- DELGADILLO, A., et al. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems* [en línea]. Mayo – agosto, 2011, 14(2), 597 – 612 pp. [fecha de consulta: 5 de enero de 2022]. ISSN: 1870-0462. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediación_argentina_25620.pdf.
- DELGADILLO, O., et al. *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales* [en línea]. Cochabamba: Centro Andino para la Gestión y Uso de agua, Proyecto GOV-AGUA y programa ALFA, 2010 [fecha de consulta: 20 de diciembre del 2021]. ISBN: 978-99954-766-2-5. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>.
- DELGADO, G. *Evaluación del bio-tratamiento de fluidos residuales de la empresa Laboratorio Portugal SRL. mediante la “Eichhornia crassipes” o “Buchón de agua” para la remoción de elementos eco tóxicos (cromo, arsénico y cadmio) y materia orgánica*. Tesis (Titulo de Licenciada en Química). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2020. 106 pp. [fecha de consulta: 14 de julio de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12083/QUdeongf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- DÍAZ, S., et al. Diseño de un humedal construido para el tratamiento del agua de producción de un campo de petróleo colombiano. Fuentes, el reventón energético [en línea]. Julio – diciembre, 2013, 11(2), 53 – 63 [fecha de consulta: 9 de marzo del 2022]. ISSN: 2145-8502. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistafuentes/article/view/3831/4190>.
- DIRECCIÓN General de Salud Ambiental (DIGESA). Informe de secretaria técnica colegiada (DIGESA – INRENA) [en línea]. Lima: Ministerio de Salud, 2004 [fecha de consulta: 12 de junio de 2021]. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/informe_tecnico_gesta_agua.pdf.
- DECRETO SUPREMO. N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias [en línea]. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 7 de junio de 2017 [fecha de consulta: 13 de junio del 2021]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones#:~:text=El%20presente%20Decreto%20supremo%20establece,salud%20de%20personas%20ni>.
- ECOFLUIDOS Ingenieros S.A. Informe Final: Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para el consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco [en línea]. Lima: Sistema Regional de Información Ambiental, Fondo para el logro de los ODM, 2012 [fecha de consulta: 10 de junio de 2021]. Disponible en: <https://siar.minam.gob.pe/puno/documentos/estudio-calidad-fuentes-utilizadas-consumo-humano-plan-mitigacion>.
- ERÓSTEGUI, C. Contaminación por metales. Revista científica de ciencia médica [en línea]. 2009, 12(1), 45 – 46 [fecha de consulta: 10 de junio de 2021]. ISSN: 1817-7433. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4260/426041218013.pdf>.
- FERNANDES, A. y FURTADO, L. Minería y actuación del ministerio público en Latinoamérica [en línea]. Brasil: Red Latinoamericana de Ministerio Público Ambiental, 2012. [fecha de consulta: 29 de agosto de 2021]. Disponible en: [https://www2.mppa.mp.br/sistemas/gcsubsites/upload/41/LIVRO-MINERIA%20\(1\).pdf](https://www2.mppa.mp.br/sistemas/gcsubsites/upload/41/LIVRO-MINERIA%20(1).pdf)
- FERNÁNDEZ, J., et al. Geología Ambiental del Río Tinto a través de un mapa conceptual [en línea]. Sevilla: Congreso Internacional de Innovación Docente Universitario en Historia Natural, 2012 [fecha de consulta: 10 de junio de 2021]. ISBN: 978-84-940062-1-0. Disponible en: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/38679/Geolog%c3%ada%20ambiental%20del%20R%c3%ado%20Tinto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- GARAY, I. Eficiencia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro, en las aguas minerotermales de la “Laguna La Milagrosa” – Chilca, 2017. Tesis (Título de Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. 97 pp. [fecha de consulta: 14 de julio de 2021]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3525/Garay_AIB.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- GARCÍA, V. Estudio sobre la estabilidad de la inmovilización de materiales pesados, en sedimentos del cauce de Río San Pedro. Tesis (Magister en Ciencias en el área de Toxicología). México: Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2011. 157 pp. [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/777>.
- GARCÍA, Zarela, Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas, Perú, 2012, 282 pp. https://www.lima-water.de/documents/zgarcia_tesis.pdf
- GISB (Global Invasive Species Database). *Eichhornia Crassipes*. 2006 [fecha de consulta: 5 de agosto del 2021]. Disponible en: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=70>.
- GÓMEZ, H. y PINZÓN, G. Análisis de la mitigación del impacto ambiental en el lago del parque La Florida, por fitorremediación usando Buchón de Agua. Tesis (Título de Especialista en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales). Bogotá: Universidad militar Nueva Granada, 2012. 35 pp. [fecha de consulta: 20 de julio de 2021]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7129/GomezSierraHelena2012.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. Metodología de la investigación. 6ta ed. México DF: McGraw-Hill Education, 2014. 634 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- JAIN, R. Environmental impact of mining and mineral processing: management, monitoring, and auditing strategies. Oxford, UK: Butterworth- Heinemann, 2016. 53 – 157 pp. ISBN: 0128040920.
- JARAMILLO, M y FLORES E. Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor (Lenteja de agua) y Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2012. 128pp. [fecha de consulta: 15 de julio del 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2939>.
- KLUMPP, A., et al. Variation of nutrient and metal concentrations in aquatic macrophytes along the Río Cachoeira in Bahia (Brazil). Environment International. Enero, 2002, 28(3), 165 – 171. ISSN: 33805.

- LARA, F., et al. Contenido de Cd y Pb en suelo y plantas de diferentes cultivos irrigadas con aguas residuales en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*. Octubre – septiembre, 2014, 31(2), 127 – 132 [fecha de consulta: 15 de noviembre de 2021]. ISSN: 0188-4999. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-499920150002002
- LEY 28611. Ley General del ambiente [en línea]. *Diario Oficial El Peruano*. Lima, Perú, 13 de octubre de 2005 [fecha de consulta: 13 de junio de 2021]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente#:~:text=Ley%20N%C2%B02028611%20.,%2D%20Ley%20General%20del%20Ambiente.&text=La%20presente%20Ley%20N%C2%B0,gesti%C3%B3n%20ambiental%20en%20el%20Per%C3%BA>.
- LOZADA, E. Eficiencia de cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 84 pp. [fecha de consulta: 20 de julio de 2021]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35906/Lozada_MEY.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- MARTELO, J., JAUME, A. y BORRERO, L. Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. *Ingeniería y ciencia* [en línea]. Enero – junio, 2012, 8(15), 210 – 243 [fecha de consulta: 7 de enero del 2022]. ISSN: 1794-9165. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>.
- MENA, C. y EYZAGUIRRE, A. Efectos de la *Eichhornia crassipes* en la remoción de mercurio en efluentes mineros provenientes de la minería artesanal (Secocha, 2019). Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú, 2020. 111 pp. [fecha de consulta: 15 de julio de 2021]. Disponible en: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3609/Christopher%20Mena_Alfredo%20Eyzaguirre_Tesis_Titulo%20Profesional_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MENDOZA, Y., PEREZ, J. y GALINDO, A. Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. *Inf. tecnol.* 2018, 29(2), 205-214 pp. [fecha de consulta: 14 de julio de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000200205&lng=es&nrm=iso. ISSN 0718-0764.
- MINISTERIO de Medio Ambiente (MINAM). Guía para muestreo de agua y suelo [en línea]. Lima: Perú, 2014 [fecha de consulta: 15 de enero de 2022]. Disponible en:

- https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUI_A-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf.
- MITCHELL, D. The growth and management of *Eichhornia Crassipes* and *Silviana* spp. In their native environments and in alien situations. Países Bajos: Aquatic weeds in South East Asia, Dr W. Junk by Publishers, 1973. 176 pp.
- NADÁSKÁ, G., LESNY, J. y MICHALIK, I. Environmental Aspect of Manganese Chemistry [en línea]. Hungarian: Electronic Journal of Science, 2012 [fecha de consulta 9 de enero de 2022]. Disponible en: <http://heja.szif.hu/ENV/ENV-100702-A/env100702a.pdf>.
- NAVA, C. y MÉNDEZ, M. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Arch. Neurociencias. Julio – septiembre, 2011, 12(3), 140 – 147. ISSN: 1028-5938.
- PARRA, F. Rizofiltración de aguas de Riego Agrícola contaminados por metales pesados en comunidades del Municipio de Atlixco, Puebla. Tesis (Titulo en Maestría en Ciencias Ambientales). México: Universidad Autónoma de Puebla, 2017. 153 pp. [fecha de consulta: 14 de julio del 2021]. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/967>.
- PERDOMO, M., et al. La fitorremediación como estrategia para reducir impactos del Mercurio en agua: Un micro proyecto de Educación en Química Verde. Bio-ponencias [en línea]. Diciembre, 2016, 1(1), 106 – 116 [fecha de consulta: 9 de septiembre de 2021]. ISSN: 2027-1034. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/LA-FITORREMEIACI%C3%93N-COMO-ESTRATEGIA-PARA-REDUCIR-EN-Perdomo-Velascoed43b64e8c4ea83e276b8920ad221c8b0ec174d>.
- PEÑA, C., CARTER, E. y AYALA, F. Toxicología Ambiental: Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental. Arizona: University of Arizona, Distribuido vía internet. Southwest Hazardous, 2001 [fecha de consulta: 16 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/informes2/toxamb.pdf>.
- POMA, V. y VALDERRAMA, A. Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación del cadmio (II) y mercurio (II) con especies de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). Revista de la Sociedad Química del Perú. Julio – septiembre, 2014, 80 (3), 5 – 10, ISSN: 1810-634X.
- PÉREZ, E. y CAMACHO, L. Tecnologías para el tratamiento de aguas servidas. Tesina (Programa de Ingeniería Ambiental). México: Universidad Veracruzana, 2011. 77 pp. [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/151816818/Perez-Alarcon-y-Camacho-Alcala>.
- QUISPE, L., et al., 2017. Eficiencia de la especie macrófita *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros fisicoquímicos, metal pesado (Pb) y la evaluación de su

- crecimiento en función del tiempo y adopción al medio en una laguna experimental. Revista de investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo. Lima: Universidad Peruana de la Unión, 3(1), 79 – 93 pp. [fecha de consulta: 14 de julio de 2021]. DOI: <https://doi.org/10.17162/rictd.v3i1.650>.
- RAMOS, M., RODRÍGUEZ, L. y MARTINEZ, P., 2007. Uso de macrófitas acuáticas en el tratamiento de aguas para el cultivo de maíz y sorgo. *Hidrobiológica*, 2007. 17(1), 7-15 pp. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972007000400002. [fecha de consulta: 14 de julio de 2021].
- RAMOS, Y. y SALAS, K. Evaluación de metales pesados en aguas superficiales en el área de influencia al emisario submarino en el corregimiento de Punta Canoas departamento de Bolívar. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Cartagena: Universidad San Buenaventura Seccional Cartagena, 2015, 202 pp. [fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021]. Disponible en: http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/2844/1/Evaluaci%C3%B3n%20metales%20pesados_Castillo_2015.pdf.
- REDDY, K. y SMITH, W. Aquatic plants for water treatment and resource recovery. Orlando, Magnolia Publishing Inc, 1987. 680 pp. ISBN: 09-414-63001.
- REPORTE de peligro inminente: Por la contaminación de la cuenca de los Ríos Tambo y Coralaque [en línea]. INDECI, 2021, pp. 1 – 5. Centro de operaciones de emergencia nacional. [fecha de consulta 18 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://portal.indeci.gob.pe/emergencias/reporte-de-peligro-inminente-n-119-20-5-2021-coen-indeci-0630-horas-reporte-n-4-por-contaminacion-de-la-cuenca-de-los-rios-tambo-y-coralaque-en-la-region-moquegua/>
- REYES, Y., et al. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista ingeniería, investigación y desarrollo*. Julio – diciembre, 2016, 16(2), 66 – 77 [fecha de consulta: 20 de enero de 2022]. ISSN: 2422-4324. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>.
- RODRÍGUEZ, M., GOMEZ, E., GARAVITO, L. y LÓPEZ, F., 2010. Estudio comparativo de tratamiento de aguas residuales domesticas utilizando Lenteja de agua y Jacinto de agua en humedales artificiales. *Tecnología y ciencias del agua*, 2010. 1(1), 59-68 pp. . [fecha de consulta: 16 de julio de 2021]. Disponible en: http://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s200724222010000100005&lng=en
- RODRIGUEZ, R. y FICA, B. Plantas Vasculares Acuáticas en Chile: Guía de Campo [en línea]. Chile: Ed. Corporación chilena de madera, 2020 [fecha de consulta: 15 de diciembre de

- 2021]. ISBN: 978-956-8398-13-2. Disponible en: <https://www.corma.cl/wp-content/uploads/2020/12/Guia-Campo-Plantas-Vasculares-Acuaticas-WEB.pdf>
- ROJAS, L. y SUYO, E. Eficiencia de Fitorremediación con Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para disminuir concentraciones de Arsénico en aguas del centro poblado Cruz de Medano – Morrope – 2019. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad de Lambayeque, 2020. 65 pp. [fecha de consulta: 15 de julio de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/314/1/TESIS%20ROJAS%20Y%20SUYN.pdf>.
- ROMERO, S. y GUEVARA, L. Evaluación de los impactos ambientales ocasionados por la contaminación de cadmio y plomo en el suelo, agua y sedimento, de los municipios Tabio y Tenjo, pertenecientes a la subcuenca de Río Chicú. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Bogotá: Universidad de La Salle, 2011, 175 pp. [fecha de consulta: 10 de junio de 2021]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1633/.
- ROSAS, H. Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca de Llobregat. Tesis (Doctor en Ingeniería Minera). Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2015, 281 pp. [fecha de consulta: 10 de junio de 2021]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/94296?show=full>.
- RZEDOWSKI, G. y RZEDOWSKI, J. Manual de malezas de la Región de Salvatierra, Guanajuato. México: Instituto de Ecología, A.C., 2004 [fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021]. [en línea]. ISBN: 970-709-050-2. Disponible en: <http://inecolbajio.inecol.mx/floradelbajio/documentos/fasciculos/complementarios/ComplementarioXX.pdf>.
- SÁNCHEZ, A., REIGOSA, M. y PEDROL, N. La Ecofisiología vegetal: una ciencia de síntesis. España: Thomson-Paraninfo, 2003. 1193 pp. ISBN: 84-9732-267-3.
- SANDOVAL, J. Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor* L.) en la remoción de cadmio en aguas residuales. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional Federico Villareal, 2019. 95 pp. [fecha de consulta: 30 de julio de 2021]. Disponible en: http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3256/UNFV_SANDOVAL_VILCHEZ_JOSELYN_DANIELA_TITULO_PROFESIONAL_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- SECRETARIA de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma ambiental sobre calidad del agua y control de descargas [en línea]. Santo Domingo: Republica Dominicana, 2003 [fecha de consulta: 9 de septiembre de 2021]. Disponible en:

- https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/6431/5/IV_UC_LI_Manual_para_citar_y_referenciar_fuentes_en_textos_2019.pdf.
- SCULTHORPE, C. La Biología de las plantas vasculares acuáticas. Londres: Edward Arnold. Publication Ltd, 1967. 523 pp. ISBN: 9783874292573.
- SIMATE, G. y NDLOVU, S. Acid Mine Drainage: Challenges and Opportunities. Journal of Environmental Chemical Engineering [en línea]. Agosto – noviembre, 2014, 2, 1785 – 1803 [fecha de consulta: 11 de agosto de 2021]. ISSN: 2313-3437. Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqw2orz553klw0r45\)\)/referencespapers.aspx?referenceid=3025731](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqw2orz553klw0r45))/referencespapers.aspx?referenceid=3025731).
- SUTHERSAN, S. Evaluación de las tecnologías de tratamiento de aguas subterráneas contaminadas con cromo. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). España: Universidad Politécnica de Catalunya, 2007. 105 pp. [fecha de consulta: 16 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3153>.
- UF/IFAS Center for aquatic and invasive plants. Plant Directory. 2022 [fecha de consulta: 22 de enero de 2022]. Disponible en: <https://plants.ifas.ufl.edu/plant-directory/>.
- UNESCO. Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos [en línea]. París: UNESCO, 2019, pp. 14 – 18. Estado de los recursos hídricos en el mundo. ISBN: 978-92-3-300108-4. [fecha de consulta: 9 de marzo del 2022].
- UNITED States Environmental Protection Agency (EPA). Methods for Chemical Analysis of water and wastes. Washington DC: Record System, 1983. 491 pp. ISBN: EPA-600/4-79-020.
- VALDERRAMA, L. Uso de dos especies de macrófitas acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales. Universitas Scientiarum. Revista de la Facultad de Ciencia. Bogotá: Pontificie Universidad Javeriana, 1996. 3 (1-2). 83 – 97 pp. [fecha de consulta: 17 de julio de 2021]. Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/5058>.
- VARGAS, D. Mejoramiento y ampliación de la planta de tratamiento del Pueblo Joven Julio C. Tello de Lurín. Tesis (Título de Ingeniero Sanitario). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2003. 282 pp. [fecha de consulta 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3088628>.
- VERDEJO, E., et al. El Lirio de agua *Eichhornia Crassipes*. Plantas invasoras [en línea]. Madrid: Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. Secretaría general técnica, 2006 [fecha de consulta: 5 de agosto de 2021]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_FSV%2FFSV_2006_1_1_8.pdf.

VYMAZAL, J., et al. Constructed wetlands for waste water treatment in Europe. Water. Julio – agosto, 2010, 2(3), 530 – 549. ISSN: 2073-4441.

ANEXOS

Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:
(Categorizado de acuerdo a la R.J. N°202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero:
(Código Pfaffstätter)

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo:

(Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción:
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad:
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas pueden encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad:
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo:
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante,)

Reconocimiento del Entorno:
(Indicar referencias topográficas que permiten el fácil reconocimiento del punto en campo.)

UBICACIÓN

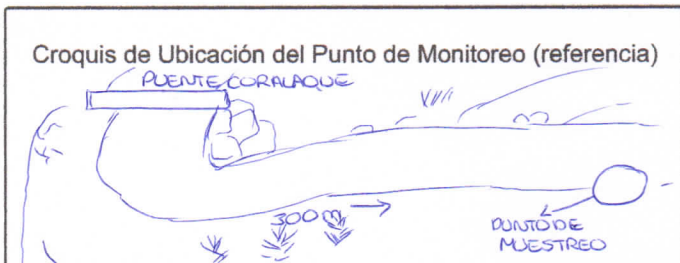
Distrito: Provincia: Departamento:

Localidad:

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: Proyección UTM Geográficas

Norte/Latitud: Zona: (17, 18 o 19; para UTM solamente)

Este/Longitud: Altitud: (metros sobre el nivel del mar)



Elaborado por Bach. Natalia Alejandra Maco C.

Fecha 16 de junio de 2022

FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

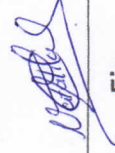
Nº estación	Origen de la fuente	Descripción del punto de muestreo	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha y hora de muestreo	Cº	pH	Conductividad eléctrica	Solidos totales	Coordenadas		Observaciones
												Latitud	Longitud	
001 RCORAO1	Quebradas Margaritani y Apostolimi	800 metros aguas arriba del puente Coralagüe	Pachas	Chojata	General Sánchez Caro	Moquegua	14 - 06 - 21 3:12 p.m.	18.0°C	5	2135 µS/cm	1033ppm	16.53778065 S.	70.68228728 W	3 enjuagues Envase de plástico
002 RPERAO1	Nevados Chiguananta y Arundane	Disurso de agua (Km. 33 + 200)	Centro Abitabo Pista Grande	Carumas	Mariscal Nieto	Moquegua	16 - 06 - 21 3:20 p.m.	17.5°C	7	0560 µS/cm	0273ppm	16.63845646 S	70.60238805 W	3 enjuagues Envase de plástico

Responsable:

Bach. Natalia Alejandra Maco Cano

Nombre y Apellido

Firma



FICHA DE CONTROL DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO

N° de muestra	Código de muestra	Fecha y Hora de muestreo	Localidad	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Sólidos Totales (ppm)	Preservante	Cantidad de muestra	Muestreador	Fecha y hora de llegada al laboratorio	Nombre de laboratorio
1	RCORA02	03-07-21 12:47	Moquegua-Samegua	25.4 °C	34.68 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6	1734	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A. Maco Cano	06-07-21 15:30	CERTIMÍN
	RCORA03	03-07-21 12:49	Moquegua-Samegua	26.4 °C	3670 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6	1835	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A. Maco Cano	06-07-21 15:30	CERTIMÍN
	RCORA04	03-07-21 12:52	Moquegua-Samegua	27.0 °C	3444 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6	1972	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A. Maco Cano	06-07-21 15:30	CERTIMÍN
	VACÍO	—	Moquegua-Samegua	28.2 °C	3700 $\mu\text{S}/\text{cm}$	5	1850	—	—	Bach. Natalia A. Maco Cano	—	—
2	RCORA05	12-07-21 17:34	Moquegua-Samegua	23.3 °C	2452 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6	1226	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A. Maco Cano	17-07-21 13:15	CERTIMÍN
	RCORA06	12-07-21 17:36	Moquegua-Samegua	23.3 °C	2723 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6	1361	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A. Maco Cano	17-07-21 13:15	CERTIMÍN
	RCORA07	12-07-21 17:38	Moquegua-Samegua	23.3 °C	2611 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6	1356	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A. Maco Cano	17-07-21 13:15	CERTIMÍN
	VACÍO	—	Moquegua-Samegua	23.2 °C	2953 $\mu\text{S}/\text{cm}$	5	1476	—	—	Bach. Natalia A. Maco Cano	—	—
3	RCORA08	23-07-21 17:33	Moquegua-Samegua	24.2 °C	2661 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6	1330	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A. Maco Cano	30-07-21 14:20	CERTIMÍN
	RCORA09	23-07-21 17:36	Moquegua-Samegua	25.1 °C	2497 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6	1367	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A. Maco Cano	30-07-21 14:20	CERTIMÍN
	RCORA10	23-07-21 17:37	Moquegua-Samegua	24.6 °C	3008 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6	1504	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A. Maco Cano	30-07-21 14:20	CERTIMÍN
	VACÍO	—	Moquegua-Samegua	24.2 °C	3570 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6	1785	—	—	Bach. Natalia A. Maco Cano	—	—

ANEXO 03

N° de muestra	Código de muestra	Fecha y Hora de muestreo	Localidad	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Sólidos Totales (ppm)	Preservante	Cantidad de muestra	Muestreador	Fecha y hora de llegada al laboratorio	Nombre de laboratorio
4	RCORA11	03-08-21 14:38	Maquegua - Samegua	25.5°C	2520 $\mu\text{S}/\text{cm}$	7	1260	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A Macco Cano	10-08-21 16:00	CERTIMIÚ
	RCORA12	03-08-21 14:40	Maquegua - Samegua	25.8°C	2640 $\mu\text{S}/\text{cm}$	7	1241	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A Macco Cano	10-08-21 16:00	CERTIMIÚ
	RCORA13	03-08-21 14:42	Maquegua - Samegua	25.9°C	2245 $\mu\text{S}/\text{cm}$	7	1124	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A Macco Cano	10-08-21 16:00	CERTIMIÚ
	RCORA14	03-08-21 14:44	Maquegua - Samegua	25.7°C	2968 $\mu\text{S}/\text{cm}$	7	1628	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A Macco Cano	10-08-21 16:00	CERTIMIÚ
5	RCORA15	06-09-21 14:24	Maquegua - Samegua	25.5°C	2080 $\mu\text{S}/\text{cm}$	7	1040	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A Macco Cano	13-09-21 15:45	CERTIMIÚ
	RCORA16	06-09-21 14:26	Maquegua - Samegua	24.6°C	2203 $\mu\text{S}/\text{cm}$	7	1106	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A Macco Cano	13-09-21 15:45	CERTIMIÚ
	RCORA17	06-09-21 14:28	Maquegua - Samegua	24.3°C	2124 $\mu\text{S}/\text{cm}$	7	1062	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A Macco Cano	13-09-21 15:45	CERTIMIÚ
	RCORA18	06-09-21 14:30	Maquegua - Samegua	24.0°C	2381 $\mu\text{S}/\text{cm}$	7	1193	SP (HNO ₃)	500 ml	Bach. Natalia A Macco Cano	13-09-21 15:45	CERTIMIÚ

Etiqueta para Muestra de Agua

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

Cadena de Custodia

Código Número de Custodia: 001	Solicitante: David Alejandro Maco Cano	DNI: 75013837	Firma: <i>[Firma]</i>
Institución: CERTIMIN	Dirección: Calle Sarmiento H-3A2A	Provincia: Maca, Napo	Dpto: Maca Napo
Teléfono (01)2055656	FAX: (01)2055656	Responsible del muestreo: Bach. Natalia Alejandra Maco C.	Firma: <i>[Firma]</i>
			Urgencia: <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Alta

Código DILAB (1)	Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Tipo de muestra (2)	N° de envases por punto de muestreo			Preservación												Parámetros Físico - Químicos (4)						Parámetros Biológicos (4)						Observaciones			
					P (3)	V (3)	E (3)	HCL	H2SO4	HNO3	NaOH	Zn(CH3COO)2	Otro:	DBO5	DQO	Acetils y grasas (MEH)	Metales totales (corrida)	Cromo hexavalente	Nitrogeno total	Nitrogeno amoniacal	Nitratos	Nitritos	Fosfatos	Fosforo total	Cianuro WAD	Fenoles	SAM-Detergentes	Sulfuros	Fluoruros	Plaguicidas (todos: DS-015-2015-MINAM)	Coll. termotolerantes		Coliformes totales	Escherichia coli	Enterococos
JUL1012.R21	RCORA01	14-06-21	15:12	AS	X																														Buena condición Met. ICP MS
JUL1012.R21	RPGRA01	11-06-21	15:27	AS	X																													Buena condición Met. ICP MS	
JUL1032.R21	RCORA02	03-07-21	12:47	AS	X																													Buena condición Met. ICP MS	
JUL1032.R21	RCORA03	03-07-21	12:44	AS	X																													Buena condición Met. ICP MS	
JUL1032.R21	RCORA04	03-07-21	12:52	AS	X																													Buena condición Met. ICP MS	
JUL1114.R21	RCORA05	12-07-21	17:34	AS	X																													Buena condición Met. ICP MS	
JUL1114.R21	RCORA06	12-07-21	17:36	AS	X																													Buena condición Met. ICP MS	
JUL1114.R21	RCORA07	12-07-21	17:38	AS	X																													Buena condición Met. ICP MS	
AGO1015.R21	RCORA08	23-07-21	17:33	AS	X																														Buena condición Met. ICP MS
AGO1015.R21	RCORA09	23-07-21	17:37	AS	X																														Buena condición Met. ICP MS
AGO1015.R21	RCORA10	23-07-21	17:37	AS	X																														Buena condición Met. ICP MS

Entregado:			Recibido:		
Nombre y apellidos	Firma	Institución/empresa	Nombre y apellidos	Firma	Institución/empresa
David Alejandro Maco Navarrete	<i>[Firma]</i>	PARTICULAR	Edgar Nina Velasquez	<i>[Firma]</i>	CERTIMIN
David Alejandro Maco Navarrete	<i>[Firma]</i>	PARTICULAR	Edgar Nina Velasquez	<i>[Firma]</i>	CERTIMIN
David Alejandro Maco Navarrete	<i>[Firma]</i>	PARTICULAR	Edgar Nina Velasquez	<i>[Firma]</i>	CERTIMIN
David Alejandro Maco Navarrete	<i>[Firma]</i>	PARTICULAR	Edgar Nina Velasquez	<i>[Firma]</i>	CERTIMIN

Condición y temperatura de llegada de las muestras: Muestras en buenas condiciones para el análisis solicitado. Comentarios: Frascos de polietileno refrigerados y sellados.

(1) Campo exclusivo para el laboratorio
 (2) AS (Agua Superficial); AM (Agua de Mar); AR (Agua Residual); BV (Blanco de Campo); BE (Blanco de Equipo); SE (Sedimentos); LD (Lodos); SU (Suelos)
 (3) P. Plástico; V. Vidrio; E... Estéril
 (4) Ver lista de parámetros del Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua" y otros que se requiera para investigación.

Cadena de Custodia

Código Número de Custodia: 002	Solicitante: David Alejandro Maco Cano	DNI: 75073837	Firma: <i>[Firma]</i>
Institución: CERTIMIN	Dirección: Calle Samega H3A2A Distrito: Samega	Provincia: Mac. Nieto	Dpto: Moquegua
Teléfono (01) 2055656	FAX: (01) 2055656	Responsable del muestreo: Bach. Natalia Alejandro Maco C.	Firma: <i>[Firma]</i>
Urgencia: <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Alta			

Código DILAB (1)	Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Tipo de muestra (2)	N° de envases por punto de muestreo			Preservación	Parámetros Físico - Químicos (4)														Parámetros Biológicos (4)					Observaciones							
					P (3)	V (3)	E (3)		HCL	H2SO4	HNO3	NaOH	Zn(O ₂ CH ₃) ₂	Otro:	DBO ₅	DQO	Acetils y grasas (MEH) (corrida)	Metales totales	Cromo hexavalente	Nitrogeno total	Nitrogeno amoniacal	Nitratos	Nitratos	Fosfatos	Fosforo total	Cianuro WAD	Fenoles		SAM-Detergentes	Sulfuros	Fluoruros	Plaguicidas (todos: DS-015-2015-MINAM)	Coll. termotolerantes	Coliformes totales	Escherichia coli
AGO1077.R21	RCORA 11	03-08-21	14:38	AS	X																														Buena condicion Met ICPOES
AGO1077.R21	RCORA 12	03-08-21	14:40	AS	X																														Buena condicion Met ICPOES
AGO1077.R21	RCORA 13	03-08-21	14:42	AS	X																														Buena condicion Met ICPOES
AGO1077.R21	RCORA 14	08-08-21	14:44	AS	X																														Buena condicion Met ICPOES
SET1156.R21	RCORA 15	06-09-21	14:24	AS	X																														Buena condicion Met ICPOES
SET1156.R21	RCORA 16	06-09-21	14:26	AS	X																														Buena condicion Met ICPOES
SET1156.R21	RCORA 17	06-09-21	14:28	AS	X																														Buena condicion Met ICPOES
SET1156.R21	RCORA 18	06-09-21	14:30	AS	X																														Buena condicion Met ICPOES

Entregado:			Recibido:		
Nombre y apellidos	Firma	Institución/empresa	Nombre y apellidos	Firma	Institución/empresa
David Alejandro Maco Navarrete	<i>[Firma]</i>	PARTICULAR	Edgar Nina Velasquez	<i>[Firma]</i>	CERTIMIN
David Alejandro Maco Navarrete	<i>[Firma]</i>	PARTICULAR	Edgar Nina Velasquez	<i>[Firma]</i>	CERTIMIN

Condición y temperatura de llegada de las muestras: Muestras en buenas condiciones para el análisis solicitado
 Comentarios: Frascos de polietileno refrigerados y sellados

(1) Campo exclusivo para el laboratorio
 (2) AS (Agua Superficial); AM (Agua de Mar); AR (Agua Residual); BV (Blanco Viajero); BC (Blanco de Equipo); BE (Blanco de Campo); SE (Sedimentos); LD (Lodos); SU (Suelos)
 (3) P.: Plástico; V.: Vidrio; E.: Estéril
 (4) Ver lista de parámetros del Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua" y otros que se requiera para investigación.

ANEXO 06



INFORME DE ENSAYO N° JUL1012.R21

SOLICITANTE :	NATALIA ALEJANDRA MACO CANO
DOMICILIO LEGAL :	Calle Samegua H3 A2 A Mariscal Nieto, Moquegua
SOLICITADO POR :	Natalia Maco
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	Cadena de Custodia N° 1130-21/CERTIMIN
REFERENCIA :	Monitoreo Calidad de Agua
FECHA DE MUESTREO :	2021/06/14 al 2021/06/16
MUESTRA TOMADA POR :	EL CLIENTE
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Agua Superficial
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO : 2	
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Frascos de polietileno refrigerados y sellados.
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestra en buena condición para el análisis solicitado.
FECHA DE RECEPCIÓN :	lunes, 28 de Junio de 2021
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica.
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2021-06-28 al 2021-07-05
FECHA DE REPORTE :	lunes, 05 de Julio de 2021
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 5 de Julio de 2021

"Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A."
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.
Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.



INFORME DE ENSAYO
N° JUL1012.R21

RESULTADOS

Muestras		Ensayos																
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA0747 Ag(t) mg/L	MA0747 Al(t) mg/L	MA0747 As(t) mg/L	MA0747 B(t) mg/L	MA0747 Ba(t) mg/L	MA0747 Be(t) mg/L	MA0747 Bi(t) mg/L	MA0747 Ca(t) mg/L	MA0747 Ce(t) mg/L	MA0747 Cd(t) mg/L	MA0747 Co(t) mg/L	MA0747 Cr(t) mg/L	MA0747 Cu(t) mg/L	MA0747 Cs(t) mg/L	MA0747 Fe(t) mg/L
1	RPGRA 01	2021-06-16 15:27	Agua Superficial	<0.00001	0.039	0.0006	0.016	0.00175	<0.0003	<0.00003	1.22	0.00009	<0.00005	<0.00009	<0.0005	0.0004	0.00003	0.43
2	RCORA 01	2021-06-14 15:12	Agua Superficial	0.00003	6.781	0.0513	7.433	0.08196	0.0003	<0.00003	106.63	0.00330	0.00478	0.03835	<0.0005	0.2545	0.08469	4.64

LD: Límite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUL1012.R21

Muestras		Ensayos																		
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0747 Ga(t) mg/L 0.00002	MA0747 Ge(t) mg/L 0.00002	MA0747 Hg(t) mg/L 0.0001	MA0747 Hf(t) mg/L 0.0003	MA0747 In(t) mg/L 0.00005	MA0747 K(t) mg/L 0.01	MA0747 La(t) mg/L 0.00001	MA0747 Li(t) mg/L 0.0006	MA0747 Lu(t) mg/L 0.00006	MA0747 Mg(t) mg/L 0.0003	MA0747 Mn(t) mg/L 0.00005	MA0747 Mo(t) mg/L 0.00005	MA0747 Na(t) mg/L 0.01	MA0747 Nb(t) mg/L 0.0001	MA0747 Ni(t) mg/L 0.0005	MA0747 P(t) mg/L 0.001	MA0747 Pb(t) mg/L 0.00005	MA0747 Rb(t) mg/L 0.00001	MA0747 Sb(t) mg/L 0.0001
1	RPGRA 01	<0.00002	<0.00002	<0.0001	<0.0003	<0.00005	2.08	0.00004	<0.0006	<0.00006	0.5102	0.01354	0.00007	1.47	<0.0001	<0.0005	0.036	0.00048	0.00501	<0.0001
2	RCORA 01	0.00019	0.00051	<0.0001	<0.0003	<0.00005	14.85	0.00157	3.6757	<0.00006	18.6006	1.02451	0.00018	416.16	<0.0001	0.0868	0.35	0.00052	0.07920	0.0001

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° JUL1012.R21

Registro N°LE -022

Muestras		Ensayos																		
N°	Codigo de Servicio	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747	MA0747
	Ensayo	S(t)	Se(t)	Si(t)	SiO2(t)	SiO3(t)	Sn(t)	Sr(t)	Ta(t)	Tb(t)	Te(t)	Ti(t)	Tl(t)	Th(t)	U(t)	V(t)	W(t)	Yb(t)	Zn(t)	Zr(t)
Limite de Detección LD	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	RPGRA 01	1.1	<0.001	12.22	26.18	33.16	<0.0001	0.0109	<0.00002	<0.0004	<0.0001	<0.002	<0.0001	<0.0001	<0.00001	<0.001	<0.0003	<0.00003	0.004	0.0001
2	RCORA 01	87.7	0.001	17.17	86.79	46.60	<0.0001	1.8795	<0.00002	<0.0004	<0.0001	<0.002	0.0011	0.0006	0.00017	<0.001	<0.0003	0.00009	0.506	<0.0001

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° JUL1012.R21

Registro N°LE -022

CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0747 Ag(t) mg/L 0.00001	MA0747 Al(t) mg/L 0.001	MA0747 As(t) mg/L 0.0001	MA0747 B(t) mg/L 0.004	MA0747 Ba(t) mg/L 0.00005	MA0747 Be(t) mg/L 0.0003	MA0747 Bi(t) mg/L 0.00003	MA0747 Ca(t) mg/L 0.02	MA0747 Ce(t) mg/L 0.00001	MA0747 Cd(t) mg/L 0.00005	MA0747 Co(t) mg/L 0.00009	MA0747 Cr(t) mg/L 0.0005	MA0747 Cu(t) mg/L 0.0001	MA0747 Cs(t) mg/L 0.00001
1	Adición (% Recup.)	99.9	104.0	102.2	106.0	101.6	101.8	101.6	100.0	103.3	98.0	95.7	95.6	105.4	99.7
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	99.9	104.0	102.2	106.0	101.6	101.8	101.6	100.0	103.3	98.0	95.5	95.6	105.4	99.7
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA 01 (Original)	0.00003	5.781	0.0513	7.433	0.08196	0.0003	<0.00003	106.63	0.00330	0.00478	0.03835	<0.0005	0.2545	0.08469
6	RCORA 01 (Dup)	0.00003	5.739	0.0513	7.410	0.08140	0.0003	<0.00003	104.36	0.00332	0.00475	0.03791	<0.0005	0.2561	0.08286
7	Blanco	<0.00001	<0.001	<0.0001	<0.004	<0.00005	<0.0003	<0.00003	<0.02	<0.00001	<0.00005	<0.00009	<0.0005	<0.0001	<0.00001

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° JUL1012.R21

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0747 Fe(t) mg/L 0.01	MA0747 Ga(t) mg/L 0.00002	MA0747 Ge(t) mg/L 0.00002	MA0747 Hg(t) mg/L 0.0001	MA0747 Hf(t) mg/L 0.0003	MA0747 In(t) mg/L 0.00005	MA0747 K(t) mg/L 0.01	MA0747 La(t) mg/L 0.00001	MA0747 Li(t) mg/L 0.0006	MA0747 Lu(t) mg/L 0.00006	MA0747 Mg(t) mg/L 0.0003	MA0747 Mn(t) mg/L 0.00005	MA0747 Mo(t) mg/L 0.00005	MA0747 Na(t) mg/L 0.01
1	Adición (% Recup.)	100.0	100.6	96.9	100.6	96.8	99.0	100.0	105.0	100.6	95.8	102.2	102.8	103.5	100.0
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	100.0	100.6	96.9	100.6	96.6	99.0	100.0	105.0	100.0	95.8	102.2	102.8	103.5	100.0
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA 01 (Original)	4.64	0.00019	0.00051	<0.0001	<0.0003	<0.00005	14.85	0.00157	3.6757	<0.00006	18.6006	1.02451	0.00018	416.16
6	RCORA 01 (Dup)	4.67	0.00018	0.00052	<0.0001	<0.0003	<0.00005	14.29	0.00158	3.6458	<0.00006	18.2868	1.03096	0.00021	413.33
7	Blanco	<0.01	<0.00002	<0.00002	<0.0001	<0.0003	<0.00005	<0.01	<0.00001	<0.0006	<0.00006	<0.0003	<0.00005	<0.00005	<0.01



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° JUL1012.R21

Registro N°LE -022

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0747 Nb(t) mg/L 0.0001	MA0747 Ni(t) mg/L 0.0005	MA0747 P(t) mg/L 0.001	MA0747 Pb(t) mg/L 0.00005	MA0747 Rb(t) mg/L 0.00001	MA0747 Sb(t) mg/L 0.0001	MA0747 S(t) mg/L 0.1	MA0747 Se(t) mg/L 0.001	MA0747 Si(t) mg/L 0.03	MA0747 SiO2(t) mg/L 0.06	MA0747 SiO3(t) mg/L 0.07	MA0747 Sn(t) mg/L 0.0001	MA0747 Sr(t) mg/L 0.0001	MA0747 Ta(t) mg/L 0.00002
1	Adición (% Recup.)	98.2	106.0	96.0	97.9	95.1	101.2	100.0	98.0	100.0	100.0	100.0	94.6	96.2	99.7
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	98.0	105.6	96.0	97.9	95.0	101.2	100.0	98.0	100.0	100.0	100.0	94.6	96.2	99.7
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA 01 (Original)	<0.0001	0.0868	0.35	0.00052	0.07920	0.0001	87.7	0.001	17.17	86.79	46.60	<0.0001	1.8795	<0.00002
6	RCORA 01 (Dup)	<0.0001	0.0869	0.35	0.00052	0.07878	0.0001	88.1	0.001	17.14	86.72	46.52	<0.0001	1.8803	<0.00002
7	Blanco	<0.0001	<0.0005	<0.001	<0.00005	<0.00001	<0.0001	<0.1	<0.001	<0.03	<0.06	<0.07	<0.0001	<0.0001	<0.00002



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° JUL1012.R21

Registro N°LE -022

Muestras QC		Ensayos										
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0747 Tb(t) mg/L 0.0004	MA0747 Te(t) mg/L 0.0001	MA0747 Ti(t) mg/L 0.002	MA0747 Tl(t) mg/L 0.0001	MA0747 Th(t) mg/L 0.0001	MA0747 U(t) mg/L 0.00001	MA0747 V(t) mg/L 0.001	MA0747 W(t) mg/L 0.0003	MA0747 Yb(t) mg/L 0.00003	MA0747 Zn(t) mg/L 0.001	MA0747 Zr(t) mg/L 0.0001
1	Adición (% Recup.)	102.2	97.8	108.0	105.2	101.8	102.3	96.0	103.0	94.8	102.0	97.0
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	102.2	97.8	106.0	105.2	101.8	102.3	96.0	103.0	94.8	102.0	97.0
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA 01 (Original)	<0.0004	<0.0001	<0.002	0.0011	0.0006	0.00017	<0.001	<0.0003	0.00009	0.506	<0.0001
6	RCORA 01 (Dup)	<0.0004	<0.0001	<0.002	0.0011	0.0005	0.00017	<0.001	<0.0003	0.00009	0.503	<0.0001
7	Blanco	<0.0004	<0.0001	<0.002	<0.0001	<0.0001	<0.00001	<0.001	<0.0003	<0.00003	<0.001	<0.0001



METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
	Ensayo	Denominación	Cod.Serv	(1) Norma o Referencia
1	Metales Totales Por ICP MS	Metales Totales Por ICP MS	MA0747	EPA Method 200.8 Rev. 5.4.1994. Determination of trace elements in waters and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. Metales validados (Aplicado fuera del alcance) (Boro, Bismuto, Calcio, Cerio, Cesio, Hierro, Galio, Germanio, Hafnio, Indio, Potasio, Lantano, Litio, Lutecio, Magnesio, Sodio, Niobio, Fósforo, Rubidio, Azufre, SiO ₂ , Sílice, Silicato, Estaño, Estroncio, Tantalio, Terbio, Teluro, Titanio, Wolframio, Iterbio, Zirconio).

- (1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
APHA : American Public Health Association.
AWWA: American Water Works Association.
WEF : Water Environment Federation.
EPA : Environmental Protection Agency.
ASTM: American Society for Testing and Materials.
ISO: International Organization for Standardization.
NTP: Norma Técnica Peruana.
NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.



INFORME DE ENSAYO N° JUL1032.R21

SOLICITANTE :	NATALIA ALEJANDRA MACO CANO
DOMICILIO LEGAL :	Calle Samegua H3 A2 A Mariscal Nieto, Moquegua
SOLICITADO POR :	Natalia Maco
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	Cadena de Custodia N° 1150-21/CERTIMIN
REFERENCIA :	Monitoreo Calidad de Agua
FECHA DE MUESTREO :	2021/07/03
MUESTRA TOMADA POR :	EL CLIENTE
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Agua Superficial
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :	3
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Frascos de polietileno refrigerados y sellados.
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestra en buena condición para el análisis solicitado.
FECHA DE RECEPCIÓN :	martes, 06 de julio de 2021
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica.
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2021-07-06 al 2021-07-11
FECHA DE REPORTE :	domingo, 11 de julio de 2021
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 11 de julio de 2021

"Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A."
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.
Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° JUL1032.R21

RESULTADOS

Muestras		Ensayos																	
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA0122 Ag(t) mg/L 0.002	MA0122 Al(t) mg/L 0.02	MA0122 As(t) mg/L 0.008	MA0122 B(t) mg/L 0.003	MA0122 Ba(t) mg/L 0.001	MA0122 Be(t) mg/L 0.0003	MA0122 Bi(t)* mg/L 0.02	MA0122 Ca(t) mg/L 0.05	MA0122 Cd(t) mg/L 0.001	MA0122 Ce(t) mg/L 0.02	MA0122 Co(t) mg/L 0.002	MA0122 Cr(t) mg/L 0.004	MA0122 Cu(t) mg/L 0.003	MA0122 Fe(t) mg/L 0.01	MA0122 K(t) mg/L 0.01	MA0122 Li(t) mg/L 0.004
1	RCORA 02	2021-07-03 12:47	Agua Superficial	<0.002	5.18	0.054	5.624	0.058	0.0006	<0.02	92.72	<0.001	<0.02	0.034	<0.004	0.083	2.78	10.90	1.082
2	RCORA 03	2021-07-03 12:49	Agua Superficial	<0.002	4.99	0.028	5.620	0.055	0.0004	<0.02	92.91	<0.001	<0.02	0.030	<0.004	0.095	2.67	11.22	1.072
3	RCORA 04	2021-07-03 12:52	Agua Superficial	<0.002	6.55	0.053	6.206	0.064	0.0005	<0.02	102.74	0.001	<0.02	0.041	<0.004	0.125	3.60	11.23	1.193

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

LD: Límite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° JUL1032.R21

Muestras		Ensayos															
N°	Codigo de Servicio	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122
	Ensayo	Mg (t)	Mn (t)	Mo (t)	Na (t)	Ni (t)	P (t)	Pb (t)	Sb (t)	Se (t)	SiO2 (t)	Sn (t)	Sr (t)	Ti (t)	Tl (t)	V (t)	Zn (t)
	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Limite de Detección LD	0.02	0.001	0.004	0.01	0.002	0.06	0.01	0.008	0.02	0.02	0.007	0.0007	0.01	0.05	0.003	0.005
1	RCORA 02	16.97	0.862	<0.004	330.48	0.041	<0.06	<0.01	<0.008	<0.02	46.50	<0.007	1.2770	<0.01	<0.05	0.004	0.384
2	RCORA 03	17.24	0.818	<0.004	330.23	0.040	0.11	<0.01	<0.008	<0.02	46.86	<0.007	1.2611	<0.01	<0.05	0.003	0.387
3	RCORA 04	18.61	0.989	<0.004	352.98	0.048	0.11	<0.01	<0.008	<0.02	52.58	<0.007	1.4184	<0.01	<0.05	0.004	0.439

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



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



Registro N°LE -022

INFORME DE ENSAYO
N° JUL1032.R21

CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0122 Ag (t) mg/L 0.002	MA0122 Al (t) mg/L 0.02	MA0122 As (t) mg/L 0.008	MA0122 B (t) mg/L 0.003	MA0122 Ba (t) mg/L 0.001	MA0122 Be (t) mg/L 0.0003	MA0122 Bi (t) * mg/L 0.02	MA0122 Ca (t) mg/L 0.05	MA0122 Cd (t) mg/L 0.001	MA0122 Ce (t) mg/L 0.02	MA0122 Co (t) mg/L 0.002	MA0122 Cr (t) mg/L 0.004	MA0122 Cu (t) mg/L 0.003	MA0122 Fe (t) mg/L 0.01
1	Adición (% Recup.)	106.5	104.0	97.4	89.0	99.6	97.7	92.0	100.5	93.8	104.0	94.6	94.2	97.6	114.0
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	102.4	101.3	98.6	103.2	102.4	102.8	98.0	102.5	102.0	104.0	101.6	103.4	101.0	102.0
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA 03 (Original)	<0.002	4.99	0.028	5.620	0.055	0.0004	<0.02	92.91	<0.001	<0.02	0.030	<0.004	0.095	2.67
6	RCORA 03 (Dup)	<0.002	5.00	0.028	5.568	0.054	0.0004	<0.02	92.19	<0.001	<0.02	0.030	<0.004	0.094	2.65
7	Blanco	<0.002	<0.02	<0.008	<0.003	<0.001	<0.0003	<0.02	<0.05	<0.001	<0.02	<0.002	<0.004	<0.003	<0.01



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° JUL1032.R21

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0122 K (t) mg/L 0.01	MA0122 Li (t) mg/L 0.004	MA0122 Mg (t) mg/L 0.02	MA0122 Mn (t) mg/L 0.001	MA0122 Mo (t) mg/L 0.004	MA0122 Na (t) mg/L 0.01	MA0122 Ni (t) mg/L 0.002	MA0122 P (t) mg/L 0.06	MA0122 Pb (t) mg/L 0.01	MA0122 Sb (t) mg/L 0.008	MA0122 Se (t) mg/L 0.02	MA0122 SiO2 (t) mg/L 0.02	MA0122 Sn (t) mg/L 0.007	MA0122 Sr (t) mg/L 0.0007
1	Adición (% Recup.)	105.5	101.0	101.6	100.0	94.8	97.5	94.6	112.0	92.0	96.2	98.0	97.6	92.4	104.0
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	100.0	101.0	102.2	102.0	103.0	102.7	100.4	106.4	100.0	98.8	100.0	101.2	98.2	101.9
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA 03 (Original)	11.22	1.072	17.24	0.818	<0.004	330.23	0.040	0.11	<0.01	<0.008	<0.02	46.86	<0.007	1.2611
6	RCORA 03 (Dup)	11.12	1.060	17.04	0.811	<0.004	336.83	0.041	0.10	<0.01	<0.008	<0.02	46.48	<0.007	1.2434
7	Blanco	<0.01	<0.004	<0.02	<0.001	<0.004	<0.01	<0.002	<0.06	<0.01	<0.008	<0.02	<0.02	<0.007	<0.0007



INFORME DE ENSAYO
N° JUL1032.R21

Registro N°LE -022

Muestras QC		Ensayos			
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0122 Ti (t) mg/L 0.01	MA0122 Tl (t) mg/L 0.05	MA0122 V (t) mg/L 0.003	MA0122 Zn (t) mg/L 0.005
1	Adición (% Recup.)	98.0	88.0	97.2	96.0
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	102.0	96.0	102.0	100.2
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA 03 (Original)	<0.01	<0.05	0.003	0.387
6	RCORA 03 (Dup)	<0.01	<0.05	0.003	0.385
7	Blanco	<0.01	<0.05	<0.003	<0.005



METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
	Ensayo	Denominación	Cod.Serv	(1) Norma o Referencia
1	Metales Totales Por ICP OES	Metales Totales Por ICP OES	MA0122	EPA. Method 200.7. Revisión 4.4 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma- Atomic. Emission Spectrometry.

- (1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
APHA : American Public Health Association.
AWWA: American Water Works Association.
WEF : Water Environment Federation.
EPA : Environmental Protection Agency.
ASTM: American Society for Testing and Materials.
ISO: International Organization for Standardization.
NTP: Norma Técnica Peruana.
NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.



INFORME DE ENSAYO N° JUL1114.R21

SOLICITANTE :	NATALIA ALEJANDRA MACO CANO
DOMICILIO LEGAL :	Calle Samegua H3 A2 A Mariscal Nieto, Moquegua
SOLICITADO POR :	Natalia Maco
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	Cadena de Custodia N° 1235-21/CERTIMIN
REFERENCIA :	Monitoreo Calidad de Agua
FECHA DE MUESTREO :	2021/07/12
MUESTRA TOMADA POR :	EL CLIENTE
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Agua Superficial
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :	3
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Frascos de polietileno refrigerados y sellados.
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestra en buena condición para el análisis solicitado.
FECHA DE RECEPCIÓN :	sábado, 17 de Julio de 2021
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica.
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2021-07-17 al 2021-07-23
FECHA DE REPORTE :	viernes, 23 de Julio de 2021
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 23 de Julio de 2021

"Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A."
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.
Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.



INFORME DE ENSAYO
N° JUL1114.R21

RESULTADOS

Muestras		Ensayos																	
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA0122 Ag (t) mg/L	MA0122 Al (t) mg/L	MA0122 As (t) mg/L	MA0122 B (t) mg/L	MA0122 Ba (t) mg/L	MA0122 Be (t) mg/L	MA0122 Bi (t) * mg/L	MA0122 Ca (t) mg/L	MA0122 Cd (t) mg/L	MA0122 Ce (t) mg/L	MA0122 Co (t) mg/L	MA0122 Cr (t) mg/L	MA0122 Cu (t) mg/L	MA0122 Fe (t) mg/L	MA0122 K (t) mg/L	MA0122 Li (t) mg/L
1	RCORA 05	2021-07-12 17:34	Agua Superficial	<0.002	4.20	0.039	3.464	0.042	<0.0003	<0.02	65.46	<0.001	<0.02	0.015	<0.004	0.068	2.55	4.61	0.614
2	RCORA 06	2021-07-12 17:36	Agua Superficial	<0.002	3.89	0.025	3.708	0.040	0.0003	<0.02	70.36	<0.001	<0.02	0.016	<0.004	0.087	1.69	5.50	0.641
3	RCORA 07	2021-07-12 17:38	Agua Superficial	<0.002	3.58	0.008	3.793	0.040	0.0003	<0.02	68.73	<0.001	<0.02	0.020	<0.004	0.088	1.28	5.91	0.687

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

LD: Límite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.



Muestras		Ensayos															
N°	Codigo de Servicio	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122
	Ensayo	Mg(t)	Mn(t)	Mo(t)	Na(t)	Ni(t)	P(t)	Pb(t)	Sb(t)	Se(t)	SiO2(t)	Sn(t)	Sr(t)	Ti(t)	Tl(t)	V(t)	Zn(t)
	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Limite de Detección LD	0.02	0.001	0.004	0.01	0.002	0.06	0.01	0.008	0.02	0.02	0.007	0.0007	0.01	0.05	0.003	0.005
1	RCORA 05	10.74	0.498	<0.004	220.88	0.026	0.12	<0.01	<0.008	<0.02	36.67	<0.007	0.8492	<0.01	<0.05	0.004	0.230
2	RCORA 06	11.91	0.480	<0.004	230.25	0.026	0.11	<0.01	<0.008	<0.02	37.75	<0.007	0.8964	<0.01	<0.05	<0.003	0.234
3	RCORA 07	11.96	0.537	<0.004	233.68	0.021	0.12	<0.01	<0.008	<0.02	36.95	<0.007	0.9145	<0.01	<0.05	<0.003	0.249

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*



METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
	Ensayo	Denominación	Cod.Serv	(1) Norma o Referencia
1	Metales Totales Por ICP OES	Metales Totales Por ICP OES	MA0122	EPA. Method 200.7. Revisión 4.4 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma- Atomic. Emission Spectrometry.

- (1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
APHA : American Public Health Association.
AWWA: American Water Works Association.
WEF : Water Environment Federation.
EPA : Environmental Protection Agency.
ASTM: American Society for Testing and Materials.
ISO: International Organization for Standardization.
NTP: Norma Técnica Peruana.
NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.



Registro N°LE -022

INFORME DE ENSAYO N° AGO1015.R21

SOLICITANTE : NATALIA ALEJANDRA MACO CANO
DOMICILIO LEGAL : Calle Samegua H3 A2 A
Mariscal Nieto, Moquegua
SOLICITADO POR : Natalia Maco
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL: Cadena de Custodia N° 1289-21/CERTIMIN
REFERENCIA : Monitoreo Calidad de Agua
FECHA DE MUESTREO : 2021/07/23
MUESTRA TOMADA POR : EL CLIENTE
PROTOCOLO : --
TIPO DE MUESTRA: Agua Superficial
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO : 3
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS : Frascos de polietileno refrigerados y sellados.
**CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS :
RECEPCIONADAS** Muestra en buena condición para el análisis solicitado.
FECHA DE RECEPCIÓN : viernes, 30 de julio de 2021
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS : Según se indica.
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO : 2021-07-30 al 2021-08-06
FECHA DE REPORTE : viernes, 06 de agosto de 2021
PERIODO DE CUSTODIA : Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 6 de agosto de 2021

"Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A."

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

El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.

Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.



INFORME DE ENSAYO
N° AGO1015.R21

RESULTADOS

Muestras		Ensayos																	
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA0122 Ag(t) mg/L 0.002	MA0122 Al(t) mg/L 0.02	MA0122 As(t) mg/L 0.008	MA0122 B(t) mg/L 0.003	MA0122 Ba(t) mg/L 0.001	MA0122 Be(t) mg/L 0.0003	MA0122 Bi(t)* mg/L 0.02	MA0122 Ca(t) mg/L 0.05	MA0122 Cd(t) mg/L 0.001	MA0122 Ce(t) mg/L 0.02	MA0122 Co(t) mg/L 0.002	MA0122 Cr(t) mg/L 0.004	MA0122 Cu(t) mg/L 0.003	MA0122 Fe(t) mg/L 0.01	MA0122 K(t) mg/L 0.01	MA0122 Li(t) mg/L 0.004
1	RCORA 08	2021-07-23 17:32	Agua Superficial	<0.002	3.50	0.030	3.321	0.050	<0.0003	<0.02	74.13	<0.001	<0.02	0.012	<0.004	0.057	1.69	7.02	0.793
2	RCORA 09	2021-07-23 17:34	Agua Superficial	<0.002	4.49	0.016	3.776	0.050	<0.0003	<0.02	80.12	<0.001	<0.02	0.011	<0.004	0.078	1.98	13.31	0.925
3	RCORA 10	2021-07-23 17:37	Agua Superficial	<0.002	4.14	0.020	3.781	0.050	<0.0003	<0.02	80.47	<0.001	<0.02	0.011	<0.004	0.079	1.42	11.56	0.921

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

LD: Límite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° AGO1015.R21

Registro N°LE -022

Muestras		Ensayos															
N°	Codigo de Servicio	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122
	Ensayo	Mg(t)	Mn(t)	Mo(t)	Na(t)	Ni(t)	P(t)	Pb(t)	Sb(t)	Se(t)	SiO2(t)	Sn(t)	Sr(t)	Ti(t)	Tl(t)	V(t)	Zn(t)
	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Limite de Detección LD	0.02	0.001	0.004	0.01	0.002	0.06	0.01	0.008	0.02	0.02	0.007	0.0007	0.01	0.05	0.003	0.005
1	RCORA 08	11.73	0.336	<0.004	247.95	0.013	0.15	<0.01	<0.008	<0.02	41.78	<0.007	0.8720	<0.01	<0.05	<0.003	0.194
2	RCORA 09	14.12	0.356	<0.004	281.79	0.003	0.17	<0.01	<0.008	<0.02	43.68	<0.007	0.9588	<0.01	<0.05	<0.003	0.220
3	RCORA 10	14.35	0.361	<0.004	279.24	0.018	0.16	<0.01	<0.008	<0.02	44.73	<0.007	0.9476	<0.01	<0.05	<0.003	0.215

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



CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0122 Ag (t) mg/L 0.002	MA0122 Al (t) mg/L 0.02	MA0122 As (t) mg/L 0.008	MA0122 B (t) mg/L 0.003	MA0122 Ba (t) mg/L 0.001	MA0122 Be (t) mg/L 0.0003	MA0122 Bi (t) * mg/L 0.02	MA0122 Ca (t) mg/L 0.05	MA0122 Cd (t) mg/L 0.001	MA0122 Ce (t) mg/L 0.02	MA0122 Co (t) mg/L 0.002	MA0122 Cr (t) mg/L 0.004	MA0122 Cu (t) mg/L 0.003	MA0122 Fe (t) mg/L 0.01
1	Adición (% Recup.)	95.2	99.3	95.4	99.8	108.4	97.8	102.0	96.2	98.4	94.0	109.8	105.2	110.4	104.0
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	96.0	98.4	103.6	104.6	94.6	107.1	96.0	101.1	102.6	96.0	94.2	96.0	99.8	102.0
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA 10 (Original)	<0.002	4.14	0.020	3.781	0.050	<0.0003	<0.02	80.47	<0.001	<0.02	0.011	<0.004	0.079	1.42
6	RCORA 10 (Dup)	<0.002	4.15	0.020	3.758	0.050	<0.0003	<0.02	80.63	<0.001	<0.02	0.011	<0.004	0.078	1.44
7	Blanco	<0.002	<0.02	<0.008	<0.003	<0.001	<0.0003	<0.02	<0.05	<0.001	<0.02	<0.002	<0.004	<0.003	<0.01



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° AGO1015.R21

Registro N°LE -022

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0122 K (t) mg/L 0.01	MA0122 Li (t) mg/L 0.004	MA0122 Mg (t) mg/L 0.02	MA0122 Mn (t) mg/L 0.001	MA0122 Mo (t) mg/L 0.004	MA0122 Na (t) mg/L 0.01	MA0122 Ni (t) mg/L 0.002	MA0122 P (t) mg/L 0.06	MA0122 Pb (t) mg/L 0.01	MA0122 Sb (t) mg/L 0.008	MA0122 Se (t) mg/L 0.02	MA0122 SiO2 (t) mg/L 0.02	MA0122 Sn (t) mg/L 0.007	MA0122 Sr (t) mg/L 0.0007
1	Adición (% Recup.)	96.0	95.0	100.2	110.0	96.4	101.3	94.2	93.6	98.0	103.4	104.0	92.8	95.8	94.0
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	102.7	99.0	101.6	103.6	100.6	95.6	94.4	96.0	96.0	98.8	100.0	96.8	95.8	96.2
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA 10 (Original)	11.56	0.921	14.35	0.361	<0.004	279.24	0.018	0.16	<0.01	<0.008	<0.02	44.73	<0.007	0.9476
6	RCORA 10 (Dup)	11.54	0.919	14.23	0.360	<0.004	278.40	0.018	0.16	<0.01	<0.008	<0.02	44.68	<0.007	0.9476
7	Blanco	<0.01	<0.004	<0.02	<0.001	<0.004	<0.01	<0.002	<0.06	<0.01	<0.008	<0.02	<0.02	<0.007	<0.0007



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° AGO1015.R21

Registro N°LE -022

Muestras QC		Ensayos			
N°	Codigo de Servicio	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122
	Ensayo	Ti (t)	Tl (t)	V (t)	Zn (t)
	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Limite de Detección LD	0.01	0.05	0.003	0.005
1	Adición (% Recup.)	106.0	102.0	110.0	104.6
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	100.0	106.0	98.8	106.2
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA 10 (Original)	<0.01	<0.05	<0.003	0.215
6	RCORA 10 (Dup)	<0.01	<0.05	<0.003	0.213
7	Blanco	<0.01	<0.05	<0.003	<0.005



METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
	Ensayo	Denominación	Cod.Serv	(1) Norma o Referencia
1	Metales Totales Por ICP OES	Metales Totales Por ICP OES	MA0122	EPA. Method 200.7. Revisión 4.4 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma- Atomic. Emission Spectrometry.

- (1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
APHA : American Public Health Association.
AWWA: American Water Works Association.
WEF : Water Environment Federation.
EPA : Environmental Protection Agency.
ASTM: American Society for Testing and Materials.
ISO: International Organization for Standardization.
NTP: Norma Técnica Peruana.
NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.



INFORME DE ENSAYO N° AGO1077.R21

SOLICITANTE :	NATALIA ALEJANDRA MACO CANO
DOMICILIO LEGAL :	Calle Samegua H3 A2 A Mariscal Nieto, Moquegua
SOLICITADO POR :	Natalia Maco
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	Cadena de Custodia N° 1381-21/CERTIMIN
REFERENCIA :	Monitoreo Calidad de Agua
FECHA DE MUESTREO :	2021/08/03
MUESTRA TOMADA POR :	EL CLIENTE
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Agua Superficial
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :	4
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Frascos de polietileno refrigerados y sellados.
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestra en buena condición para el análisis solicitado.
FECHA DE RECEPCIÓN :	martes, 10 de Agosto de 2021
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica.
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2021-08-10 al 2021-08-18
FECHA DE REPORTE :	miércoles, 18 de Agosto de 2021
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 18 de Agosto de 2021

"Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A."
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.
Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.



INFORME DE ENSAYO
N° AGO1077.R21

RESULTADOS

Muestras		Ensayos																	
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA0122 Ag (t) mg/L 0.002	MA0122 Al (t) mg/L 0.02	MA0122 As (t) mg/L 0.008	MA0122 B (t) mg/L 0.003	MA0122 Ba (t) mg/L 0.001	MA0122 Be (t) mg/L 0.0003	MA0122 Bi (t) * mg/L 0.02	MA0122 Ca (t) mg/L 0.05	MA0122 Cd (t) mg/L 0.001	MA0122 Ce (t) mg/L 0.02	MA0122 Co (t) mg/L 0.002	MA0122 Cr (t) mg/L 0.004	MA0122 Cu (t) mg/L 0.003	MA0122 Fe (t) mg/L 0.01	MA0122 K (t) mg/L 0.01	MA0122 Li (t) mg/L 0.004
1	RCORA11	2021-08-03 14:38	Agua Superficial	<0.002	2.46	0.011	2.883	0.059	<0.0003	<0.02	79.53	<0.001	<0.02	0.006	<0.004	0.216	1.46	8.72	0.627
2	RCORA12	2021-08-03 14:40	Agua Superficial	<0.002	2.95	0.027	3.276	0.058	<0.0003	<0.02	82.63	<0.001	<0.02	<0.002	<0.004	0.178	1.78	19.02	0.713
3	RCORA13	2021-08-03 14:42	Agua Superficial	<0.002	2.69	0.029	3.067	0.056	<0.0003	<0.02	78.69	<0.001	<0.02	0.006	<0.004	0.214	1.62	16.72	0.664
4	RCORA14	2021-08-03 14:44	Agua Superficial	<0.002	14.77	0.127	5.178	0.060	0.0006	<0.02	87.37	0.007	<0.02	0.049	<0.004	0.598	8.32	21.96	1.147

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

LD: Límite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.



INFORME DE ENSAYO
N° AGO1077.R21

Muestras		Ensayos															
N°	Codigo de Servicio	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122
	Ensayo	Mg(t)	Mn(t)	Mo(t)	Na(t)	Ni(t)	P(t)	Pb(t)	Sb(t)	Se(t)	SiO2(t)	Sn(t)	Sr(t)	Ti(t)	Tl(t)	V(t)	Zn(t)
	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Limite de Detección LD	0.02	0.001	0.004	0.01	0.002	0.06	0.01	0.008	0.02	0.02	0.007	0.0007	0.01	0.05	0.003	0.005
1	RCORA11	12.52	0.133	0.006	207.76	0.011	0.07	<0.01	<0.008	<0.02	47.58	<0.007	0.8642	<0.01	<0.05	<0.003	0.132
2	RCORA12	15.27	0.192	<0.004	228.41	0.019	0.14	<0.01	<0.008	<0.02	48.30	<0.007	0.9194	<0.01	<0.05	<0.003	0.167
3	RCORA13	14.62	0.152	<0.004	214.00	0.013	0.14	<0.01	<0.008	<0.02	47.36	<0.007	0.8495	<0.01	<0.05	<0.003	0.144
4	RCORA14	15.91	0.942	0.008	323.89	0.042	0.28	<0.01	<0.008	<0.02	55.62	<0.007	1.2678	0.01	<0.05	0.003	0.497

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



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° AGO1077.R21

CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0122 Ag (t) mg/L 0.002	MA0122 Al (t) mg/L 0.02	MA0122 As (t) mg/L 0.008	MA0122 B (t) mg/L 0.003	MA0122 Ba (t) mg/L 0.001	MA0122 Be (t) mg/L 0.0003	MA0122 Bi (t) * mg/L 0.02	MA0122 Ca (t) mg/L 0.05	MA0122 Cd (t) mg/L 0.001	MA0122 Ce (t) mg/L 0.02	MA0122 Co (t) mg/L 0.002	MA0122 Cr (t) mg/L 0.004	MA0122 Cu (t) mg/L 0.003	MA0122 Fe (t) mg/L 0.01
1	Adición (% Recup.)	90.3	96.9	100.0	101.8	98.2	92.3	90.0	99.8	92.2	100.0	94.0	91.8	88.6	106.0
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	97.6	97.3	99.4	98.4	101.2	96.7	94.0	101.5	101.0	100.0	100.6	97.0	99.6	100.0
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA13 (Original)	<0.002	2.69	0.029	3.067	0.056	<0.0003	<0.02	78.69	<0.001	<0.02	0.006	<0.004	0.214	1.62
6	RCORA13 (Dup)	<0.002	2.68	0.026	3.051	0.056	<0.0003	<0.02	77.15	<0.001	<0.02	0.006	<0.004	0.213	1.61
7	Blanco	<0.002	<0.02	<0.008	<0.003	<0.001	<0.0003	<0.02	<0.05	<0.001	<0.02	<0.002	<0.004	<0.003	<0.01



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



Registro N°LE -022

INFORME DE ENSAYO
N° AGO1077.R21

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0122 K (t) mg/L 0.01	MA0122 Li (t) mg/L 0.004	MA0122 Mg (t) mg/L 0.02	MA0122 Mn (t) mg/L 0.001	MA0122 Mo (t) mg/L 0.004	MA0122 Na (t) mg/L 0.01	MA0122 Ni (t) mg/L 0.002	MA0122 P (t) mg/L 0.06	MA0122 Pb (t) mg/L 0.01	MA0122 Sb (t) mg/L 0.008	MA0122 Se (t) mg/L 0.02	MA0122 SiO2 (t) mg/L 0.02	MA0122 Sn (t) mg/L 0.007	MA0122 Sr (t) mg/L 0.0007
1	Adición (% Recup.)	105.2	108.8	97.8	93.6	93.4	90.0	94.0	104.0	90.0	89.0	92.0	91.6	87.0	102.4
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	101.5	99.4	100.0	100.0	101.4	100.2	100.0	103.2	100.0	93.0	104.0	96.0	97.6	103.7
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA13 (Original)	16.72	0.664	14.62	0.152	<0.004	214.00	0.013	0.14	<0.01	<0.008	<0.02	47.36	<0.007	0.8495
6	RCORA13 (Dup)	16.72	0.658	14.58	0.152	<0.004	211.51	0.014	0.14	<0.01	<0.008	<0.02	47.38	<0.007	0.8504
7	Blanco	<0.01	<0.004	<0.02	<0.001	<0.004	<0.01	<0.002	<0.06	<0.01	<0.008	<0.02	<0.02	<0.007	<0.0007



INFORME DE ENSAYO
N° AGO1077.R21

Registro N°LE -022

Muestras QC		Ensayos			
N°	Codigo de Servicio	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122
	Ensayo	Ti (t)	Tl (t)	V (t)	Zn (t)
	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Limite de Detección LD	0.01	0.05	0.003	0.005
1	Adición (% Recup.)	96.0	102.0	97.6	92.2
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	98.0	94.0	101.4	99.8
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA13 (Original)	<0.01	<0.05	<0.003	0.144
6	RCORA13 (Dup)	<0.01	<0.05	<0.003	0.144
7	Blanco	<0.01	<0.05	<0.003	<0.005



METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
	Ensayo	Denominación	Cod.Serv	(1) Norma o Referencia
1	Metales Totales Por ICP OES	Metales Totales Por ICP OES	MA0122	EPA. Method 200.7. Revisión 4.4 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma- Atomic. Emission Spectrometry.

- (1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
APHA : American Public Health Association.
AWWA: American Water Works Association.
WEF : Water Environment Federation.
EPA : Environmental Protection Agency.
ASTM: American Society for Testing and Materials.
ISO: International Organization for Standardization.
NTP: Norma Técnica Peruana.
NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.



INFORME DE ENSAYO N° SET1156.R21

SOLICITANTE :	NATALIA ALEJANDRA MACO CANO
DOMICILIO LEGAL :	Calle Samegua H3 A2 A Mariscal Nieto, Moquegua
SOLICITADO POR :	Natalia Maco
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	Cadena de Custodia N° 1632-21/CERTIMIN
REFERENCIA :	Monitoreo Calidad de Agua
FECHA DE MUESTREO :	2021/09/06
MUESTRA TOMADA POR :	EL CLIENTE
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Agua Superficial
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :	4
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Frascos de polietileno refrigerados y sellados.
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestra en buena condición para el análisis solicitado.
FECHA DE RECEPCIÓN :	lunes, 13 de septiembre de 2021
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica.
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2021-09-13 al 2021-09-20
FECHA DE REPORTE :	lunes, 20 de septiembre de 2021
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 20 de septiembre de 2021

"Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A."
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.
Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° SET1156.R21

RESULTADOS

Muestras		Ensayos																	
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA0122 Ag (t) mg/L 0.002	MA0122 Al (t) mg/L 0.02	MA0122 As (t) mg/L 0.008	MA0122 B (t) mg/L 0.003	MA0122 Ba (t) mg/L 0.001	MA0122 Be (t) mg/L 0.0003	MA0122 Bi (t) * mg/L 0.02	MA0122 Ca (t) mg/L 0.05	MA0122 Cd (t) mg/L 0.001	MA0122 Ce (t) mg/L 0.02	MA0122 Co (t) mg/L 0.002	MA0122 Cr (t) mg/L 0.004	MA0122 Cu (t) mg/L 0.003	MA0122 Fe (t) mg/L 0.01	MA0122 K (t) mg/L 0.01	MA0122 Li (t) mg/L 0.004
1	RCORA15	2021-09-06 14:48	Agua Superficial	<0.002	1.90	<0.008	2.580	0.040	<0.0003	<0.02	65.82	<0.001	<0.02	<0.002	<0.004	0.022	1.23	17.17	0.551
2	RCORA16	2021-09-06 14:50	Agua Superficial	<0.002	2.83	0.019	2.864	0.038	<0.0003	<0.02	65.91	<0.001	<0.02	<0.002	<0.004	0.028	1.91	41.83	0.635
3	RCORA17	2021-09-06 14:54	Agua Superficial	<0.002	1.90	0.011	2.765	0.036	<0.0003	<0.02	63.67	<0.001	<0.02	<0.002	<0.004	0.025	1.28	34.34	0.607
4	RCORA18	2021-09-06 14:56	Agua Superficial	<0.002	11.50	0.078	4.114	0.047	0.0004	<0.02	68.94	0.004	<0.02	0.038	<0.004	0.324	6.20	17.26	0.893

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

LD: Límite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° SET1156.R21

Muestras		Ensayos															
N°	Codigo de Servicio	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122
	Ensayo	Mg(t)	Mn(t)	Mo(t)	Na(t)	Ni(t)	P(t)	Pb(t)	Sb(t)	Se(t)	SiO2(t)	Sn(t)	Sr(t)	Ti(t)	Tl(t)	V(t)	Zn(t)
	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Limite de Detección LD	0.02	0.001	0.004	0.01	0.002	0.06	0.01	0.008	0.02	0.02	0.007	0.0007	0.01	0.05	0.003	0.005
1	RCORA15	11.61	0.021	<0.004	213.61	0.003	0.10	<0.01	<0.008	<0.02	39.73	<0.007	0.7287	<0.01	<0.05	<0.003	0.024
2	RCORA16	15.17	0.036	<0.004	219.30	<0.002	0.18	<0.01	<0.008	<0.02	38.67	<0.007	0.7438	<0.01	<0.05	0.003	0.033
3	RCORA17	14.51	0.024	<0.004	217.51	<0.002	0.18	<0.01	<0.008	<0.02	37.72	<0.007	0.7033	<0.01	<0.05	<0.003	0.028
4	RCORA18	12.43	0.730	<0.004	280.68	0.022	0.29	<0.01	<0.008	<0.02	48.30	<0.007	1.0050	0.02	<0.05	0.003	0.379

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



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° SET1156.R21

CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0122 Ag (t) mg/L 0.002	MA0122 Al (t) mg/L 0.02	MA0122 As (t) mg/L 0.008	MA0122 B (t) mg/L 0.003	MA0122 Ba (t) mg/L 0.001	MA0122 Be (t) mg/L 0.0003	MA0122 Bi (t) * mg/L 0.02	MA0122 Ca (t) mg/L 0.05	MA0122 Cd (t) mg/L 0.001	MA0122 Ce (t) mg/L 0.02	MA0122 Co (t) mg/L 0.002	MA0122 Cr (t) mg/L 0.004	MA0122 Cu (t) mg/L 0.003	MA0122 Fe (t) mg/L 0.01
1	Adición (% Recup.)	87.1	98.4	98.2	111.2	97.0	96.3	92.0	94.9	89.0	102.0	93.2	93.0	92.2	96.0
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	100.8	101.3	101.8	110.4	101.0	101.4	96.0	100.0	100.2	102.0	101.4	101.8	101.0	102.0
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA17 (Original)	<0.002	1.90	0.011	2.765	0.036	<0.0003	<0.02	63.67	<0.001	<0.02	<0.002	<0.004	0.025	1.28
6	RCORA17 (Dup)	<0.002	1.90	0.013	2.781	0.036	<0.0003	<0.02	64.11	<0.001	<0.02	<0.002	<0.004	0.025	1.29
7	Blanco	<0.002	<0.02	<0.008	<0.003	<0.001	<0.0003	<0.02	<0.05	<0.001	<0.02	<0.002	<0.004	<0.003	<0.01



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° SET1156.R21

Registro N°LE -022

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA0122 K (t) mg/L 0.01	MA0122 Li (t) mg/L 0.004	MA0122 Mg (t) mg/L 0.02	MA0122 Mn (t) mg/L 0.001	MA0122 Mo (t) mg/L 0.004	MA0122 Na (t) mg/L 0.01	MA0122 Ni (t) mg/L 0.002	MA0122 P (t) mg/L 0.06	MA0122 Pb (t) mg/L 0.01	MA0122 Sb (t) mg/L 0.008	MA0122 Se (t) mg/L 0.02	MA0122 SiO2 (t) mg/L 0.02	MA0122 Sn (t) mg/L 0.007	MA0122 Sr (t) mg/L 0.0007
1	Adición (% Recup.)	97.5	113.6	96.0	93.8	95.8	86.2	92.0	106.8	94.0	90.6	94.0	100.0	85.8	98.4
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	100.4	101.6	101.3	101.2	103.4	112.4	102.6	107.2	102.0	96.2	102.0	112.0	97.2	102.3
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA17 (Original)	34.34	0.607	14.51	0.024	<0.004	217.51	<0.002	0.18	<0.01	<0.008	<0.02	37.72	<0.007	0.7033
6	RCORA17 (Dup)	34.46	0.612	14.62	0.024	<0.004	217.46	<0.002	0.18	<0.01	<0.008	<0.02	38.17	<0.007	0.7073
7	Blanco	<0.01	<0.004	<0.02	<0.001	<0.004	<0.01	<0.002	<0.06	<0.01	<0.008	<0.02	<0.02	<0.007	<0.0007

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



Registro N°LE -022

INFORME DE ENSAYO
N° SET1156.R21

Muestras QC		Ensayos			
N°	Codigo de Servicio	MA0122	MA0122	MA0122	MA0122
	Ensayo	Ti (t)	Tl (t)	V (t)	Zn (t)
	Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Limite de Detección LD	0.01	0.05	0.003	0.005
1	Adición (% Recup.)	98.0	92.0	98.0	93.2
2	Adición Rango (%)	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0	85.0 - 115.0
3	STD - Recuperación Obtenido (%)	102.0	96.0	101.8	100.0
4	STD - Rango (%)	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0	85.0-115.0
5	RCORA17 (Original)	<0.01	<0.05	<0.003	0.028
6	RCORA17 (Dup)	<0.01	<0.05	<0.003	0.028
7	Blanco	<0.01	<0.05	<0.003	<0.005



METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
	Ensayo	Denominación	Cod.Serv	(1) Norma o Referencia
1	Metales Totales Por ICP OES	Metales Totales Por ICP OES	MA0122	EPA. Method 200.7. Revisión 4.4 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma- Atomic. Emission Spectrometry.

- (1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
APHA : American Public Health Association.
AWWA: American Water Works Association.
WEF : Water Environment Federation.
EPA : Environmental Protection Agency.
ASTM: American Society for Testing and Materials.
ISO: International Organization for Standardization.
NTP: Norma Técnica Peruana.
NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*