

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Aplicación del mucílago de nopal en la remoción
de turbidez en aguas contaminadas del río Chilca
por efluentes domésticos en la provincia de
Huancayo 2020**

Keimy Gianina Carhuas Rojas

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : FELIPE GUTARRA MEZA
Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : José Vladimír Cornejo Tueros
Asesor de tesis
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis
FECHA : 21 de julio de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "APLICACIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ EN AGUAS CONTAMINADAS DEL RÍO CHILCA POR EFLUENTES DOMÉSTICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO 2020", perteneciente a la estudiante KEIMY GIANINA CARHUAS ROJAS, de la E.A.P. de INGENIERIA AMBIENTAL; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI N
O
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI N
(Nº de palabras excluidas:) O
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI N
O

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



José Vladimír Cornejo Tueros
Asesor de tesis

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, KEIMY GIANINA CARHUAS ROJAS, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70034986, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "APLICACIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ EN AGUAS CONTAMINADAS DEL RÍO CHILCA POR EFLUENTES DOMÉSTICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO 2020", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

23 de JUNIO de 2023.



KEIMY GIANINA CARHUAS ROJAS

DNI. No. 70034986

APLICACIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ EN AGUAS CONTAMINADAS DEL RÍO CHILCA POR EFLUENTES DOMÉSTICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO 2020

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	3%
2	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	#N/A. "Actualización de los Instrumentos de Gestión Ambiental EIA del Proyecto de Conversión a Gas Natural y Transformación a Ciclo Combinado de la Central Termoeléctrica"	<1%

Ventanilla, y EIA y Social del Proyecto de Suministro de Agua de Respaldo Mediante Pozos Costeros del Proyecto Central Termoeléctrica Ventanilla-IGA0019996", R.D. N° 00103-2021-SENACE-PE/DEAR, 2022

Publicación

8	1library.co Fuente de Internet	<1 %
9	Submitted to Aliat Universidades Trabajo del estudiante	<1 %
10	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
13	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "Plan de Cese Temporal de Actividades del Pozo Sheshea 1X en el Lote 126-IGA0000983", R.D. N° 143-2013-MEM/AAE, 2022 Publicación	<1 %

revistas.tec.ac.cr

16	Fuente de Internet	<1 %
17	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
19	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Universidad Peruana Los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
21	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
24	www.itson.mx Fuente de Internet	<1 %
25	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
26	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.udl.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

28	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
29	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.ucundinamarca.edu.co Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.espam.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	SNC LAVALIN PERU S.A.. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Pozo Rico-IGA0005184", R.D. N° 199-2019/MINEM-DGAAM, 2020 Publicación	<1 %
35	dspace.uniandes.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
36	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	unaj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

39	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
41	Submitted to Fundacion Universidad de America Trabajo del estudiante	<1 %
42	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
43	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
44	ANA MARÍA MORALES LÓPEZ, HUGO VILCHIS SÁMANO. "FACTORS ASSOCIATED WITH INFECTIONS IN SPINAL SURGERY", Coluna/Columna, 2016 Publicación	<1 %
45	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
46	moam.info Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	repository.unipiloto.edu.co Fuente de Internet	<1 %

49	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
50	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
51	www.fao.org Fuente de Internet	<1 %
52	www.proromeral.org Fuente de Internet	<1 %
53	bibliotecadigital.ciren.cl Fuente de Internet	<1 %
54	bibliotecavirtualoducal.uc.cl Fuente de Internet	<1 %
55	idus.us.es Fuente de Internet	<1 %
56	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
57	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
58	revistas.unisimon.edu.co Fuente de Internet	<1 %
59	rraae.cedia.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
60	vdocuments.mx Fuente de Internet	<1 %

61	www.cienciadigital.org Fuente de Internet	<1 %
62	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
63	O. Castillo-Ruiz, G. Velazquez, R.M. Uresti-Marín, N. Mier, M. Vázquez, J.A. Ramírez de León. "Estudio de los hábitos alimentarios de niños de 4-6 años de Reynosa, Tamaulipas (México)", CyTA - Journal of Food, 2012 Publicación	<1 %
64	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
65	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
66	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
67	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
68	rinacional.tecnm.mx Fuente de Internet	<1 %
69	scielo.sld.cu Fuente de Internet	<1 %
70	visorsig.oefa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

www.belen.go.cr

71

Fuente de Internet

<1 %

72

www.independentespanol.com

Fuente de Internet

<1 %

73

www.scielo.org.co

Fuente de Internet

<1 %

74

"Los ríos de Morelia, ejes articuladores de la ciudad. Procesos históricos y relaciones socioambientales", Universidad Nacional Autónoma de México, 2020

Publicación

<1 %

75

CONSULTORIA INTERNACIONAL EN INGENIERIA Y GESTION PARA EL DESARROLLO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA-CINYDE.

"PMA del Vertimiento de Agua Residual de la Unidad Productiva (Operativa) de la Central Térmica Ventanilla, para su Adecuación a la Cuarta Disposición Complementaria Transitoria del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (D.S. N° 001-2010-AG)-IGA0001557", R.D. N° 111-2013-MEM/AAE, 2020

Publicación

<1 %

76

Daniel López Rodríguez. "Recuperación del colorante de aguas residuales textiles mediante nanoarcillas para su reutilización

<1 %

como pigmentos y nuevos baños de tintura", Universitat Politecnica de Valencia, 2023

Publicación

77	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	<1 %
78	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
79	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
80	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
81	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
82	img.static.reliefweb.int Fuente de Internet	<1 %
83	laccei.org Fuente de Internet	<1 %
84	laredmex.org Fuente de Internet	<1 %
85	repositorio.uees.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
86	repositorio.uisek.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

repositorio.ulead.edu.ec

87	Fuente de Internet	<1 %
88	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
89	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
90	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
91	www.asajanet.com Fuente de Internet	<1 %
92	www.theibfr.com Fuente de Internet	<1 %
93	www.un.org Fuente de Internet	<1 %
94	aguaecosocial.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

ASESOR

Ing. José Vladimir Cornejo Tueros

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación llegó a culminarse gracias al asesoramiento del Ingeniero José Vladimir Cornejo Tueros, quien desinteresadamente aceptó guiarme en el proceso de titulación y brindarme parte de su tiempo y experiencia profesional.

En relación a la obtención de resultados verídicos y representativos, agradezco a la Ing. Heidy De la Cruz Sedano, encargada del Laboratorio de Investigación de Aguas de la Universidad Nacional del Centro de Perú, que, con su orientación, se lograron realizar los análisis físicos y químicos, así como dar la validez al objetivo planteado de la investigación.

Agradezco a mis padres y hermanos, por siempre ser mi pilar fundamental para poder cumplir con mis objetivos y metas, dentro de ello motivarme a culminar mi proceso de titulación.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a Isaac Carhuas H. quien con su amor de padre me enseñó a romper mis límites, a Estela Rojas R., mi madre, que con su sabiduría y amor incondicional me guía e impulsa a ser mejor cada día, y a mis hermanos Elizabeth y Jhon, quienes siempre me motivan a cumplir mis objetivos y metas.

ÍNDICE

ASESOR.....	xiv
AGRADECIMIENTOS.....	xv
DEDICATORIA.....	xvi
ÍNDICE	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xx
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxii
RESUMEN	xxiv
ABSTRACT	xxv
INTRODUCCIÓN	xxvi
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	9
1.1.2.1. Problema general	9
1.1.2.2. Problemas específicos.....	9
1.2. Objetivos	9
1.2.1. Objetivo general.....	9
1.2.2. Objetivos específicos.....	10
1.3. Justificación.....	10
1.3.1. Aspecto ambiental	10
1.3.2. Aspecto social.....	11
1.3.3. Aspecto tecnológico	11
1.4. Hipótesis y descripción de las variables	12
1.4.1. Hipótesis general.....	12
1.4.2. Hipótesis específicas	12
1.4.3. Descripción de las variables	12
CAPÍTULO II.....	15
2.1. Antecedentes del problema.....	15
2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos.....	15
2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis.....	18
2.2. Bases teóricas.....	23

2.2.1.	Fundamentos teóricos.....	23
2.2.1.1.	Disponibilidad del recurso hídrico.....	23
2.2.1.2.	Aguas residuales.....	23
2.2.1.3.	Aguas residuales domésticas (ARD)	24
2.2.1.4.	Composición de ARD	24
2.2.1.5.	Tratamiento de ARD	25
2.2.1.6.	Coagulación y floculación.....	26
2.2.2.	Metodologías existentes	28
2.2.2.1.	Nopal	28
2.2.2.2.	Mucílago de nopal.....	29
2.2.2.3.	Extracción del mucílago de nopal fresco.....	31
2.2.2.4.	Dosificación	31
2.2.3.	Técnicas e instrumentos de la investigación.....	32
2.2.3.1.	Parámetros físicos	32
2.2.3.2.	Parámetros químicos.....	35
2.2.3.3.	Parámetro biológico.....	38
2.2.4.	Diseño del modelo teórico conceptual	39
2.3.	Definición de términos básicos	40
CAPÍTULO III	42
3.1.	Métodos y alcance de la investigación.....	42
3.1.1.	Métodos	42
3.1.1.1.	Método general.....	42
3.1.1.2.	Método específico.....	43
3.1.2.	Tipo de la investigación.....	43
3.1.3.	Nivel de la investigación.....	44
3.2.	Diseño de la investigación.....	44
3.2.1.	Tipo de diseño de la investigación	45
3.3.	Población y muestra.....	45
3.3.1.	Población.....	45
3.3.2.	Muestra	46
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	47
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	47
CAPÍTULO IV	53

4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información	53
4.1.1.	Caracterización de las aguas contaminadas del río Chilca	54
4.1.2.	Dosificación del mucílago de nopal para la remoción de la turbidez	62
4.1.3.	Influencia del mucílago de nopal en los parámetros físicos	66
4.1.4.	Influencia del mucílago de nopal en los parámetros químicos.....	69
4.1.5.	Influencia de mucílago de nopal en el DQO	72
4.2.	Prueba de hipótesis.....	73
4.2.1.	Validación de la hipótesis general.....	73
4.2.2.	Validación de las hipótesis específicas.....	75
4.3.	Discusión de resultados.....	92
	CONCLUSIONES	94
	RECOMENDACIONES	96
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
	ANEXOS	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tubería de descarga de aguas residuales de la Av. Jacinto Ibarra.	4
Figura 2. Tubería de descarga de aguas residuales del Pje. Kantuta.	5
Figura 3. Tubería de descarga de aguas residuales de la Calle Amazonas y Manco Cápac.	5
Figura 4. Tubería de descarga de aguas residuales de la Calle Ancash y el Pje. Huancayo.	5
Figura 5. Tubería de descarga de aguas residuales de la Av. Real.	6
Figura 6. Tubería de descarga de aguas residuales del Pje. Orellana.	6
Figura 7. Descarga de aguas residuales del puente de la Av. Huancavelica.....	6
Figura 8. Residuos sólidos en el puente de la Av. Huancavelica y el Pje. Orellana.....	7
Figura 9. Desmonte en el Pje. Orellana.	7
Figura 10. Residuos sólidos en la Calle José Olaya.....	7
Figura 11. Depósitos de residuos sólidos en el Jr. San Martín de Porres.....	8
Figura 12. Depósitos de residuos sólidos y desmonte en la Calle Los Incas.....	8
Figura 13. Bebedero y crianza de los animales.....	8
Figura 14. Composición de las aguas residuales domésticas.	25
Figura 15. Base de datos de agua residual en el Perú.....	26
Figura 16. Coagulación.....	27
Figura 17. Propiedades medicinales del nopal.....	28
Figura 18. Clasificación taxonómica del nopal.	29
Figura 19. Cuadro comparativo de la calidad de agua artificial tratada con tratamiento convencional y tuna como único tratamiento.	31
Figura 20. Tipo de olor y tipo de agua.....	33
Figura 21. Clasificación de las partículas sólidas contenidas en un agua residual, según su diámetro.....	35
Figura 22. Niveles de oxígeno disuelto.	37
Figura 23. DBO a temperaturas diferentes de 20°C.....	39
Figura 24. Esquema del modelo teórico conceptual.....	39
Figura 25. Resultados del análisis de la turbidez sin tratamiento.	55
Figura 26. Resultados del análisis del TDS sin tratamiento.....	57
Figura 27. Resultados de análisis del TSS sin tratamiento.....	58
Figura 28. Resultado de la medición de temperatura inicial.	59
Figura 29. Resultado del análisis de la conductividad eléctrica sin tratamiento.....	60

Figura 30. Resultado del análisis de oxígeno disuelto sin tratamiento.	61
Figura 31. Resultado del análisis de pH sin tratamiento.....	61
Figura 32. Resultados del análisis de DQO sin tratamiento.	62
Figura 33. Muestra antes de la dosificación del mucílago de nopal.....	63
Figura 34. Muestra después de la dosificación y formación de flóculos al aplicar el mucilago de nopal.....	63
Figura 35. Comportamiento del mucílago de nopal con referencia a la turbidez - 1° análisis.....	65
Figura 36. Comportamiento del mucílago de nopal con referencia a la turbidez - 2° análisis.....	66
Figura 37. Resultados del análisis de TDS con tratamiento.	68
Figura 38. Comparación de TSS sin y con mucílago de nopal.	68
Figura 39. Resultado del análisis de la temperatura con tratamiento.	69
Figura 40. Resultado del análisis de la conductividad eléctrica con tratamiento.....	70
Figura 41. Resultado del análisis de oxígeno disuelto con tratamiento.	71
Figura 42. Resultado del análisis del pH con tratamiento.....	72
Figura 43. Resultados del análisis de DQO con tratamiento.	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de las variables.	14
Tabla 2. Hoja de campo de muestra - campo.	46
Tabla 3. Hoja de laboratorio.	51
Tabla 4. Dosificación y turbidez.	52
Tabla 5. Resultados de los análisis físicos (turbidez) del río Chilca.	54
Tabla 6. Resultado de los análisis físicos (olor, TDS y TSS) del río Chilca.	57
Tabla 7. Resultados de los análisis físicos (temperatura) del río Chilca.	58
Tabla 8. Resultado del análisis químico (conductividad eléctrica) del río Chilca.	59
Tabla 9. Resultados de los análisis químicos (oxígeno disuelto y pH) del río Chilca.	60
Tabla 10. Resultado del análisis químico (DQO) del río Chilca.	62
Tabla 11. Dosificación del mucílago de nopal para la remoción de turbidez del río Chilca.	64
Tabla 12. Parámetros físicos (olor, TDS y TSS) con tratamiento.	67
Tabla 13. Resultado de los análisis físicos (temperatura) con tratamiento.	69
Tabla 14. Resultado de los análisis químicos (conductividad eléctrica) con tratamiento.	70
Tabla 15. Resultados del análisis químico (oxígeno disuelto y pH) con tratamiento.	71
Tabla 16. Resultado del análisis químico (DQO) con tratamiento.	72
Tabla 17. Resumen de la eficiencia del mucilago de nopal en la remoción de la turbidez.	74
Tabla 18. Resultado de la prueba de normalidad-turbidez.	74
Tabla 19. Resultado de la evaluación hipótesis general.	75
Tabla 20. Resultado de la prueba de normalidad de los parámetros físicos y químicos.	76
Tabla 21. Datos a analizar (SST-DQO).	76
Tabla 22. Resultado de la prueba de normalidad de SST y DQO.	77
Tabla 23. Prueba t para una muestra "Temperatura".	78
Tabla 24. Prueba t para una muestra "SDT".	78
Tabla 25. Prueba t para una muestra "Oxígeno Disuelto".	79
Tabla 26. Prueba t para una muestra "pH".	80
Tabla 27. Prueba t para una muestra "CE".	81
Tabla 28. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra "SST".	82
Tabla 29. Prueba de rangos con signos de Wilcoxon para una muestra "DQO".	83
Tabla 30. Pruebas de normalidad de los parámetros físicos.	83
Tabla 31. Prueba de normalidad "SST".	84

Tabla 32. Prueba t para muestras emparejadas - T° pre y post al tratamiento.	85
Tabla 33. Prueba t para muestras emparejadas - SDT pre y post al tratamiento.	86
Tabla 34. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon - SST pre y post al tratamiento.	87
Tabla 35. Resultado de la prueba de normalidad de los parámetros químicos.....	88
Tabla 36. Prueba de normalidad “DQO”.....	88
Tabla 37. Prueba t para muestras emparejadas - OD pre y post al tratamiento.	89
Tabla 38. Prueba t para muestras emparejadas - CE pre y post al tratamiento.....	90
Tabla 39. Prueba t para muestras emparejadas - pH pre y post al tratamiento.....	91
Tabla 40. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas - DQO pre y post al tratamiento.	92

RESUMEN

Objetivo: se determinó la influencia del mucílago de nopal en la remoción de turbidez en aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos, Huancayo 2020. Método: se empleó el método de la investigación experimental, el cual se dividió en trabajo de campo, donde se realizó la extracción del mucílago de nopal y la toma de muestras del río Chilca; en el trabajo en laboratorio, se desarrollaron los análisis físicos (olor, turbidez, TSD, TSS y temperatura) y los análisis químicos (oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y DQO), para determinar la dosificación adecuada del mucílago de nopal para la remoción de la turbidez, se usó el vaso precipitado, varilla y una probeta. Resultados: se caracterizó el río Chilca, en los parámetros físicos y químicos, para lo cual se tomaron 6 muestras de 1 L, cada una de ellas al ser analizadas y al ser comparadas por lo establecido en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua de Categoría 3 (C3) y la normativa establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para riego, muestran un exceso en las concentraciones de cada parámetro analizado. Las muestras A y C presentaron mayor turbidez a comparación de las demás muestras, esto se debió a la diferencia de caudal, mayor presencia de tuberías de descargas de aguas residuales y a la disposición inadecuada de los residuos sólidos. Al ser sometidos al tratamiento con el mucílago de nopal, las muestras presentaron una mejora de un 20 % a un 80 % en los parámetros físicos; con respecto a los parámetros químicos, en el oxígeno disuelto hubo una mejora del 100 %, el DQO mostró una mejora del 65 %, y el pH y la temperatura cumplieron con la normativa. Para la dosificación del mucílago de nopal se usó 10, 20, 30, 40 y 50 mL de mucílago de nopal por 300 mL de muestra de agua, dando como resultado la dosis óptima de 20 mL de mucílago de nopal para una muestra de 80 a 90 de NTU, de 30 mL de mucílago de nopal para una turbidez de 100 NTU a 160 NTU y de 40 a 50 mL de mucílago de nopal para una muestra de 170 a 210 NTU. Con respecto a la remoción de la turbidez, al aplicar el mucílago de nopal, se obtuvo un 60 % de remoción en turbidez alta, media y baja. Conclusiones: se determinó la eficacia del mucílago de nopal en la remoción de la turbidez de un 60 % y la mejora del parámetro físico hasta un 80 % y químico de 65 % a 100 %.

Palabras clave: turbidez, TDS, TSS, flóculos, dosificación.

ABSTRACT

Objective: the influence of nopal mucilage on the removal of turbidity in contaminated waters of the Chilca river by domestic effluents, Huancayo 2020, was determined. Method: the experimental research method was used, which was divided into field work, where the extraction of nopal mucilage and sampling from the Chilca river were carried out; in the laboratory work, the physical analyzes (odor, turbidity, TSD, TSS and temperature) and the chemical analyzes (dissolved oxygen, pH, electrical conductivity and COD) were developed to determine the adequate dosage of the nopal mucilage for the removal of turbidity, the beaker, rod and a test tube were used. Results: the Chilca river was characterized, in the physical and chemical parameters, for which 6 samples of 1 L were taken, each one of them when being analyzed and when being compared by what is established in the Environmental Quality Standard for Category 3 water and the regulations established by the Food and Agriculture Organization of the United Nations for irrigation, show an excess in the concentrations of each parameter analyzed. Samples A and C presented greater turbidity compared to the other samples, this was due to the difference in flow, greater presence of wastewater discharge pipes and the inadequate disposal of solid waste. When subjected to treatment with nopal mucilage, the samples presented an improvement of 20 % to 80 % in the physical parameters; regarding the chemical parameters, in dissolved oxygen there was an improvement of 100 %, the COD showed an improvement of 65 %, and the pH and temperature complied with the regulations. For the dosage of nopal mucilage, 10, 20, 30, 40 and 50 mL of nopal mucilage per 300 mL of water sample were used, resulting in the optimal dose of 20 mL of nopal mucilage for a sample of 80 to 90 NTU, 30 mL nopal mucilage for a 100 NTU to 160 NTU turbidity and 40 to 50 mL nopal mucilage for a 170 to 210 NTU sample. Regarding the removal of turbidity, when applying the nopal mucilage, a 60 % removal was obtained in high, medium and low turbidity. Conclusions: the effectiveness of the nopal mucilage in the removal of turbidity of 60 % and the improvement of the physical parameter up to 80 % and chemical parameter from 65 % to 100 % was determined.

Keywords: turbidity, TDS, TSS, flocs, dosing.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la contaminación del recurso hídrico es un problema ambiental de relevancia, a ello se suman dos factores, el primero es el crecimiento demográfico y lo segundo es la generación y la mala disposición de los residuos sólidos. En el Perú, no todos los habitantes cuentan con servicios básicos, como consecuencia de ello, la población realiza conexiones clandestinas de tuberías de desagüe que son descargadas a los cuerpos hídricos alterando así la calidad de los ríos.

En el Valle del Mantaro son pocos los distritos que cuentan con una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas. En caso exista la mayoría de aquellas, se tiende por presentar fallas técnicas y las aguas son vertidas al río Mantaro sin ser tratadas. En dicha idea, no se cuenta con una PTAR en el distrito de Chilca y las conexiones de desagüe desembocan en el río Chilca, alterando la factores de calidad, ya sea del agua o de vida de los pobladores aledaños, dado a que en épocas de sequía se genera un olor nauseabundo, es por ello que el estudio presente tiene como propósito evaluar la eficiencia para remover la turbidez en el río Chilca al aplicar mucílago de nopal mediante la toma de muestras representativas y el análisis del parámetro físico y químico en un laboratorio.

El presente estudio abarca exponer ideas a través de los capítulos siguientes: en el primero se presenta el sustento y los problemas de estudio, así como los objetivos, la importancia del estudio y su justificación, finalmente la formulación de hipótesis y las variables.

En el siguiente capítulo se plasman los antecedentes teóricos, tanto nacionales como internacionales, en torno a la remoción de la turbidez aplicando alternativas como el mucílago de nopal, así también, se muestran las bases teóricas, que son parte fundamental para la comprensión de la investigación, y conceptos relevantes a considerar.

En el tercer capítulo se describe el marco metodológico que sigue el estudio para el cumplimiento de los objetivos y dar validez a la investigación, además, se define la muestra representativa, la cual permite determinar la eficacia del mucílago de nopal.

En el capítulo cuarto se muestran los alcances del estudio, presentado el análisis de las muestras al ser sometidas al análisis de laboratorio, así también, se evalúa la remoción de la turbidez tras la aplicación de la alternativa mencionada anteriormente y en la mejora del parámetro físico y químico, dado a que, al ser sometido a tratamiento

(mucílago de nopal) los parámetros llegan a cumplir con lo referenciado por el ECA para agua de Categoría 3 (C3) y con lo dispuesto en la normativa establecida por la FAO para riego, o reducir significativamente su concentración inicial , de igual modo, se realiza la validación de las hipótesis con el programa SPSS. También se realiza la discusión de resultados con los aportes cotejados en los antecedentes para contribuir a la validez del estudio.

La autora.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El recurso hídrico se constituye como un factor esencial para la ejecución de diferentes actividades y para la existencia de la vida. En la actualidad, la demanda de su uso tiende por crecer, en consecuencia se generan vertidos residuales e impactos negativos en cuerpos receptores hídricos, lo cual están en un aumento considerable en todo el mundo.

En gran parte de países subdesarrollados, el vertido de las aguas residuales es de manera directa, es decir, que estas no reciben un tratamiento previo, y como consecuencia afecta a la población, respecto de su calidad de vida, altera la calidad del agua y ecosistemas.

El vertimiento doméstico sin tratamiento es un problema ambiental de gran significancia. Según Espigares (1), aquello contiene una carga significativa de orgánicos, así como patógenos, DBO, DQO, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, grasas, aceites, nitratos, cloruros y coliformes fecales, que sin un tratamiento adecuado podrían llegar a perjudicar escenarios de salud pública así como al ecosistema.

Uno de los factores que contribuye a este problema ambiental es la aceleración del crecimiento urbano dado a que afecta la distribución

territorial y, por ende, en su mayoría no cuentan con una red de saneamiento. A esto se le suma la falta de PTAR domésticas, dado a que sin estos servicios, el agua residual doméstica suele ser vertida de forma directa a los ríos, lagos o mares. La UNESCO hace referencia al problema del alcantarillado y eliminación de desechos en Lagos, Nigeria (2), precisando que en dicho lugar se genera un volumen considerable de vertidos residuales, ello por día, y que no se cuenta con un sistema apropiado de alcantarillado; además, se refiere a que menos del 2 % de los pobladores alcanza a tratar sus subproductos líquidos, teniendo en el mayor de los casos fosas sépticas, llegando a verter dichos aspectos ambientales a canaletas abiertas que se encuentran en la calle. Es evidente también que existe una infiltración de aguas residuales, así como su arrastre por acción de las precipitaciones.

Existe una relación directa entre el crecimiento de la población y la contaminación ambiental, en este caso el recurso hídrico, y esta relación no solo se ve en el continente Africano, sino también en el Perú. Según Fernández (3), a fines del 2007, se tuvo un 63.6 % de cobertura poblacional de alcantarillado administrado por EPS, mientras que el resto era gestionado por municipalidades, hasta considerando operadores (OES) en urbes pequeñas, o hasta llegar a no contar con el mencionado servicio; además, para el año precisado, dicho alcantarillado llegó a coleccionar 747.3 millones m³ de vertidos, ello en consecuencia a descargas directas por parte de la población, y que sólo 29.1 % llegó a ingresar a procesos de tratamiento, donde dichos sistemas mantenían, en muchos de los casos, deficiencias en sus operaciones por la falta de mantenimiento, así también, 530 000 millones m³ de vertidos fueron descargados directamente a cuerpos receptores, lo cual generó impactos negativos principalmente en aguas superficiales que son empleadas en actividades socioeconómicas, recreativas o de consumo (3).

En una pesquisa realizada por la SUNASS (4), se registraron en total 204 PTAR, encontrando a 163 operativas, 32 en fases constructivas y 9 que demostraron estar paralizadas.

En el Valle del Mantaro son pocos los distritos que cuentan con una PTAR que funciona de manera correcta, o simplemente no tienen una buena gestión. Se tiene el caso de la planta de Concepción que no funciona correctamente, ya que en la actualidad se encuentra paralizada. El 2019, la Contraloría General de la República (5) reportó que los componentes operativos de la PTAR fueron hurtados, mermando en su productividad, generando aspectos ambientales que se derivan de forma directa al río Mantaro”. En secuencia, dentro de este problema se suma el distrito de San Agustín de Cajas, distrito que cuenta con dos lagunas oxidativas, sin embargo debido al mal diseño y planificación, las lagunas se encuentran al tope de su volumen y como consecuencia los subproductos líquidos no llegan a ser tratados y son vertidos al río Mantaro. En el caso de la provincia de Chupaca, sus aguas son derivadas al río Cunas, sin embargo, sin tratamientos previos por la inoperatividad de la PTAR, además, la red de alcantarillado tiende por presentar defectos, lo cual hace necesario su mantenimiento que es supeditado a través de instrumentos de gestión (5).

En el informe titulado “Mejoramiento de las condiciones de salubridad del río Chilca, entre los distritos de Chilca y Huancayo, provincia de Huancayo - Región Junín” (6), se precisa que el uno de los ríos más contaminados de la ciudad es el río Chilca, siendo necesario desarrollar acciones de descolmatación, como mínimo 5 veces/año. Además, es evidente que se afectaría a la calidad de vida de la población, puesto que en las orillas del río Chilca residen aprox. 400 familias, sin embargo, son el principal factor de polución al disponer inadecuadamente residuos, llegando hasta emplear dicho cúmulo de vertidos líquidos para el riego directo, alterando el equilibrio de su salud; de igual forma, se hace referencia que los parámetros de color, DQO y SST no cumplen con los ECA para agua tras haberse desarrollado escenarios de monitoreo ambiental.

En el caso del distrito de Chilca, en la actualidad no cuenta con una PTAR para aguas domésticas, donde estas, mayormente, son descargadas en los ríos y riachuelos del distrito.

El río Chilca recibe las descargas directas de vertimientos residuales, donde éste viene siendo un foco infeccioso desde hace muchos años atrás. La falta de buenas prácticas ambientales por parte de la población y la

mala gestión de la municipalidad viene alterando factores de calidad ambiental.

A lo largo del tramo del río Chilca, desde la Calle José Olaya, con paralela al río, hasta la Calle Yanama se observan tuberías de descarga de vertimientos domésticos, como se muestran en las figuras de la 1 a la 7.

Además, el río Chilca no solo se ve afectado por las descargas de aguas residuales domésticas, sino también por la falta de cultura ambiental por parte de la población, convirtiendo al río Chilca en botadero de subproductos sólidos y desmontes, como se observa en las figuras de la 8 a la 12. Algunos pobladores aledaños al río Chilca suelen tener cosechas o animales domésticos que son alimentados con los pastos crecientes cercanos al río, o es usado como bebedero así como se muestra en la figura 13.



Figura 1. Tubería de descarga de aguas residuales de la Av. Jacinto Ibarra.



Figura 2. Tubería de descarga de aguas residuales del Pje. Kantuta.



Figura 3. Tubería de descarga de aguas residuales de la Calle Amazonas y Manco Cápac.



Figura 4. Tubería de descarga de aguas residuales de la Calle Ancash y el Pje. Huancayo.



Figura 5. Tubería de descarga de aguas residuales de la Av. Real.



Figura 6. Tubería de descarga de aguas residuales del Pje. Orellana.



Figura 7. Descarga de aguas residuales del puente de la Av. Huancavelica.



Figura 8. Residuos sólidos en el puente de la Av. Huancavelica y el Pje. Orellana.



Figura 9. Desmonte en el Pje. Orellana.



Figura 10. Residuos sólidos en la Calle José Olaya.



Figura 11. Depósitos de residuos sólidos en el Jr. San Martín de Porres.



Figura 12. Depósitos de residuos sólidos y desmonte en la Calle Los Incas.



Figura 13. Bebedero y crianza de los animales.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿De qué manera el mucílago de nopal influye en la remoción de la turbidez en las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos, Huancayo 2020?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la caracterización de las aguas del río Chilca que se ve afectado por efluentes domésticos?
- ¿Cuál es la dosis de mucílago de nopal que se necesita para la remoción de turbidez de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos?
- ¿Cuál será la influencia del mucílago de nopal en el parámetro físico (olor, temperatura, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos?
- ¿Cuál será la influencia del mucílago de nopal en el parámetro químico (oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y DQO) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia del mucílago de nopal en la remoción de la turbidez en las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos, Huancayo 2020.

1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las aguas del río Chilca que se ve afectado por efluentes domésticos.
- Determinar la dosificación adecuada de mucílago de nopal para la remoción de turbidez de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos.
- Analizar la influencia del mucílago de nopal en el parámetro físico (olor, temperatura, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos.
- Analizar la influencia del mucílago de nopal en el parámetro químico (oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y DQO) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos.

1.3. Justificación

1.3.1. Aspecto ambiental

Los ríos, como recurso natural y por el alto grado de contaminación del agua que presentan las diferentes partes del país, no tienen el uso adecuado, ya sea para riego u otras actividades. El vertimiento directo de subproductos domésticos al recurso hídrico se fue convirtiendo en un problema más para la sociedad y el ambiente.

El uso de productos naturales como el mucílago de nopal, que actúa como coagulante natural, son eficientes para poder minimizar las concentraciones excesivas de los parámetros establecidos por el ECA para agua, además, la aplicación de una alternativa como el mucílago de nopal llega a remover la turbidez y a mejorar los parámetros de olor, temperatura, sólidos totales disueltos, sólidos totales suspendidos, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH y DQO, por ende cumplir con la normativa y mejorar aspectos de calidad del efluente río Chilca.

1.3.2. Aspecto social

El distrito de Chilca se caracteriza por ser una zona comercial y por sus ferias dominicanas; en ellas, llega a recibir visitas de los pobladores de los distritos aledaños y turistas. En épocas de estiaje, el olor se intensifica ya sea por el exceso de materia orgánica, los residuos sólidos y efluentes de descarga de agua residuales; en estas épocas es en donde se percibe mayor la incomodidad a los visitantes y negociantes por el olor que es generado por las aguas del río Chilca.

Los pobladores aledaños al río no tienen una buena calidad de vida por el alto grado de contaminación del río. A pocos metros de la Av. Huancavelica y el Pje. Orellana se encuentra el Colegio José Carlos Mariátegui, donde la mayoría de estudiantes optan por seguir esa ruta (calle aledaña al río y al Pje. Orellana) para llegar a su centro de estudios, lamentablemente tienen que soportar el mal olor que genera el río día a día y percibir los desmontes de basuras.

Con la dosificación adecuada del uso del coagulante natural (mucílago de nopal), se aportará en remover turbidez y reduciendo los olores generados en el río Chilca, así mejorando factores de calidad para los residentes y visitantes del distrito.

1.3.3. Aspecto tecnológico

El desarrollo de la tecnología innova diferentes equipos para el tratamiento de vertidos domésticos; hoy en día se tienen equipos desde los más costosos hasta los más económicos. La elaboración del mucílago de nopal como coagulante natural es una solución económica para la remoción de la turbidez, además puede ser un elemento de sustitución a los coagulantes inorgánicos, obteniendo un beneficio en tema de costos. En la investigación se aplicará el mucílago de nopal para la remoción de turbidez y observar la influencia en los parámetros fisicoquímicos de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos, en la provincia de Huancayo 2020.

1.4. Hipótesis y descripción de las variables

1.4.1. Hipótesis general

El uso del mucílago de nopal influye en la remoción de turbidez en las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos, Huancayo 2020.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La caracterización (física y química) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos, muestra la diferencia del nivel de concentración de los parámetros establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental del agua C3 u otras normativas.
- La dosificación adecuada de mucílago de nopal influye en la remoción de turbidez de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos.
- El uso del mucílago de nopal influye en los parámetros físicos (olor, temperatura, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos.
- El uso del mucílago de nopal influye el parámetro químico (oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y DQO) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos.

1.4.3. Descripción de las variables

A. V. independiente: dosificación con mucílago de nopal.

- Definición conceptual: cantidad necesaria del polímero natural que se usa como coagulante natural para la formación de flóculos.
- Dimensión: dosis de mucílago de nopal.
- Indicador: mL/L (se opta por la extracción del mucílago de nopal fresco).

B. V. dependiente: remoción de turbidez.

- Definición conceptual: acción de remover los materiales en suspensión, materiales orgánicos e inorgánicos finamente divididos, implicando en clarificar el agua.
- Dimensión: remoción de turbidez.
- Indicador: turbidez (NTU).

C. Variable interviniente: aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos.

- Definición conceptual: cuerpo másico que sufre cambios o alteraciones en sus concentraciones establecidas por el ECA para agua por diversos factores ambientales o usos.
- Dimensión: parámetros físicos y químicos.
- Indicadores:
 - Olor.
 - Temperatura.
 - Sólidos disueltos totales (mg/L).
 - Sólidos suspendidos totales (mg/L).
 - pH.
 - Oxígeno disuelto (ppm).
 - Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$).
 - DQO (mg/L).

Tabla 1. Matriz de operacionalización de las variables.

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
V. Independiente	Aplicación del mucilago de nopal	Cantidad necesaria del polímero natural que se usa como coagulante natural, para la formación de floculos.	Dosis de mucilago de nopal	mL (se opta por la extracción del mucilago de nopal fresco).	Hoja de campo o libreta, para anotar las diferentes dosificaciones.
V. Dependiente	Remoción de turbidez	Acción de remover los materiales en suspensión, materiales orgánicos e inorgánicos finamente divididas, así mismo implica en la clasificación del agua.	Concentración de NTU	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidez (NTU). 	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro.
V. Interviniente	Aguas Contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos	Cuerpo másico que sufre cambios o alteraciones en sus concentraciones establecidas por el ECA para agua por diversos factores ambientales o usos.	Parámetros físicos	<ul style="list-style-type: none"> • Olor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Multiparámetro.
				<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de campo.
				<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos disueltos totales (mg/L). 	<ul style="list-style-type: none"> • Mufla.
			Parámetros químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos suspendidos totales (mg/L). 	<ul style="list-style-type: none"> • Envases de vidrios, otros.
				<ul style="list-style-type: none"> • pH. 	<ul style="list-style-type: none"> • Multiparámetro.
				<ul style="list-style-type: none"> • Oxígeno disuelto (mg/L). 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de medición del DQO.
<ul style="list-style-type: none"> • Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$). 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de campo. 				
<ul style="list-style-type: none"> • DQO (mg/L). 	<ul style="list-style-type: none"> • Envases de vidrio, otros. 				

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

En el estudio que se orientó a determinar la acción de la tuna como coagulante natural para tratar vertidos superficiales en Ayacucho, se tuvo el objetivo general de remover la turbidez del agua empleando *Opuntia ficus-indica* (mucílago), mientras que se empleó el diseño experimental, considerando agitación (20 y 40 rpm) y de concentración (5 g/L). Para ello, se realizaron ensayos de determinación de dosis ideales empleando muestras de la quebrada Campanayocc, San Juan de Dios, Huamanga, Ayacucho. Se determinó la turbidez (UNT), se midió el pH, sólidos disueltos totales (mg/L) y la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Como resultado, se muestra que la alternativa de coagulación influyó en clarificar el agua, concluyendo que la mayor remoción fue 85.20 % respecto a la turbidez (7).

En el estudio que evaluó a *Opuntia ficus-indica* como coagulante natural que se emplee de forma complementaria para clarificar agua, se optó por dicho propósito de determinar su eficiencia al complementar al empleo de coagulantes convencionales químicos; como método, se realizó el test de jarras empleando proporciones y la concentración de los mencionados coagulantes, además del pH y la agitación, considerando su velocidad, para evaluar los sólidos totales disueltos, la turbidez, el pH, la

conductividad eléctrica y el color en muestras tratadas. En forma de conclusión, se alcanzó a determinar que el coagulante natural demostró capacidades efectivas para clarificar el agua (8).

En el artículo científico referido a emplear *Opuntia ficus-indica* en forma de coagulante natural para clarificar aguas crudas, se planteó como propósito demostrar si el mucílago extraído de *Opuntia ficus-indica* es eficiente al aplicarlo en forma de coagulante. Como metodología, se desarrollaron pruebas en laboratorio, las cuales abarcaron al test de jarras, además se midió el pH y la turbidez. En forma de conclusión, la *Opuntia ficus-indica* demostró ser un adecuado coagulante natural para lograr clarificar muestras de agua cruda, mientras que para las aguas turbias, se determinó que la velocidad de agitación incide en la efectividad del coagulante, llegando hasta las partículas que se consideran como las más dispersas, logrando incrementar la eficiencia de clarificación (9).

En el estudio orientado a evaluar *Opuntia cochenillifera* con fines de remover aspectos de color en agua potable, se planteó como propósito analizar la viabilidad técnica del empleo de dicho coagulante natural con fines de remoción del parámetro color; como método, también se desarrolló el test de jarras, empleando muestras de agua, de forma que se alcanzó a comparar al mucílago como único coagulante versus el $Al_2(SO_4)_3$ al 1 % en conjunto con el polímero catiónico, para finalmente comparar la eficiencia de la tuna como asistente de coagulación en tratamientos convencionales. En forma de conclusión, se determinó que al emplear *Opuntia cochenillifera* en forma de coagulante, se alcanza a remover valores considerables de color en el agua, asimismo, si el agua presenta mayor alcalinidad y turbidez la efectividad de coagulación mejoró, llegando a equipararse con coagulantes químicos comerciales (10).

En el artículo científico enmarcado en caracterizar *Opuntia ficus-indica* para emplearlo en forma de coagulante natural; se tuvo como propósito determinar los elementos relacionados a la capacidad de coagulación de la tuna (mucílago), aplicado en remover el color y la turbidez en vertidos. Como método, se cortaron, pelaron, secaron, molieron, tamizaron y despigmentaron las pencas sujeto a análisis, todo ello para obtener el coagulante, alcanzando un rendimiento de 65 g de coagulante/kg de

materia prima empleada. Para evaluar el poder coagulante del material se aplicó la prueba de jarras. En conclusión, parámetros como el color, el pH y la turbidez fueron analizados, alcanzando que existe una capacidad de remoción del 50 % y 70 % del color y turbidez respectivamente, considerando una carga turbia significativa, además de que no se altera de forma importante el valor de pH (11).

En el estudio que trató sobre evaluar la aplicación, en sistemas de flujo continuo, de coagulantes naturales que sustituyan al $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con el propósito de clarificar aguas, se mantuvo el propósito de determinar su eficiencia respecto del empleo de *Moringa oleífera*, además de cactus opuntia, algas marinas y almidón como clarificantes del agua destinada a consumo humano, aplicados en dichos sistemas tipo batch. En forma de método, se llegó a evaluar muestras obtenidas del río César en periodos marcados de precipitaciones y época seca lo cual se asocia a la presentación de escenarios de alta y baja turbidez respectivamente. Dichos activos naturales fueron activados mediante pretratamientos químicos, y a partir de ello se emplearon distintas dosis en fases experimentales de coagulación y floculación. En dichos entornos, se controlaron parámetros asociados a la turbidez en el agua. Como aporte del estudio, se determinó que existió una mayor eficiencia en lo que respecta a la remoción de los parámetros de control, excepto para el cactus (aplicación sin activación), alcanzando un 88.20 % para la moringa activada con $\text{Ca}(\text{OH})_2$, mientras que un 79.73 % para el almidón activado con NaOH , un 81.14 % para las algas con CaCl_2 y finalmente el cactus fue eficiente en una mayor proporción, alcanzando un 98.41 % (12).

En el estudio orientado a aplicar *Opuntia ficus-indica* en forma de coagulante aplicado a vertidos residuales, se mantuvo el propósito de evaluación de su efectividad al ser aplicado en forma de polvo seco. Como marco metodológico, se emplearon muestras de vertidos residuales provenientes de la Universidad Autónoma Metropolitana, llevándose a cabo test de jarras empleando polvo de *Opuntia ficus-indica*, llegándose a emplear, por triplicado, cuatro concentraciones (10, 30, 50 y 70 mg/L). El total de pruebas consideraron el emplear 250 mL de vertidos residuales en jarras de 800 mL, así como la agitación fue constante a una velocidad de

150 rpm durante 3 minutos. El estudio concluye que el coagulante aplicado en forma de polvo de *Opuntia ficus-indica* resultó efectivo para remover un 92 % de turbidez, así como se logró separar un 34 % de la DQO, precisando que dichos aportes logrados son equiparables con lo reportado por antecedentes donde fue usado mucílago de nopal fresco (13).

En el estudio referido a analizar distintas formas de empleo de clarificantes naturales en procesos destinados a potabilizar el agua, se tuvo como objetivo lograr evaluar la capacidad clarificante de la tuna (mucílago de su penca) al ser aplicado en diversas formas, ya sea licuada, en polvo o al considerar una mezcla de dicho polvo con un extracto de mucílago. Como método, se emplearon dosis de tratante de 0.3; 0.4; 0.5; 0.7 y 1 g/L, todo ello considerando mucílago licuado, mientras que para su forma de polvo, se emplearon dosis de 0.005; 0.01; 0.025; 0.05; 0.1 y 0.3 g/L, y para el polvo combinado con extracto de mucílago, se consideraron valores de 0.0025; 0.005; 0.0075; 0.01 y 0.04 g/L, mientras que para la preparación de las matrices, se realizaron diversas pruebas considerando el uso de agua destilada en matrices de ensayo, agregando en ella sólidos provenientes del río Wierna, hasta llegar a obtener un valor de 5 g/L (sólidos) que simule un parámetro de alta turbidez que es reportado en épocas cálidas. Tras ello, se llegó a emplear pruebas de jarras, considerando una velocidad máxima de agitación de 150 rpm en 2 minutos, así como una velocidad moderada de 15 rpm en 15 minutos. Como conclusión, el escenario de mayor remoción de turbidez se dio al aplicar mucílago licuado (< 99 %) considerando una dosis ideal de 0.4 g/L, mientras que para los ensayos complementarios, se tuvo una remoción menor pero superior al 96 % (14).

2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

En el estudio asociado a evaluar el efecto de aplicar penca de la tuna como floculante natural para tratar aguas de acequias en las zonas agrícolas de Cañete, se tuvo el objetivo de determinar el efecto de su empleo para clarificar y purificar recursos hídricos superficiales en el lugar en mención. Como método, se colectaron muestras superficiales de acequias de las

zonas altas del Anexo Rinconada ubicada el Centro Poblado Pueblo Nuevo de Conta (100 mL). Los procesos para obtener el floculante abordaron a reducirlo, secarlo, molerlo y tamizarlo, de forma que se permita extraer adecuadamente la clorofila y se eliminen solventes. Se llegó a evaluar aquel para observar sus propiedades de remoción de turbidez y color del agua, considerando parámetros determinantes, como el contenido de nitrógeno y carbohidratos, así como el pH del agua; además, se llegó a aplicar el test de jarras considerando una agitación de 30 rpm y soluciones de 30, 60 y 90 mg/L. Como conclusión, se determinó la relación siguiente: 1 kg de *Opuntia ficus-indica* da lugar a 74 g de coagulante, el cual presentó un pH de 6.2 y un color blanco marfil. Así también, se llegó a observar un poder activo alto, llegando a reducir valores de color de 457 a 13, el pH no varió de forma significativa y se redujo la turbidez de 142 a 12.3 (15).

En la tesis orientada a evaluar los efectos reductores de la turbidez del agua al emplear *Opuntia ficus-indica* considerando diversos procesos extractivos, se planteó el propósito de analizar lo efectivo de procesos para obtener *Opuntia ficus-indica* (tuna) y que su aplicación permita reducir la turbidez de las aguas del río en mención. Como método, fue considerado lo experimental y deductivo ello para comprender los efectos de la tuna al aplicarla al agua, además para determinar una serie de resultados producto de la experimentación. Así también, el mucílago de tuna fue obtenida a partir de procesos donde tras ser extraída, pasó a licuarse y escurrirse, así como es preciso determinar factores de aplicación como la conductividad y el pH. Tras la prueba de jarras, así como lo estadístico de ANOVA, permitió sostener como conclusión que existe una influencia por parte de los procesos de obtención del mucílago, ello reflejado en la turbidez final obtenida, donde el proceso de escurrimiento favorece a la remoción de dicho parámetro criterio (16).

En el estudio asociado a remover turbidez mediante el uso de *Opuntia ficus indica*, se tuvo por objetivo analizar las condiciones de aplicación de la tuna fresca para lograr remover el parámetro en mención en agua proveniente de un subsistema hídrico. Como método, la investigación fue netamente experimental, para lo cual se desarrollaron pruebas de jarras, de dos repeticiones, durante 8 semanas empleando pencas de cactus de 3 años

de edad. De igual forma, se consideraron parámetros de evaluación que son pertinentes y representativos del agua. Como conclusión, se precisa la reducción de valores de los parámetros asociados a la turbidez, alcanzando una remoción de 99 % de ésta, así como para el color se registró un 97 %, en ambos casos como máxima capacidad de reducción, logrando alcanzar a cumplir lo que la normativa ambiental de calidad de agua exige (17).

En la tesis donde se llegó a evaluar el empleo, como coagulante natural, de *Opuntia ficus-indica*, se mantuvo el propósito de analizar su eficiencia respecto de la remoción de turbidez en muestras sintéticas que fueron elaboradas en laboratorio". Como método, la investigación fue experimental; para la preparación de la muestra de agua sintética, se consideró el promedio de turbidez cuando se dan y no precipitaciones, correspondiente a valores de 300 NTU y 15 NTU de "La Atarjea", de forma que se alcance a darse una solución compuesta que parta de la disolución de arcilla en agua destilada, llegando a obtener niveles turbidez deseados (20, 50, 100, 300 y 500 UNT); para la obtención del coagulante se ejecutaron procesos de reducción, secado (temperatura de 60°C por 3 horas), molienda y tamizado, extracción del pigmento y almacenamiento; en lo que respecta al test de jarras, se llegaron a aplicar 6 dosis representativas, considerando tres repeticiones para cada una, para luego evaluar la turbidez, temperatura, pH y color de lo sintético obtenido; para la validez de los resultados, los estadísticos empleados fueron ANOVA y Dunnet considerando un nivel de confianza del 95 %, de forma que se alcancen a comparar los tratamientos y determinar en cual se alcanza la mayor reducción de turbidez. Se concluye que al aplicar la tuna, se logró una reducción del 58 % de turbidez considerando muestras de 20 UNT, mientras que al tener valores de 500 UNT, se llegó hasta un 86 % de reducción (18).

En la tesis que permitió evaluar capacidades de remoción de turbidez presente en canales de riego al combinar alternativas de coagulación-floculación convencionales con *Opuntia ficus-indica*, se mantuvo como propósito dicha evaluación a escala de laboratorio. Como método, la investigación fue experimental; la extracción de los coagulantes fue de

forma manual, considerando una relación de tamaño y volumen respecto del mucílago obtenido y al aplicarlo al agua, donde aquel fue obtenido a partir de su limpieza, para luego ser cortado, ingresar a licuarse y ser macerado en un tiempo de 12 horas para finalmente poder ser tamizado. En forma de conclusión, tras el primer procedimiento de extracción del coagulante, se alcanzaron valores de remoción de 96.9 %, ello como mayor reducción, mientras que en menor escala, su eficiencia alcanzó un 88.3 %, en ambos casos considerando valores de turbidez alta (19).

En el estudio asociado a determinar la eficiencia de *Opuntia ficus-indica* al ser aplicado como biocoagulante para tratar recursos hídricos superficiales, se tuvo como propósito llegar a identificar dichos valores de eficiente considerando muestras de un río representativo. Como método, se asumió un enfoque cuantitativo de diseño meramente experimental; para la extracción del coagulante, la tuna fue cortada para ser luego secada entre 60 a 80°C durante 48 horas, de forma que se alcancen pesos constantes; luego, el test de jarras llegó a ser aplicada en un tiempo de 1 minuto a una velocidad de 100 rpm. Como conclusión, *Opuntia ficus-indica* llegó a ser eficiente para reducir el contenido de la turbidez (96.21 %), coliformes (99.72 %) y color (65 %), y en todo momento mantuvo al pH dentro de rangos permitidos, demostrando ser representativa como biocoagulante (20).

En el estudio asociado al empleo de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad de agua destinada a consumo, se mantuvo como propósito alcanzar escenarios de mejorar de dicho frente de calidad en la comunidad de Pusir Grande mediante el empleo de dicha alternativa de tratamiento. Como método, el estudio fue experimental, donde el mucílago fue finalmente filtrado para así conseguir un producto acuoso y sin grumos; tras ello, se consideró el empleo del test de jarras. Las conclusiones se asociaron a obtener una relación de aplicación del 75 % de agua sujeta a tratamiento y el empleo de 25 % de mucílago, llegando a obtener rendimientos apropiados para la reducción de valores de los parámetros fisicoquímicos y estar dentro de lo establecido por la normativa vigente ecuatoriana. Es preciso mencionar que los costos de tratamiento, tras la inclusión del mucílago, se redujeron a \$ 196.52/mes y \$ 0.33/m³, siendo

menor a lo requerido tras emplear $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, donde se tienen valores de costos de \$ 503.69/mes y de \$ 0.84/m³, evidenciando ventajas competitivas respecto del empleo del coagulante natural, demostrando ser viable en su aplicación (21).

En la investigación orientada a identificar dosis óptimas de *Opuntia ficus-indica* (mucílago de aquel) de forma que se emplee para mejorar la calidad de agua del río La Leche, se planteó como propósito determinar dicha dosis óptima para obtener condiciones de agua destinada a consumo. Como método, la investigación fue experimental; para obtener *Opuntia ficus-indica* se inició por retirar sus cutículas, además de ser cortada en trozos pequeños para luego pasar a un reposo por 12 horas en aguas destilada para luego realizar el tamizado; para dar validez la efectividad del mucílago, el test de jarras consideró una velocidad máxima de 150 rpm por 5 minutos, así como la agitación lenta de 20 rpm por 20 minutos, todo ello considerando un volumen de muestra de 800 mL. Como conclusión, tras el tratamiento con *Opuntia ficus-indica* a diferentes dosis, se alcanzó a demostrar que mientras ésta sea mayor, se alcanzarán mejores resultados de reducción, llegando a obtener valores aptos respecto de los parámetros para agua potable (22).

En la investigación referida al aplicar *Opuntia ficus-indica* para clarificar las aguas del río Uchusuma, se mantuvo como propósito establecer valores que reflejen la eficiencia de su aplicación con dicho objeto de clarificación. Como método, la investigación fue aplicada y de tipo experimental; para la extracción del mucílago de nopal, se obtuvo el mismo de forma fresca y seca; para la evaluación del coagulante natural, se utilizaron seis vasos precipitados para dos litros de muestra del río, la cual se utilizó 1, 2, 4, 6, 7 y 8 (mL/2L) de dosis de mucílago fresco; posteriormente, se realizaron las mediciones del nivel de turbiedad, pH, temperatura y color. Como conclusión de la investigación, se precisa que el uso del mucílago fresco mejora la referida eficiencia de remoción, demostrando que para la turbidez alta se alcanzó un 95.39 % de reducción, mientras que para valores más bajos de turbidez se alcanzó un 92.36 % de reducción (23).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundamentos teóricos

2.2.1.1. Disponibilidad del recurso hídrico

El recurso hídrico es la fuente principal para la vida y para el desarrollo de las diferentes actividades. Según la UNESCO (24), aspectos de desarrollo socioeconómico abordan el mayor consumo de agua, representando hasta un 69 % a nivel mundial. Fuera de factores de generación energética, lo industrial abarca al 19 % de uso, mientras que domésticamente un 12 %.

2.2.1.2. Aguas residuales

Según el OEFA (25), dichos vertidos no presentan sus cualidades naturales u originales, pues éstas han sido modificadas a causa de fuentes antropogénicas, de modo que requieren de ser tratadas antes de volver a ser parte de cuerpos de agua tras su derivación.

Dichos vertidos reúnen mezclas que son complejas que parten de su composición inorgánica y orgánica, que son clasificadas por su origen, industriales, domésticas y municipales; se diferencian por los diferentes compuestos que poseen, es por ello que para poder descargar vertidos con subproductos se realizan diferentes tiramientos en función de su fuente generativa, para así evitar la alteración de las características del receptor.

2.2.1.3. Aguas residuales domésticas (ARD)

Son el resultado final de emplear recursos hídricos en acciones antropogénicas, es por ello la importancia de que éstas sean previamente tratadas previo a ser descargadas a los cuerpos hídricos. Estas suelen presentar sólidos, DBO, materia orgánica, coliformes, detergentes, nitratos y sulfatos.

Según el OEFA (25), son parametrizadas a su origen, que puede ser comercial o residencial, de modo que presentan la adhesión de subproductos fisiológicos y otros que son meramente provenientes de acciones socioeconómicas, por lo cual deben ser adecuadamente dispuestas.

2.2.1.4. Composición de ARD

Mantienen características de color oscuro, puesto que congrega un alto valor orgánico y, como consecuencia, poseen un olor muy característico.

Según Osorio *et al.* (26), dicha composición tiende por ser muy variable, ya que está condicionada a una serie de factores; en la figura 14 se muestran parámetros fisicoquímicos y sus valores considerando un determinado grado de contaminación.

Parámetros	Grados de contaminación		
	Fuente	Media	Débil
Sólidos totales	1.000	500	200
Sólidos totales fijos	300	150	80
Sólidos totales volátiles	700	350	120
Sólidos en suspensión	500	300	100
Sólidos en suspensión fijos	100	50	30
Sólidos en suspensión volátiles	400	250	70
Sólidos disueltos	500	200	100
Sólidos disueltos fijos	200	100	50
Sólidos disueltos volátiles	300	100	50
Sólidos sedimentables	250	180	40
Sólidos sedimentables fijos	150	108	24
Sólidos sedimentables volátiles	100	72	16
DBO ₅	400	220	110
DQO	1.000	500	250
COT	290	160	80
N _{total}	86	50	25
N _{orgánico}	35	20	10
NH ₄ ⁺	50	30	15
NO ₃ ⁻	0,4	0,2	0,1
NO ₂ ⁻	0,1	0,05	0,0
P _{total}	15	8	4
P _{orgánico}	5	3	1
P _{inorgánico}	10	5	3
pH	6-9	6-9	6-9
Grasas	150	100	50

Figura 14. Composición de las aguas residuales domésticas.

Fuente: Osorio *et al.* (26).

2.2.1.5. Tratamiento de ARD

Existen diversos sistemas de tratamientos para aquellas. Se pueden combinar técnicas físicas, químicas y biológicas. Aquel sistema pasa por tres fases: primaria, secundaria y terciaria. En la fase primaria, las aguas pasan por procesos que anteceden a la sedimentación de sólidos, en este proceso se utilizan coagulantes, donde el químico más comercial es el $Al_2(SO_4)_3$.

Para elegir el tratamiento adecuado o correcto, se debe tener en cuenta el uso final que se le dará al agua tratada, debido a que los diferentes tratamientos difieren en los parámetros de calidad del agua. Estas aguas tratadas pueden ser para el uso agrícola, riego de jardines, uso industrial, uso recreativo y uso ambiental como por ejemplo el riego de zonas verdes y de otro tipo no accesible al público.

En el Perú, según la base de datos de AQUASTAT-FAO (27), al 2011 se registraron 147 infraestructuras, mientras que los

vertidos no tratados al 2011 correspondieron a 0.089 (10⁹ m³/año). En la figura 15 se detalla la base de datos nacional de vertidos residuales.

Perú	1986-1992	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012	2013-2017
Agua residual municipal producida (10 ⁹ m ³ /año)					0.995 (2011)	
Agua residual municipal recolectada (10 ⁹ m ³ /año)					0.655 (2011)	
Agua residual municipal tratada (10 ⁹ m ³ /año)			0.0995 (2000)		0.275 (2011)	
Número de instalaciones de tratamiento de agua residual municipal (-)				143 (2000)	147 (2011)	
Capacidad de las instalaciones de tratamiento de agua residual municipal (10 ⁹ m ³ /año)						
Agua residual municipal no tratada (10 ⁹ m ³ /año)					0.7339 (2011)	
Agua residual municipal tratada vertida (10 ⁹ m ³ /año)			0.0813 (2000)		0.2447 (2011)	
Agua residual municipal no tratada vertida (10 ⁹ m ³ /año)					0.089 (2011)	
Uso directo de agua residual municipal tratada (10 ⁹ m ³ /año)			0.0186 (2000)		0.0303 (2011)	
Uso directo de agua residual municipal tratada en agricultura de riego (10 ⁹ m ³ /año)					0.114 (2011)	
Uso directo de agua residual municipal no tratada en agricultura de riego (10 ⁹ m ³ /año)						
Superficie equipada para el riego: uso directo de agua residual municipal tratada (1000 ha)	0.856 (1991)				1.35 (2008)	
Superficie equipada para el riego: uso directo de agua residual municipal no tratada (1000 ha)	8.49 (1991)				9.35 (2008)	

Figura 15. Base de datos de agua residual en el Perú.

Fuente: FAO (27).

2.2.1.6. Coagulación y floculación

Comprende a tratamientos orientados a la eliminación de lo orgánico suspendido en el agua. Según Aguilar *et al.* (28), menciona que en la coagulación se llegan a desestabilizar los componentes suspendidos por acción de separación de fuerzas. Así también, precisan que la floculación se asocia a que las partículas previamente desestabilizadas se lleguen a unir formando de tal manera aglomerados que lleguen a sedimentar (28). Para tratar vertidos residuales, se utiliza la coagulación y floculación como una técnica eficiente para la separación de sedimentos y mejorar el proceso de filtración.

El recurso hídrico contiene partículas suspendidas, que están formadas por micro y macromoléculas. Dentro de la clasificación de partículas suspendidas, están las partículas coloidales; estas partículas por su diámetro generan aspectos de turbidez y modificar el color “natural” del agua, así también por la lenta sedimentación se llega a necesitar procesos de coagulación y

floculación. Rodríguez *et al.* (29) mencionan que para optimizar dichos frentes, es preciso añadir reactivos que aporten en la desestabilización de los materiales coloidales, de forma que las partículas presentes sean más fáciles de sedimentar.

El proceso de coagulación mantiene como propósito dicho entorno de desestabilización para favorecer a su aglomeración y posterior sedimentación, de forma que se elimine lo estable suspendido presente en el agua, En el Informe de SEDAPAL, realizado por Andía (30), se precisa que a través de la coagulación, se alcanza a eliminar la materia orgánica, más allá de solo la turbidez.

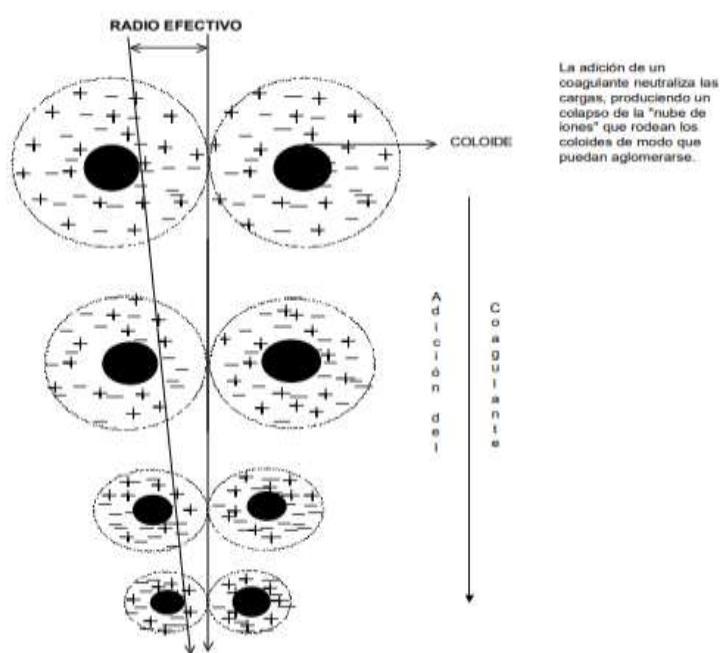


Figura 16. Coagulación.

Fuente: Andía (30).

Se muestra en la figura anterior la acción de químicos que anulan cargas eléctricas presentes en la superficie de los coloides, lo cual permite formar flóculos tras su aglomeración.

2.2.2. Metodologías existentes

2.2.2.1. Nopal

El nopal es una cactácea y su nombre científico es *Opuntia ficus-indica* (31), el cual fue dado por Tournefort en 1700 ya que se asemejaba a una planta con espinas que se podía encontrar en Opus, Grecia (31). Fue usado desde la antigüedad, principalmente por la cultura Azteca, debido a que esta planta es agroclimática. Actualmente, se ven cosechas en a lo largo del mundo. El nopal actualmente tiene diferentes usos, como alimento para los animales o es utilizado para la medicina como muestra en la figura 17 por sus propiedades curativas y nutritivas, además el nopal viene siendo estudiado para producción de biogás y como tratamiento de efluentes.



Figura 17. Propiedades medicinales del nopal.

Fuente: Sáenz y Berger (31).

A. Clasificación del nopal:

Según la FAO, mencionada por Sáenz y Berger (31), se precisa que son conocidas aproximadamente 300 especies del género *Opuntia*, empero, solo son empleadas alrededor

de 10 a 12 especies, en lo productivo (colorantes) y como alimento. Entre dichas especies se encuentran: *Opuntia ficus-indica*, *O. amyclaea*, *O. xocconostle*, *O. megacantha*, *O. streptacantha*, así como especies silvestres: *Opuntia byptiacantha*, *O. leucotricha* y *O. robusta*.

B. Taxonomía del nopal:

Aquel frente tiende por ser complicado, debido a que la mayor parte está basada en confusiones llegando a evidenciarse sinonimia en varios casos. En dicha idea, se continua con el orden taxonómico clásico considerando factores morfológicos (32). En la siguiente figura se muestra la taxonomía del nopal.

Reino	<i>Vegetal</i>
Subreino	<i>Embryophyta</i>
División	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotyledoneae</i>
Subclase	<i>Dialipétalas</i>
Orden	<i>Opuntiales</i>
Familia	<i>Cactaceae</i>
Tribu	<i>Opuntiae</i>
Subfamilia	<i>Opuntioideae</i>
Género	<i>Opuntia</i>
Subgénero	<i>Platyopuntia</i>
Especie	<i>Varios nombres</i>

Figura 18. Clasificación taxonómica del nopal.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (32).

2.2.2.2. Mucílago de nopal

En la investigación de Quispe (23) se menciona que como producto del nopal se tiene un hidrocoloide que es denominado como mucílago, considerando como un polisacárido fibroso, que alcanza a formar redes moleculares que tienen la capacidad de retención de agua en significativa cantidad.

Aquel mucílago es considerado gomoso, además de que se encuentra específicamente en los cladodios de la tuna, así también, es considerada como una mezcla neural de 55 sacáridos que presentan un alto peso molecular. Aquel demuestra efectividad para coagular sólidos que se encuentren suspendidos en el agua (natural o residual). Es mucho más rápido en aquello respecto del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, ello debido a su carácter hidrofílico, así como su capacidad de aumenta cuando se incrementa su concentración (13).

En el proceso previos a la sedimentación, se utilizan coagulantes químicos o inorgánicos. En la investigación de Mercado (33) se menciona que los coagulantes inorgánicos, como el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ y FeCl_3 , se constituyen como los mayormente empleados para clarificar aguas. En la investigación de Ochoa (34) se precisa que el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ es mayormente empleado debido a que alcanza a reducir valores sobre el 90 % de sólidos y microorganismos de ser empleado de forma óptima, así también, se menciona que puede llegar a ser asimilado por el humano, representando riesgos para su salud (Alzheimer, enfermedades óseas, entre otras afecciones) (34); por último, se precisa que los lodos, de gran generación, no presentan un potencial de valorización puesto que son tóxicos (34).

Existen alternativas para reducir el uso de los coagulantes inorgánicos. Hay diferentes investigaciones donde demuestran la eficiencia de los coagulantes orgánicos. El mucílago de nopal es un coagulante orgánico con potencial de remoción muy alto (< 85 %), además, a diferencia de lo convencional, no generan riesgos tóxicos y los lodos generados tienden por ser biodegradables. En la figura siguiente se presenta dicha comparación, donde la tuna presenta un 94 % de remoción de color a comparación del coagulante químico.

Coagulante	Dosis coagulante (mg/l)	Dosis floculante (mg/l)	Turbidez residual (FTU)	Color residual (UC)	Remoción turbidez (%)	Remoción color (%)	DQO soluble (mg/l)	Calidad floculo
Al ₂ (SO ₄) ₃ + floculante KF 930-S	20	2,0	2	16	90	89	10,3	6
Tuna	45	0	0	9	100	94	21	10

Figura 19. Cuadro comparativo de la calidad de agua artificial tratada con tratamiento convencional y tuna como único tratamiento.

Fuente: Jiménez-Antillón *et al.* (10).

2.2.2.3. Extracción del mucílago de nopal fresco

Existen diversas metodologías para extraer mucílago. En esta investigación, se optó por realizar dicha extracción tomando como referencia la tesis de Quispe (23), de modo que se ejecutó lo siguiente:

- Extracción de la materia prima.
- Se realizó el lavado del nopal, luego usando el cuchillo se retiró las espinas y se peló la cáscara. Posteriormente, se realiza el pesado para luego ser triturado en pequeños trozos.
- Se midió 300 mL de agua destilada en una probeta y se vertió en un vaso precipitado junto a los trozos de pulpa para maceración durante 16 horas.
- Para culminar después de la maceración se procedió con el filtrado a través de una tela nylon.

2.2.2.4. Dosificación

A. Método de jarras:

Andía (30) menciona que dicho método comprende a simular procesos coagulantes y floculantes, ello en laboratorio, lo cual viabiliza el empleo apropiado de insumos

en términos de productividad; el resultante (flocs) permite remover diversos valores de turbidez. Dicho mecanismo es empleado para la medición de la efectividad de los coagulantes en un tiempo corto.

El principal objetivo de dicho método es identificar la dosis precisa del coagulante que al ser aplicada mejore la calidad del agua. Andía (30) menciona que dicho mecanismo tiene como propósito identificar factores fisicoquímicos que permitan realizar óptimamente procesos del tratamiento primario de vertidos con subproductos, de forma que se alcancen escenarios eficientes de remoción de aquellos aspectos ambientales.

2.2.3. Técnicas e instrumentos de la investigación

2.2.3.1. Parámetros físicos

A. Olor:

Ramos *et al.* (35) precisan que los olores generados por la presencia de vertidos con subproductos se debe a la presencia de gases producto de la degradación de lo orgánico, así también, añaden que sulfuro de hidrógeno brinda aquella cualidad al entorno séptico, ello producto de procesos de reducción dado por actividades de organismos microscópicos que no necesitan de oxígeno (35).

Según el Grupo de Estudio Técnico Ambiental (GESTA) (36), se alcanza a describir de forma cualitativa la calidad, estado o procedencia del agua mediante su olor. Los olores desagradables del agua pueden ser producidos por los diferentes compuestos volátiles naturales o por vertidos.

Tipo de Olor	Tipo de Agua
Inodoro:	Típico de aguas dulces y frescas
Olor metálico:	Típico de aguas subterráneas
Olor a Sulfuro:	Típico de ARD, de MO. y en general, de sistemas anaeróbicos
Olor vegetal:	Típico de aguas poco profundas, de humedales y estuarios.
Olor Pírico:	Típico de lixiviados de RS. y de aguas procedentes de PTARs
Olor a Pescado:	Típico de aguas oceánicas y de cultivos piscícolas

Figura 20. Tipo de olor y tipo de agua.

Fuente: Grupo de Estudio Técnico Ambiental (36).

B. Turbidez:

Es un indicador físico asociado a la calidad del agua, debido a que la existencia de partículas en suspensión hace que el agua pierda su transparencia.

Según (GESTA) (36), aquello es producto de la presencia de minerales no metálicos, además de partículas en suspensión, material sedimentable producto de erosión, entre otras fuentes, donde dichas partículas presentan tamaños que varían entre 0.7 a 1.000 nm.

Así también, por ser indicador relevante de calidad del agua, brinda un conocimiento acerca de su grado de polución, pero no acerca del contaminante específico, dado a que existen diversas condicionantes que influyen como la descarga de efluentes o escorrentía urbana.

C. Sólidos suspendidos:

Conocidos como no disueltos, están conformados por otros sólidos de característica sedimentable y coloidal, que son responsables de la generación de lo turbio que se percibe en el agua. Estos pueden llegar a ser eliminados a través de diversas formas, donde lo práctico es a través del filtrado (filtración) para retener sólidos con las cualidades mencionados, sin embargo, todo ello debe validarse primero a nivel experimental.

Su análisis es relevante para el control de tratamientos físicos y biológicos de vertidos residuales, principalmente para considerar analizar el cumplimiento de la normativa vigente. Según (GESTA) (36), estos son producidos tras la erosión de suelos y por la aglomeración de partículas en descomposición.

Silva (37), precisa que son el conglomerado de sólidos flotantes, que en algunos casos tienden por ser visibles, pero que son susceptibles de ser separados para que sedimenten con método sencillos.

D. Sólidos disueltos:

El sólido disuelto es una característica física del agua donde las sustancias orgánicas e inorgánicas solubles en agua están en solución ionizados; debido a ello, el parámetro de conductividad y lo disuelto total, mantienen una relación directa.

Los sólidos disueltos, según Rigola (38), comprenden al resto de lo filtrado que se representa como una medida de lo disuelto, además, su origen tiende por ser múltiple, considerando lo superficial así como subterráneo, y lo inorgánico y orgánico (38).

E. Sólidos totales:

Ramos *et al.* (35), precisan que aquellos están representados por materiales de arrastre derivados de suministros agrícolas/productivos y/o humanos. Analizando el contexto, dicho contenido de sólidos en vertidos residuales están definidos por subproductos de la evaporación de muestras de agua a una temperatura entre 103 y 105°C.

Sin embargo, Silva (37) precisa que aquellos, presentes en vertidos, están clasificados por orden de tamaño, así como considerando su presentación (filtrable o suspendido), como se muestra en la figura 21.

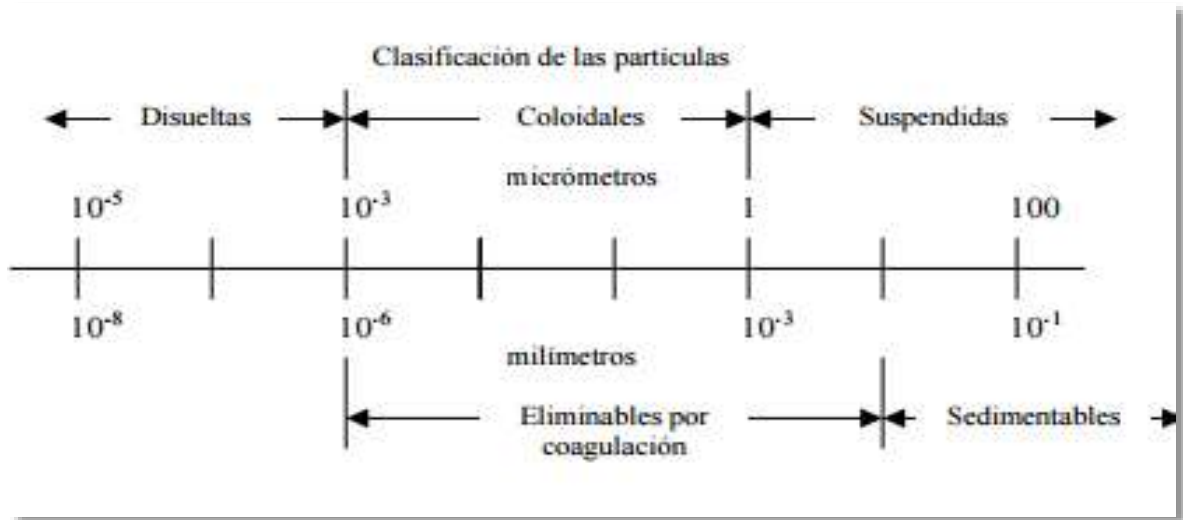


Figura 21. Clasificación de las partículas sólidas contenidas en un agua residual, según su diámetro.

Fuente: Silva (37).

2.2.3.2. Parámetros químicos

A. Conductividad eléctrica:

(GESTA) (36) precisa que aquel parámetro está representado por la capacidad de transporte de la corriente eléctrica en una solución, la cual es dependiente de iones y su concentración así como de la temperatura al realizarse mediciones. Es utilizada para las medidas indirectas de la concentración de sólidos disueltos totales, lo cual tiende por alterar el desarrollo de plantas, es por ello que el D.S. N° 004-2017-MINAM recomienda concentraciones de 2500 $\mu\text{s/cm}$ para riego y 5000 $\mu\text{s/cm}$ para bebida de animales.

B. pH:

(GESTA) (36) precisa que dicho parámetro muestra si existe una acidez, neutralidad o basicidad del medio, representado por la cantidad de iones hidrógeno. Su medición es comprendida en una escala del 0 a 14, donde un valor intermedio (7) muestra la neutralidad, mientras que si se supera dicho valor se tiene un medio básico, por el contrario, si está por debajo es un medio ácido. De darse dicha neutralidad, se representa una igualdad entre el hidrógeno y los oxhidrilos, en correspondencia, se dan las variaciones como por ejemplo cuando existe más hidrógeno (en dicha relación), el medio es ácido.

El pH cumple una función muy importante para mantener la vida acuática balanceada; la baja concentración o alta de pH puede desequilibrar el ambiente natural causando condiciones tóxicas para la vida acuática.

C. Materia orgánica:

El agua residual doméstica generará altos contenidos de materia orgánica, que suele estar compuesta de mezclas heterogéneas que influyen en el oxígeno disuelto del agua; en condiciones naturales puede ser generada por la descomposición del material biológico de fuente animal, vegetal o de microorganismos.

Silva (37) menciona que la composición de lo orgánico comprende a un 90 % el conjunto de proteínas, carbohidratos, entre otros, de modo que se den las condiciones de degradabilidad biológica, los cuales llegan a ser modificados gracias a la acción de microorganismos naturales, de forma que se generen compuestos simples considerando también aspectos de nutrientes presentes y la temperatura y nutrientes de vertidos.

D. Oxígeno disuelto:

Según Peña (39) comprende a lo disuelto presente en el agua considerando el oxígeno, fundamental para la “salud” de fuentes de agua. Su nivel es considerando como un indicador entorno al soporte de vida en el agua. De tener niveles bajos, se merma en la supervivencia de ciertos organismos.

Además, si la concentración es alta, es probable que el entorno acuático sea sano y tenga una mayor estabilidad. Cuando la concentración del oxígeno disuelto es baja pueda que exista una sobrecarga de descomposición de material orgánico, desechos humanos o animales.

5-6 ppm	Suficiente para la mayor parte de las especies
<3 ppm	Dañino para la mayor parte de las especies acuáticas
<2 ppm	Fatal a la mayor parte de las especies

Figura 22. Niveles de oxígeno disuelto.

Fuente: Peña (39).

E. Demanda Química de Oxígeno (DQO):

Según el Manual Abecedario Ecológico, propuesto por la Fundación Hogares Juveniles Campesinos (40), comprende al oxígeno, en términos de concentración, que llega a ser consumido después de que lo orgánico se haya descompuesto. Así como, este parámetro determina el grado de contaminación en el agua.

Según Bureau Veritas (41), el DQO comprende a sustancias de carácter oxidable que pueden ser degradables o no biológicamente. Se determinan a través de rápidos ensayos (menores a 3 horas), empero dicho factor de degradación tiende por ser una limitante. La razón de determinarlo, viabiliza el hecho de sustentar el requerimiento de tratamientos propiamente fisicoquímicos, o biológicos.

2.2.3.3. Parámetro biológico

A. Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO):

Comprende a experimentalmente un proceso, donde se mide el nivel de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica presentes en el agua por parte de microorganismos. Para determinar el nivel de oxígeno requerido, es preciso incubar dicho medio en condiciones de oscuridad a 20°C durante un tiempo estándar, que es 5 días (DBO₅).

Raffo y Ruiz mencionan que (42) la resultante del ensayo de DBO₅, aborda el oxígeno total, en cantidad, que llega a ser consumido por organismos presentes, ello en 5 días de degradación biológica. Puntualmente, dicha forma representativa, es producto de colocar muestras en medios cerrados donde se alcance a medir el oxígeno disuelto (OD), ello al inicio y al finalizar la prueba a 5 días, donde la diferencia de dicho parámetro, dividido entre el volumen de subproducto es propiamente el valor de DBO₅.

- Fórmula para determinar la DBO:

$$DBO_{Final} = \frac{OD_{Inicio} - OD_{Final}}{P}$$

Se muestra también el gráfico del comportamiento de la DBO.

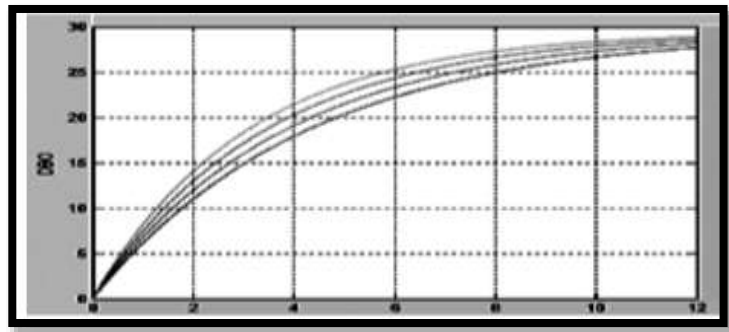


Figura 23. DBO a temperaturas diferentes de 20°C.

Fuente: Raffo y Ruiz (42).

2.2.4. Diseño del modelo teórico conceptual

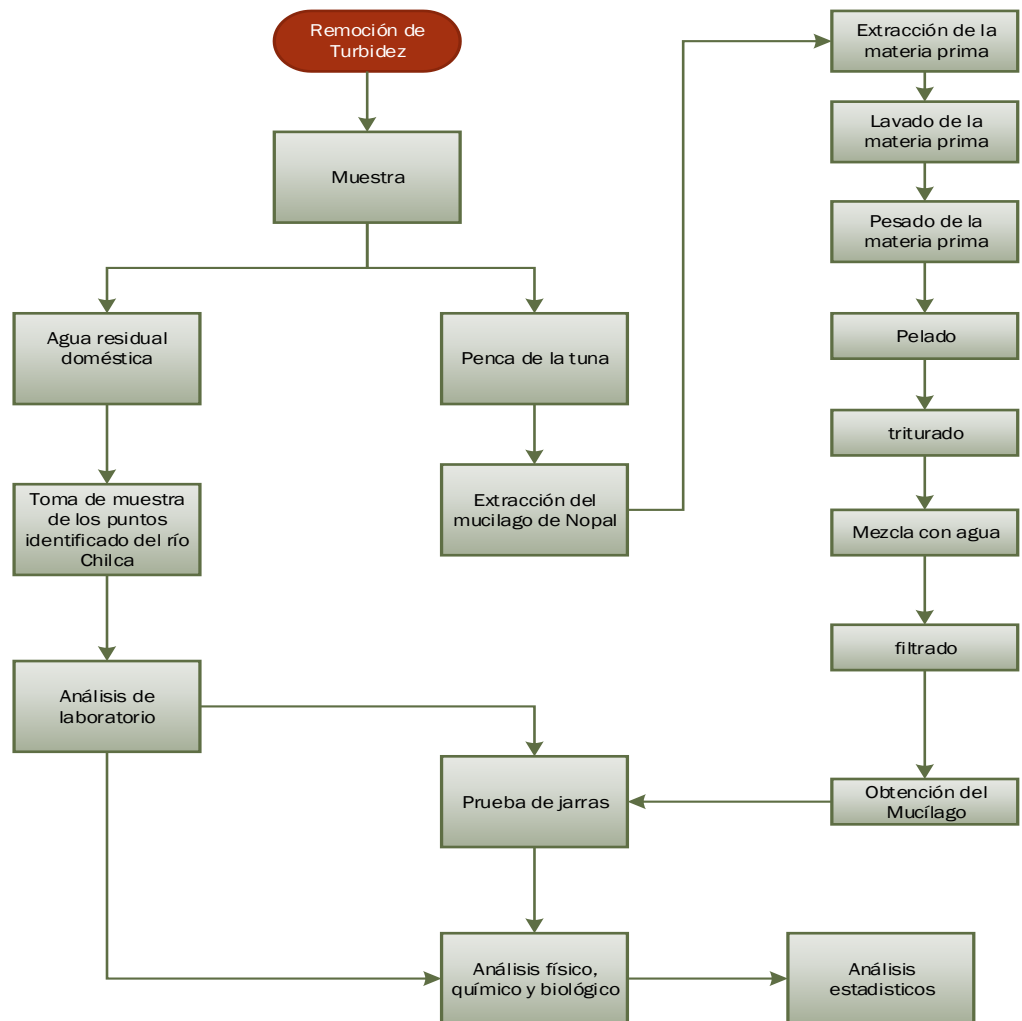


Figura 24. Esquema del modelo teórico conceptual.

2.3. Definición de términos básicos

- Aguas residuales: presentan modificaciones en sus características naturales que son producto de incorporar agentes generados en acciones humanas, de modo que requieren de tratamientos antes de ser liberadas o reutilizadas (43).
- Agua residual doméstica: están comprendidas en ellas las de origen comercial y residencial que usualmente contienen subproductos fisiológicos (microorganismos patógenos) (25).
- Biodegradable: aborda a la capacidad (mayormente orgánica) de descomposición natural en condiciones de tiempo corto (43).
- Botadero: abarca al área donde se da el cúmulo inadecuado de subproductos sólidos, ya sea a nivel rural o urbano, contexto que genera riesgos de índole sanitaria (43).
- Calidad de agua: está comprendida en base a la comparación de las cualidades físicas, químicas o biológicas que presenta el agua considerando estándares plasmados en la normativa (44).
- Coagulación: proceso que da lugar a la formación de partículas que, al unirse entre ellas, forman flóculos que son capaces de sedimentar; ello es posible por su potencial repulsivo (para materia coloidal) (45).
- Coagulante natural: medio por el cual se favorece a la aglomeración de partículas y que estas sedimenten, sin necesidad de optar por químicos o sintéticos convencionales (45).
- Contaminación: abarca a escenarios donde sustancias, o mezclas de estas, hayan sido distribuidas en un componente ambiental donde ello genere desequilibrios adversos (46).
- Contaminación del agua: se considera como la acumulación de subproductos que altere las características naturales del recurso hídrico (47).
- Coloides: comprende a sólidos pequeños que no se disuelven fácilmente y que son persistentes debido a su carga eléctrica (48).
- Cladodios: aborda a formas globulares o columnares, donde dicho diseño permite incrementar reservas de agua. Se presenta principalmente en tallos (articulación de estos) (49).
- Ecotoxicidad: aborda al análisis de efectos de subproductos que puedan generar riesgos puntuales o diferidos para el ambiente (50).

- Efluente: comprende a escenarios de descarga directa de vertidos al ambiente, que pueden ser comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) (43).
- Estándar de Calidad Ambiental (ECA): aborda a valores de parámetros que permiten su regulación en términos del alcance de ecosistemas de calidad basado en la regulación de la concentración de aquellos (43).
- Flóculos: comprende a los compuestos de característica insoluble que tienden por absorber materias coloidales para viabilizar su sedimentación (51).
- Hidrocoloide: abarca a sustancias que al disolverse en el agua logran generar un espesado en esta; mayormente son polisacáridos o proteínas (52).
- Muestra representativa: comprende a una cantidad similar en contenido que es representativa para ser evaluada (48).
- Mucílago: corresponde a “sustancias análogas a las gomas”, que forman viscosidad al contacto con agua y que presenta características de retención de esta en cactáceas (53).
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales: corresponde al lugar donde se da la remoción de subproductos presentes en el agua, de forma que se generen aspectos de mitigación de impactos ambientales al disponer aguas tratadas a cuerpos receptores naturales (54).
- Prueba de jarras: comprendida como una acción a nivel de laboratorio, empleando equipos apropiados, de forma que se establezcan parámetros operativos ideales para determinar dosis adecuadas de floculantes (48).
- Tratamiento primario: considerado como una serie de acciones que se orientan a separar (físicamente) partículas suspendidas que no llegaron a ser retenidas en el pretratamiento (55).
- Turbidez: se evidencia por la dificultad que presenta el agua para dejar pasar la luz, ello debido a la presencia de sustancias suspendidas que dan la característica de agua turbia a recursos hídricos superficiales (38).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos y alcance de la investigación

3.1.1. Métodos

El estudio presente tuvo el fin de experimentar, evaluar y cuantificar la eficiencia del mucílago de nopal para remover turbidez en el río Chilca de la provincia de Huancayo, para ello es preciso determinar los procedimientos, materiales y equipos técnicos que aportan en el alcance de los objetivos y dar la validez a las hipótesis.

3.1.1.1. Método general

Hipotético - deductivo; aquel método permitió observar, explicar y sustentar los propósitos del estudio en base a determinar la eficiencia del mucílago de nopal como coagulante natural para remover turbidez en aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos en la provincia de Huancayo 2020, además, este mecanismo permitió comprobar el contexto veraz de las hipótesis planteadas mediante la experimentación y del análisis físico y químico.

Según Cegarra (56), dicha técnica metodológica es comprendida como una serie de pasos lógicos que se orientan en solucionar dificultades o limitantes identificadas, tras la validación hipotética, de forma que se alcance a comprobar lo resultante de investigaciones y brindar data disponible representativa.

3.1.1.2. Método específico

Experimental: orientado en determinar causas por las cuales se manifiesta un fenómeno, ello basado en sostener que tanto la variable independiente influye en la dependiente (57). Dicha idea sustenta la selección del método mencionado, es por ello que se eligió este método, ya que en la investigación la variable independiente fue la dosificación de mucílago de nopal, y aquella variable podría ser manipulada para obtener información deseada, para ello, se realizaron las mediciones de cinco parámetros físicos y cuatro parámetros químicos, dando énfasis a la turbidez, dado a que es el principal propósito del estudio; para el análisis del DQO y SST, se optó por dos muestras que presenten un alto grado de turbidez, mientras que al respecto a los análisis de los parámetros físicos y químicos, se realizó una doble medición dado a los factores ambientales que pueden alterar los resultados.

3.1.2. Tipo de la investigación

Por finalidad: aplicada: se concibe que aquel contexto se orienta en resolver problemas, de cualidad inmediata y de forma práctica, basada en la transformación de factores pertinentes que aporten en la didáctica educativa. Como objeto de empleo, se concibe que generar aportes a la teoría es netamente secundario.

Según Tam *et al.* (58), la investigación aplicada mantiene propósitos de generar nuevas tecnologías a través de estrategias que se definen en el alcance de aportes representativos, donde dicha data debe representar viabilidad de aplicación en diversos estratos geográficos, de modo que sus oportunidades de aplicación y replicación sean significativas.

La selección del presente tipo se asocia con la aplicación del mucílago de nopal para la remoción de turbidez en aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos y con ello mejorar los parámetros relacionados.

3.1.3. Nivel de la investigación

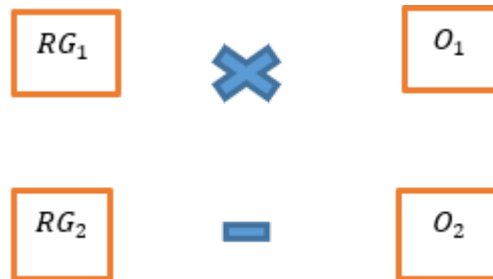
Correlacional: según Cortés (59), este mantiene como propósito analizar la asociación existente entre dos o más variables, además, su principal aporte se orienta en conocer el comportamiento de conceptos asociados a dicho enfoque de relación de variables. Dentro de la investigación, se realizó un análisis pre-test, para determinar el estado actual del río Chilca, se analizaron parámetros químicos y físicos, posterior a ello, se realizaron las mediciones de un post-test, aplicando el mucílago de nopal y determinar la eficacia de ello sobre el parámetro químico y físico; para constatar la eficacia del mucílago de nopal sobre las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos, se tomó en cuenta lo establecido por los límites por las normas nacionales.

3.2. Diseño de la investigación

Experimental, referido a las investigaciones donde se da la manipulación de forma intencional de una de las variables, en este caso la independiente, de modo que se alcance a analizar lo consecuente a ello sobre la otra variable en estudio (efecto), considerando aspectos de control por parte del investigador (60). Ello se evidenció en la presente, ya que al dosificar mucílago de nopal, condición manipulada, se alcanzó a conocer su efecto en la reducción de la concentración de turbidez de las muestras.

3.2.1. Tipo de diseño de la investigación

Correspondió al diseño de post prueba únicamente y grupo de control.



Donde:

*X: estímulo o tratamiento.

*RG1: grupo experimental.

*RG2: grupo control.

*O1: medición experimental.

*O2: medición de control.

Se eligió este tipo de diseño dado a que se incluyeron a dos grupos, de los cuales uno recibió el tratamiento mientras que el otro no sufrió cambio alguno, siendo aquel el control, de forma que se evidenció el propósito de manipulación en presencia y ausencia como niveles, a lo cual se llegó a asignar grupos de forma aleatoria para alcanzar los fines del diseño (60).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

El estudio se abarcó el cuerpo másico de la microcuenca del río Chilca en la provincia de Huancayo. El río Chilca nace de las cumbres del cerro Tanquiscancha y desemboca en el río Mantaro. La población considerada fue desde la Av. José Olaya con paralela al río Chilca (478455 N; 8665194 E) hasta Yanama con paralela al río Chilca (476487 N; 8664391 E), dado a que engloba a las tres principales zonas con mayor población aledaña al río Chilca (Ocopilla, La Real, Huancavelica y Auquimarca).

3.3.2. Muestra

Se optó por realizar la toma de muestra simple, dado a que las muestras representativas fueron analizadas de manera individual, para ello, el muestreo se realizó durante el fin de semana e inicio de semana, es decir, domingo y lunes, dado que durante la semana y fines de semana pueden existir alteraciones en los resultados, ya sea por actividades inusuales o industrias clandestinas de la zona, así también, para determinar los puntos de muestreo se tomó en cuenta la presencia de tuberías de descarga de agua residual, residuos sólidos, intensidad del olor característico de las aguas residuales en descomposición y color del agua, de cada punto determinado. Se tomó 1 litro de muestra, para lo cual se empleó lo referido en la tabla 2 para registrar los datos necesarios.

En secuencia a lo expuesto, la muestra estuvo constituida por seis puntos representativos: el primer punto fue la Av. José Olaya con paralela al río Chilca (478434 N; 8665185 E), el segundo punto fue el Jr. Amazonas (477902 N; 8664991 E), el tercer punto fue tomado en el Jr. Ancash (477768 N; 8665015 E), el cuarto punto fue el Jr. Libertad (477400 N; 8664748 E), el quinto punto fue el Pje. Orellana con paralela al río Chilca (477255 N; 8664681 E) y el sexto punto fue el Jr. San Martín de Porres con paralela al río Chilca (476823 N; 8664567 E) (ver Anexo 2).

Tabla 2. Hoja de campo de muestra - campo.

HOJA DE CAMPO	
MUESTREADO POR:	
FUENTE:	
DIST./PROV./DEP:	
PUNTO DE MUESTREO:	
FECHA:	
DATOS ADICIONALES:	

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Se empleó como técnica a la observación experimental, que tuvo como propósito comprobar lo identificado como objeto de análisis, de forma que se alcance a prevenir potenciales errores derivados de observar que podría alterar factores de percepción del fenómeno en análisis.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

En base a la técnica mencionada, se empleó el instrumento de hoja de laboratorio o ficha de observación (ver tabla 3), la cual fue diseñada para plasmar los resultados analíticos de los valores obtenidos de los parámetros físicos (olor, turbidez, TDS y TSS) y para los parámetros químicos (oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y DQO). Parte de la investigación fue emplear instrumentos a nivel de laboratorio, por ello, se empleó el multiparámetro que permite medir la concentración de TDS, el oxígeno disuelto, pH y la conductividad eléctrica, así también, se utilizó el turbidímetro, que permite medir el grado de turbidez (NTU); se usó el medidor de DQO que con la metodología adecuada; con respecto a la medición de TSS, se utilizó la mufla, dado a que es parte del proceso de obtención del parámetro. Los instrumentos mencionados son parte del equipo del laboratorio de investigación de agua de la UNCP, que se encuentran calibradas cumpliendo con la validez de las mediciones realizadas.

Tras analizar los diversos parámetros, se realizó la comparación con el ECA para agua C3 (D.S. N° 004-2017-MINAM), así como frente a otras normativas; lo estadístico se aplicó para la validez hipotética, así como se aborda lo realizado desde la obtención del mucílago de nopal hasta la evaluación de lo alcanzado; para determinar la dosificación adecuada para el tratamiento a las 6 muestras representativas se empleó lo mostrado en la tabla 4.

a. Actividad de campo:

Actividad 01: Extracción del mucílago del nopal: para la extracción del mucílago de nopal se siguieron los siguientes pasos (en los Anexos 3, 4 y 5 se muestran los pasos de manera gráfica):

- Identificación y extracción de la materia prima (nopal).
- Pesado.
- Lavado y limpieza de la epidermis.
- Triturado del nopal.
- Mezcla con agua peso-volumen (1:3).
- Dejar reposar 1 día aprox.
- Filtración.
- Obtención del mucílago de nopal.

Actividad 02: Toma de la muestra:

- Identificación del punto de la toma de la muestra.
- Toma de la muestra representativa.
- Etiquetado de la muestra.

b. Actividad de laboratorio:

Actividad 01: Análisis de los parámetros físicos: para realizar los análisis de los parámetros físicos se siguió lo siguiente:

- Determinación de la turbidez:
 - Usar 10 mL de muestra.
 - Colocar aquella en un envase apropiado (vaso de precipitado).
 - Calibrar y realizar la lectura de la turbidez con el turbidímetro.
- Determinación del TSS:
 - Usar 10 mL de muestra.
 - Pesar el papel filtro.
 - Realizar el filtrado.
 - Realizar el pesado de la cápsula de porcelana.

- Pesar del papel filtro más la muestra filtra en la capsula de porcelana, hasta obtener un peso constante
 - Llevar a la mufla a 105°C.
 - Realizar el pesado de la porcelana más la muestra.
 - TSS = diferencia peso.
- Determinación del TSD:
 - Usar la misma cantidad de la dosificación.
 - Lavar los sensores del multiparámetro con agua destilada.
 - Realizar la medición.

Actividad 02: Prueba de jarras: después de obtener el mucílago de nopal, se realizó la prueba de jarras que constó del siguiente procedimiento:

- Se utilizaron 200 mililitros de muestra para la determinar la dosificación adecuada, esto a 100, 250 y 300 rpm, con 75, 80, 100 y 140 mL de mucílago de nopal.
- En caso que no se cuente con el equipo de prueba de jarras, se debe emplear una varilla para mezclar el mucílago de nopal, una probeta y vasos precipitados, para ello se emplearon 300 mL de muestra representativa tomada del río Chilca y se aplicaron 10, 20, 30, 40 y 50 mL de mucílago de nopal.

Actividad 03: Análisis de los parámetros químicos: para realizar los análisis de los parámetros químicos se siguió lo siguiente:

- Determinación del pH:
 - Usar 10 mL de muestra.
 - Poner la muestra en un vaso precipitado de 100 mL.
 - Calibrar y realizar la lectura del pH con el pHmetro o potenciómetro.
- Determinación del oxígeno disuelto:
 - Usar 10 mL de muestra.
 - Poner la muestra en un vaso precipitado de 100 mL.
 - Realizar la lectura del oxígeno disuelto.

- Determinación de la conductividad eléctrica:
 - Se usará 10 mL de muestra.
 - Colocarla en un recipiente de 100 mL
 - Calibrar y realizar la lectura de la conductividad eléctrica con el conductímetro.

- Determinación de la DQO:
 - Diluir 50 mL de la muestra con 500 mL de aguas destilada (relación 1:10).
 - Sustraer 2 mL de la muestra, para después verterlos en los viales que ya contiene la solución que permite cuantificar el DQO.
 - Preparar 2 mL de aguas destilada (muestra: blanco).
 - Llevar los viales al reactor digestión, que previamente se hizo calentar a una temperatura de 250°C según la normativa, donde se dejó digerir por un lapso de 3 horas.
 - Enfriar los viales por 20 min a temperatura ambiente, para realizar la lectura de los viales en el colorímetro.

c. Actividad de gabinete:

En la actividad de gabinete, se procedió a analizar de manera individual los resultados obtenidos sin un tratamiento de los parámetros físicos (olor, turbidez, TDS y TSS) y químicos (oxígeno disuelto, pH, DQO y conductividad eléctrica), con el fin de verificar el estado inicial de los parámetros mencionados. Posterior a ello, dentro de la actividad de gabinete, se analizó de manera individual la influencia del mucílago de nopal en los parámetros mencionados; para dar validez a los resultados, se hizo uso de la normativa peruana con referencia al uso del agua como riego. Para reforzar la validez de lo alcanzado, se empleó el programa de SPSS. Para evaluar si los resultados siguen o no una distribución normal, fueron divididos por tipo de parámetro y número de muestra para no alterar estadísticamente los resultados, así también, esta primera evaluación permitió identificar la prueba de estadística a emplear y que mejor se adecue a la investigación.

Tabla 3. Hoja de laboratorio.

RESULTADOS ANALÍTICOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	NORMA
Olor			
Temperatura			
Turbidez			
TDS			
Conductividad Eléctrica			
Oxígeno Disuelto			
TSS			
pH			
DQO			

Tabla 4. Dosificación y turbidez.

DOSIFICACIÓN/ REMOCIÓN DE TURBIDEZ													
Muestra		10		20		30		40		50			
Muestra		SI		NO		SI		NO		SI		NO	
Muestra		Sin Tratamiento		Con Tratamiento		Sin Tratamiento		Con Tratamiento		Sin Tratamiento		Con Tratamiento	
Muestra		1° análisis		2° análisis		1° análisis		2° análisis		1° análisis		2° análisis	
A													
B													
C													
D													
E													
F													

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

En la actualidad el distrito de Chilca no cuenta con una PTAR. Debido a la mala gestión municipal existen instalaciones de tuberías de desagüe que descargan de manera directa al río Chilca como se observa en las figuras de la 1 a la 7. Estas descargas alteran la calidad del agua superficial.

Existe una relación directa del crecimiento poblacional y la generación de los residuos sólidos, como consecuencia de ello y las malas prácticas ambientales, el río Chilca aparte de ser el receptor de las aguas residuales domésticas, se convirtió en un botadero de residuos (figura de la 1 a la 13), intensificando los olores desagradables en época de sequía, provocando la molestia a los pobladores y visitantes a la zona.

Dado a que existe una mezcla de las características de los vertidos domésticos y la descomposición de los residuos sólidos generados por la población aledaña al río Chilca, la calidad de dicho efluente se encuentra en desequilibrio, para ello se realizan análisis físicos y químicos, donde lo alcanzado se muestra de la tabla 5 a la 9 donde se caracterizó al río Chilca, provincia de Huancayo; para ello se tomaron 6 muestras representativas de 1 L en diferentes puntos del río Chilca (Av. José Olaya, Jr. Amazonas, Jr. Ancash, Pje. Orellana, Av. Huancavelica y la Av. San Martín).

4.1.1. Caracterización de las aguas contaminadas del río Chilca

Para caracterizar el río Chilca, se tomaron 6 muestras representativas de agua de 1 L por punto; para la determinación de aquellos, se identificaron los puntos de vertimiento doméstico (presencia de tuberías de descarga de agua residual) y la intensidad del olor característico del agua residual en descomposición; también se tomó en cuenta el color del agua por zonas. En las tablas 5, 6 y 7 se detalla lo alcanzado respecto de los análisis físicos (turbidez, olor, TDS, TSS y T°), mientras que se muestran los resultados de los análisis químicos (oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y pH) en las tablas 8, 9 y 10, finalmente en la tabla 11 se observa lo alcanzado acerca de la DQO.

Tabla 5. Resultados de los análisis físicos (turbidez) del río Chilca.

PARÁMETROS FÍSICOS		
MUESTRA	TURBIDEZ (NTU)	
	Primer análisis	Segundo análisis
A	178	173
B	91	102
C	205	180
D	109	108
E	79	77
F	85	92
Norma	-	

Se muestra en la tabla 5 lo alcanzado respecto de la evaluación de turbidez de las 6 muestras representativas del río Chilca, para ello se realizaron dos análisis. El primer análisis muestra una concentración máxima de turbidez en el punto "C", ubicado en Jr. Ancash paralelo al río Chilca, dando como resultado de 205 NTU, el punto "A" ubicado en la Av. José Olaya con paralela al río Chilca muestra un resultado de 178 NTU; en el segundo análisis las concentraciones máximas de turbidez corresponden a los mismos puntos mencionados, donde el punto A da un resultado de 173 NTU y el punto C de 180 NTU. La variación de los resultados de análisis son por los diversos factores que pueden suceder al momento de realizar

la medición, así también, se muestra que en el punto E y F ubicados en el Pje. Orellana y en la Av. San Martín respectivamente muestran concentraciones bajas a comparación de los primeros puntos, esto se debe a que existe un aumento de caudal, mayor número de tuberías de descarga de agua residual doméstica de manera directa y al grado de contaminación a causa de subproductos sólidos; tras ello, se detalla cómo se comporta de la turbidez de aguas arriba (punto A) hasta aguas abajo (punto F) (figura 25).



Figura 25. Resultados del análisis de la turbidez sin tratamiento.

En el curso alto del río Chilca, se presenta un olor muy característico de aguas dulces y frescas (inodoro), sin embargo, por la parte baja las aguas del río Chilca van teniendo un olor característico de aguas residuales en descomposición (sulfuro), aumentando la intensidad en época de sequía, debido a la existencia de efluentes descargados de forma directa y a mala disposición de desechos sólidos. En la tabla 6 se observa lo alcanzado respecto del análisis cualitativo del olor y del análisis cuantitativo del sólido total disuelto (TDS) y sólido total suspendido (TSS), así también en la figura 26 se detalla cómo se comporta el TDS; se realizaron dos mediciones a las 6 muestras representativas, en las cuales la muestra A presenta 592 mg/L de TDS y el punto F presenta 582 mg/L de TDS, estos son los dos puntos que presentan mayor concentración TDS a comparación de los de las demás muestras, en el segundo análisis el punto A y F no llegan a presentar variaciones significativas las cuales siguen presentando mayor

concentración de TDS; la variación de los análisis se debe a los diversos factores que pueden suceder al momento de realizar las mediciones. Se muestra el comportamiento del TDS en los 6 puntos de muestreo, ello en la figura 26. Desde el punto B hasta el punto E presenta variaciones no significativas a comparación del punto F, esto se debe a que posiblemente exista mayor concentración de sales o iones. En la Av. Huancavelica (puente) existe una conexión de las aguas residuales de la población de Huancayo como se muestra en la figura 7, a ello se suma la existencia de residuos sólidos en estado de descomposición.

Con respecto al análisis del TSS, se representa en la figura 27, en la cual se seleccionaron dos muestras que presentaron mayor grado de turbidez (A y C); los sólidos suspendidos contribuyen a la adhesión de los metales pesados y entre otros compuestos orgánicos, en las cuales, al ser usadas como riego, podrían llegar a causar la toxicidad y el deterioro de la salud. El punto A presenta una concentración de 580 mg/L de TSS, presentando una relación directa con el nivel de turbidez, así también en el punto C se presenta una concentración de 412 mg/L de TSS, siendo este punto el más cercano a los cultivos que presenta la zona.

En la actualidad, en Perú no se cuenta con una normativa que establezca los niveles de TDS y TSS para riego, sin embargo, la FAO menciona que la concentración de TDS para riego sin restricciones es menor a 450 mg/L y para TSS es menor de 50 mg/L; el río Chilca, en sus 6 puntos de muestreo, presenta un rango mayor, es decir que si comparamos la concentración permitida por la FAO el río Chilca no podría ser usada para riego, sin embargo, a la fecha existe cultivos donde los pobladores hacen uso de las aguas del río Chilca para el regadío de sus cultivos en época de sequía.

Tabla 6. Resultado de los análisis físicos (olor, TDS y TSS) del río Chilca.

PARÁMETROS FÍSICOS				
MUESTRA	OLOR	TDS (mg/L)		TSS (mg/L)
		Primer análisis	Segundo análisis	Primer análisis
A	Agua Residual en descomposición (sulfuro)	592	593	580
B	Agua Residual en descomposición (sulfuro)	574	569	-
C	Agua Residual en descomposición (sulfuro)	581	581	412
D	Agua Residual en descomposición (sulfuro)	576	575	-
E	Agua Residual en descomposición (sulfuro)	553	555	-
F	Agua Residual en descomposición (sulfuro)	582	584	-
Norma	Inodoro-DIGESA (GESTA AGUA)	< 450 mg/L		< 50 mg/L FAO
		FAO-Riego sin restricción		

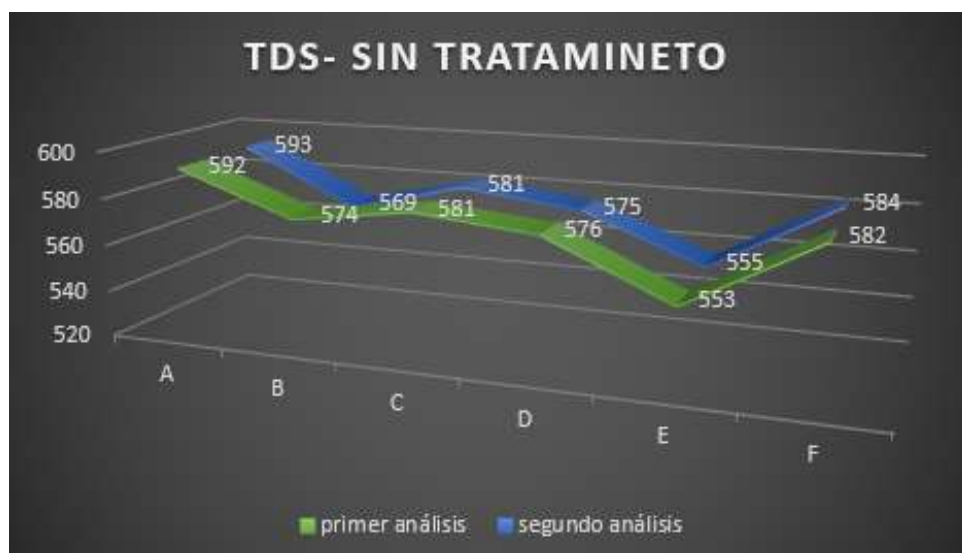


Figura 26. Resultados del análisis del TDS sin tratamiento.



Figura 27. Resultados de análisis del TSS sin tratamiento.

Se observa, en la tabla anterior, la evaluación de la T° de las seis muestras representativas tomadas del río Chilca. La temperatura tiene una función relevante en términos de calidad, pues dado a que influye en la velocidad de la fotosíntesis y metabolismo de los organismos, como también en la cantidad de oxígeno que se puede disolver en el agua, los resultados de la temperatura mantienen una variación de 12°C, cumpliendo el ECA para agua C3. La temperatura puede tener variaciones por los siguientes factores: temperatura del aire, profundidad del agua y afluencia de agua de superficie como los desagües o conexiones de otras corrientes.

Tabla 7. Resultados de los análisis físicos (temperatura) del río Chilca.

PARÁMETROS FÍSICOS		
MUESTRA	TEMPERATURA (°C)	
	Primer análisis	Segundo análisis
A	12.45	12.46
B	13.32	13.33
C	12.24	12.26
D	12.06	12.06
E	12.88	12.87
F	12.98	12.94
Norma	Variación a 3°C, D.S. 004-2017-MINAM (C3-D1)	

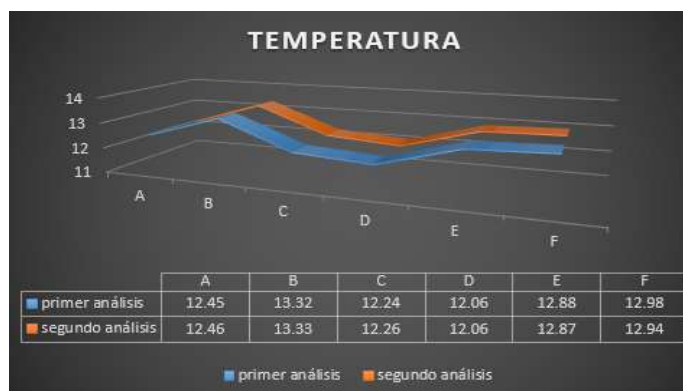


Figura 28. Resultado de la medición de temperatura inicial.

Se observan, en la tabla anterior, lo alcanzado tras los análisis de la conductividad eléctrica analizada a las seis muestras representativas, donde se observa que los resultados cumplen con el ECA para agua C3. En el distrito de Chilca, los pobladores emplean las aguas del río para regar sus cultivos, principalmente cuando no se dan precipitaciones, es por ello la importancia del análisis de este parámetro, así también, la conductividad eléctrica es un indicador de filtración en agua subterránea o fugas de aguas residuales; se añade que las variaciones en ambos análisis realizados muestran un comportamiento similar al TDS, esto se debe la conductividad eléctrica es directamente proporcional al TDS.

Tabla 8. Resultado del análisis químico (conductividad eléctrica) del río Chilca.

PARÁMETRO QUÍMICO SIN TRATAMIENTO		
MUESTRA	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
	Primer análisis	Segundo análisis
A	1184	1187
B	1147	1137
C	1161	1161
D	1152	1152
E	1107	1110
F	1164	1167
Norma	2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, D.S. 004-2017-MINAM (C3-D1)	



Figura 29. Resultado del análisis de la conductividad eléctrica sin tratamiento.

Se observan, en la anterior tabla, los resultados de los análisis del OD y pH de las 6 muestras representativas tomadas del río Chilca. Con respecto al análisis del pH, las muestras analizadas cumplen con el ECA para agua C3; en caso del OD, las muestras analizadas presentan rangos menores establecidos por el ECA para agua C3 (D1). El OD es un indicador para determinar la calidad de agua, determinando que el río Chilca presenta un exceso de materia orgánica y microorganismos, por ende, genera malos olores.

Tabla 9. Resultados de los análisis químicos (oxígeno disuelto y pH) del río Chilca.

PARÁMETROS QUÍMICOS SIN TRATAMIENTO			
MUESTRA	OXÍGENO DISUELTO (mg/L)	pH	
		Primer análisis	Segundo análisis
A	1.3	7.43	7.46
B	menor a 1	6.93	6.96
C	1.05	7.63	7.61
D	2.68	7.69	7.7
E	menor a 1	6.9	6.88
F	menor a 1	7	6.92
Norma	≥4, D.S.004-2017-MINAM (D1)	6.5-8.5, D.S. 004-2017-MINAM (C3-D1)	



Figura 30. Resultado del análisis de oxígeno disuelto sin tratamiento.



Figura 31. Resultado del análisis de pH sin tratamiento.

Para realizar el análisis del DQO, se tomaron solo dos muestras representativas (A y C). Para la elección de las muestras se tomaron en cuenta los resultados de turbidez y OD, dado que estos parámetros influyen de manera directa al DQO. Se observa en la tabla 10 y en la figura 32 que en el punto C existe una mayor concentración de DQO que en punto A, mostrando una relación directa con el OD y turbidez, es decir, que en el punto C es preciso tener oxígeno en mayor cantidad para lograr degradar materia orgánica e inorgánica; comparando con los estándares, el río Chilca sobrepasa el ECA para agua C3 (D1) (40 mg/L) y de igual forma sobrepasa los LPM donde el rango es de 200 mg/L.

Tabla 10. Resultado del análisis químico (DQO) del río Chilca.

PARÁMETRO QUÍMICO	
MUESTRA	DQO (mg/L)
A	491
C	524
Norma	40 mg/L, D.S. 004-2017-MINAM (D1); 200mg/L, D.S. 003-2010-MINAM



Figura 32. Resultados del análisis de DQO sin tratamiento.

4.1.2. Dosificación del mucílago de nopal para la remoción de la turbidez

En las figuras 33 y 34, se evidencia de manera visual la diferencia de color de las muestras representativas del río Chilca al ser sometida a tratamiento con el mucílago de nopal, así también, estas diferencias de color inicial y final son influidas por la cantidad de dosificación de mucílago de nopal y por concentración de turbidez que presenta cada muestra. Durante el proceso de la dosificación en la figura 34 se observa la formación de flóculos, lo cual permite identificar la dosificación de manera visual es la adecuada.



Figura 33. Muestra antes de la dosificación del mucílago de nopal.



Figura 34. Muestra después de la dosificación y formación de flóculos al aplicar el mucílago de nopal.

Se observa el comportamiento del mucílago de nopal al ser sometido en diferentes dosis a las 6 muestras representativas del río Chilca, ello en la tabla siguiente, donde la primera formación de flóculos se da a los 20 mL de mucílago de nopal con 300 mL de muestra de agua del río Chilca en el punto F (Jr. San Martín con paralela al río Chilca); como consecuencia del tratamiento, se reduce la turbidez de manera significativa dado que en la primera lectura del punto F sin tratamiento fue de 85 NTU y con el tratamiento fue de 59 NTU, de igual forma se muestra que a 30 mL de dosificación hay una mayor remoción de la turbidez en las muestras B, D, y E respectivamente; en los puntos A y C se emplea una dosificación de 40 mL, dado que forma flóculos, sin embargo, se hace la medición a los 50 mL de mucílago de nopal pues se ve que a esta medida hay mayor formación de flóculos y así reduciendo la turbidez inicial.

Tabla 11. Dosificación del mucílago de nopal para la remoción de turbidez del río Chilca.

DOSIFICACIÓN/ REMOCIÓN DE TURBIDEZ																						
Muestra	Dosis de mucílago de nopal (mL)	10				20				30				40				50				
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO							
A	Formación de flocúlos		X		X	Poco		X		X			X		X			X				
B			X		Poco		X		NA													
C			X		X	Poco		X		NA			X					X				
D			X		Poco		X		NA				NA					NA				
E			X		Poco		X		NA				NA					NA				
F			X		X		NA		NA				NA					NA				
Muestra	Turbidez NTU	Sin Tratamiento	Con Tratamiento	Sin Tratamiento	Con Tratamiento	Sin Tratamiento	Con Tratamiento	Sin Tratamiento	Con Tratamiento	Sin Tratamiento	Con Tratamiento	Sin Tratamiento	Con Tratamiento	Sin Tratamiento	Con Tratamiento	Sin Tratamiento	Con Tratamiento	Sin Tratamiento	Con Tratamiento			
A		1° análisis	2° análisis	1° análisis	2° análisis	1° análisis	2° análisis	1° análisis	2° análisis	1° análisis	2° análisis	1° análisis	2° análisis	1° análisis	2° análisis	1° análisis	2° análisis	1° análisis	2° análisis			
B											91	63	102	72					178	172		
C																			205	186		
D											109	71	108	73								
E											79	70	77	70								
F					85	59	92	73														

Se evidencia en la figura siguiente el nivel de turbidez del primer análisis sin tratamiento y con tratamiento realizadas a las 6 muestras representativas del río Chilca; al aplicar las diferentes dosificaciones del mucílago de nopal, las concentraciones de turbidez se minimizan mostrando una dosificación adecuada de 50 mL de mucílago de nopal en caso el agua se encuentre muy turbia a simple vista y 20 mL de mucilago de nopal en caso el agua no presente turbidez mayor a 100 NTU.

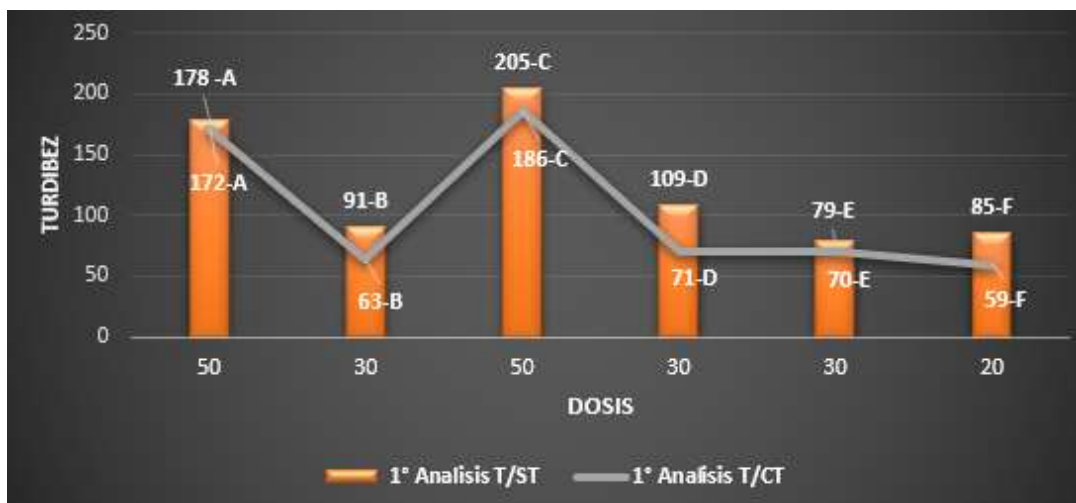


Figura 35. Comportamiento del mucílago de nopal con referencia a la turbidez - 1° análisis.

Se muestra en la figura referida a continuación el nivel de turbidez del segundo análisis sin tratamiento y con tratamiento realizadas a las 6 muestras representativas del río Chilca; al aplicar las diferentes dosificaciones la turbidez se reduce de manera considerable en los puntos B, D y F mostrando una dosificación de 20 a 30 mL de mucilago de nopal, en caso de los puntos A y C se requiere una dosificación de 50 mL de mucílago de nopal dado que presenta mayor turbidez a comparación de los 4 puntos restantes.

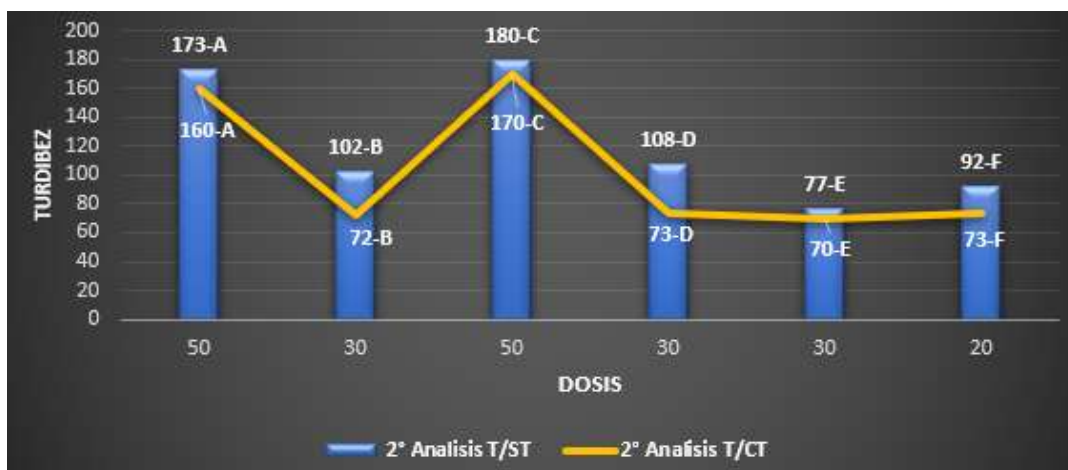


Figura 36. Comportamiento del mucílago de nopal con referencia a la turbidez - 2º análisis.

En las figuras 35 y 36, se muestra que la dosificación del mucílago de nopal dependerá del nivel de turbidez que presente la muestra, así también, se refleja la eficiencia de manera considerable para la remoción alta, media y baja del nivel de turbidez inicial.

4.1.3. Influencia del mucílago de nopal en los parámetros físicos

Después de desarrollar la evaluación física sin tratamiento de las 6 muestras representativas, se realizaron los análisis correspondientes del parámetro físico para determinar la influencia del mucílago de nopal, para ello se usó 300 mL de muestra de agua del río Chilca con 20, 30 y 50 mL de mucílago de nopal representados en la tabla 11, ya con el tratamiento y la dosificación adecuada a las 6 muestras representativas se hace la medición de TDS, TSS, olor y temperatura; se detalla en la siguiente tabla que la concentración de TDS, TSS y el olor se reducen de manera significativa, en caso del olor sin el tratamiento ni la dosificación adecuada presentaban un olor típico a sulfuro, y aplicando el mucílago de nopal presentan un olor inodoro y de nopal, este olor se debe a que se usó mayor cantidad de mucílago de nopal; con respecto a la medición del TSS, se tomaron dos muestras en relación al nivel de la turbidez, dado a que influye en la claridad del agua, a comparación de la concentración inicial, al aplicar el mucílago de nopal muestra una reducción mayor del 70 % de TSS.

Tabla 12. *Parámetros físicos (olor, TDS y TSS) con tratamiento.*

PARÁMETROS FÍSICOS CON TRATAMIENTO				
MUESTRA	OLOR	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)		SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L)
		1° Análisis TDS/CT	2° Análisis TDS/CT	1° Análisis TDS/CT
A	NOPAL	355	364	114
B	INODORO	394	400	-
C	NOPAL	318	328	94
D	INODORO	409	404	-
E	NOPAL	464	409	-
F	INODORO	413	396	-
Norma	Inodoro DIGESA (GESTA AGUA)	< 450 mg/L FAO-Riego sin restricción		< 50 mg/L FAO

Se evidencia en la figura siguiente el comportamiento del TDS con tratamiento, donde el punto A muestra una concentración de 355 mg/L de TDS en el primer análisis y 364 mg/L de TDS en el segundo análisis, así también, el otro punto que presentaba mayor concentración de TDS fue el punto F, aplicando la dosificación adecuada de mucílago de nopal el primer análisis dio como resultado 413 mg/L de TDS y 396 mg/L de TDS en el segundo análisis, sin embargo, este comportamiento de minimizar las concentraciones de TDS se refleja en las 4 muestras restantes del río Chilca, colocando a cada muestra dentro del rango establecido por la FAO, de igual forma; tras ello, se observa la reducción de la concentración de TSS inicial analizadas a las dos muestras seleccionadas, aquello en la figura 38, esto se debe a que el mucílago de nopal tiene la función de formar flóculos y al ser aplicada a las muestras actúa en la adhesión de las micro partículas.

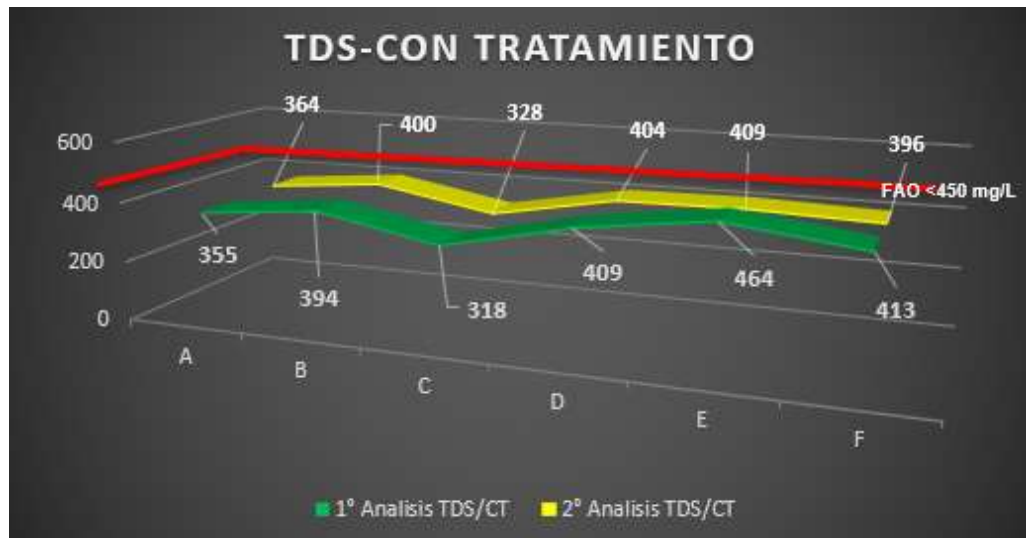


Figura 37. Resultados del análisis de TDS con tratamiento.

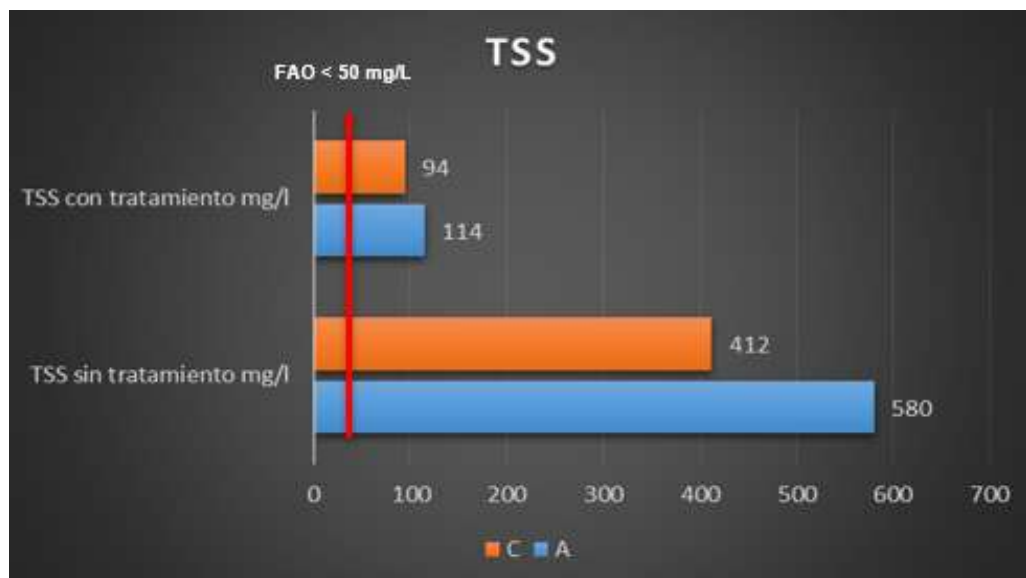


Figura 38. Comparación de TSS sin y con mucílago de nopal.

Se observan en la siguiente tabla los resultados de la temperatura con el tratamiento (aplicación del mucílago de nopal) a las 6 muestras representativas del río chilca, donde los resultados presentan una variación de 18 a 20°C, encontrándose dentro del rango de lo establecido por la normativa y manteniendo la temperatura adecuada para el ecosistema acuático.

Tabla 13. Resultado de los análisis físicos (temperatura) con tratamiento.

PARÁMETROS FÍSICOS CON TRATAMIENTO		
MUESTRA	TEMPERATURA (°C)	
	1° Análisis T°/CT	2° Análisis T°/CT
A	18.99	18.97
B	20.27	20.62
C	18.24	18.2
D	19.65	18.23
E	19.73	19.65
F	19.48	19.12
Norma	Variación a 3°C, D.S. 004-2017-MINAM (C3-D1)	

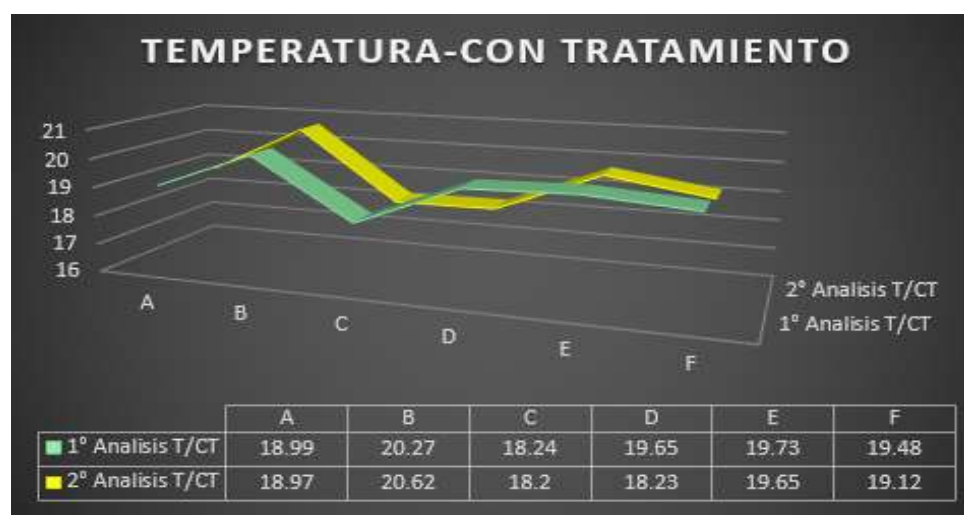


Figura 39. Resultado del análisis de la temperatura con tratamiento.

4.1.4. Influencia del mucílago de nopal en los parámetros químicos

En la tabla 14 y en la figura 40 se observa el comportamiento de la conductividad eléctrica al aplicar el tratamiento (mucílago de nopal). Los resultados muestran variaciones de 635 a 927 $\mu\text{S/cm}$ y una reducción de concentración con respecto a la evaluación inicial, esto se debe a que está relacionado directamente con el STD; a pesar de ello, los resultados cumplen con el ECA para agua C3, cumpliendo con la concentración de los sales y minerales adecuados para el riego de los cultivos de la población aledaña al río Chilca.

Tabla 14. Resultado de los análisis químicos (conductividad eléctrica) con tratamiento.

PARÁMETRO QUÍMICO CON TRATAMIENTO		
MUESTRA	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
	1° Análisis CE/CT	2° Análisis CE/CT
A	721	727
B	789	800
C	635	656
D	817	808
E	927	817
F	825	791
Norma	2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, D.S. 004-2017-MINAM (D1)	

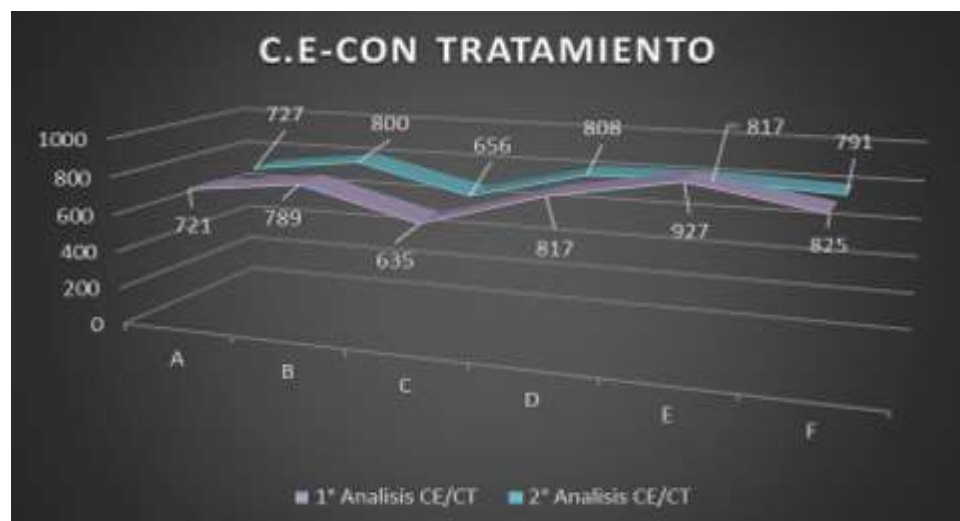


Figura 40. Resultado del análisis de la conductividad eléctrica con tratamiento.

Se detallan en la tabla siguiente los resultados del análisis del oxígeno disuelto (OD) y pH de las 6 muestras representativas tomadas del río Chilca. Con respecto al análisis del pH no hay una variación significativa dado que cumple con el ECA para agua C3; en el caso del OD, se muestra una recuperación considerable al ser sometida a las diferentes dosificaciones de mucilago de nopal a comparación del primer análisis sin el tratamiento, dado que el OD funciona como un indicador de calidad y así cumplir con el ECA para agua C3.

Tabla 15. Resultados del análisis químico (oxígeno disuelto y pH) con tratamiento.

PARÁMETROS QUÍMICOS CON TRATAMIENTO			
MUESTRA	OXÍGENO DISUELTO (mg/L)	pH	
		1° Análisis pH/CT	2° Análisis pH/CT
A	6.45	7.08	6.75
B	5.41	6.55	6.53
C	6.09	6.97	6.91
D	6.68	6.76	6.84
E	6.23	6.49	6.53
F	6.18	6.56	6.67
Norma	≥4; D.S. 004-2017-MINAM (D1)	6.5-8.5, D.S. 004-2017-MINAM (D1)	



Figura 41. Resultado del análisis de oxígeno disuelto con tratamiento.



Figura 42. Resultado del análisis del pH con tratamiento.

4.1.5. Influencia de mucílago de nopal en el DQO

Se seleccionaron dos muestras representativas, las cuales presentaban mayor grado de turbidez y OD; dado que ambos parámetros influyen de manera directa al DQO, al ser dosificada las muestras A y C, se muestra una disminución mayor al 65 % de DQO (ver tabla 16), es decir, que al ser sometido a dosificación requiere una menor cantidad de oxígeno para la lograr degradar, además cumplen las LMP donde el rango es de 200 mg/L.

Tabla 16. Resultado del análisis químico (DQO) con tratamiento.

PARÁMETRO QUÍMICO CON TRATAMIENTO	
MUESTRA	DQO (mg/L)
A	172
C	178
Norma	40 mg/L, D.S. 004-2017-MINAM (D1); 200 mg/L, D.S. 003-2010-MINAM

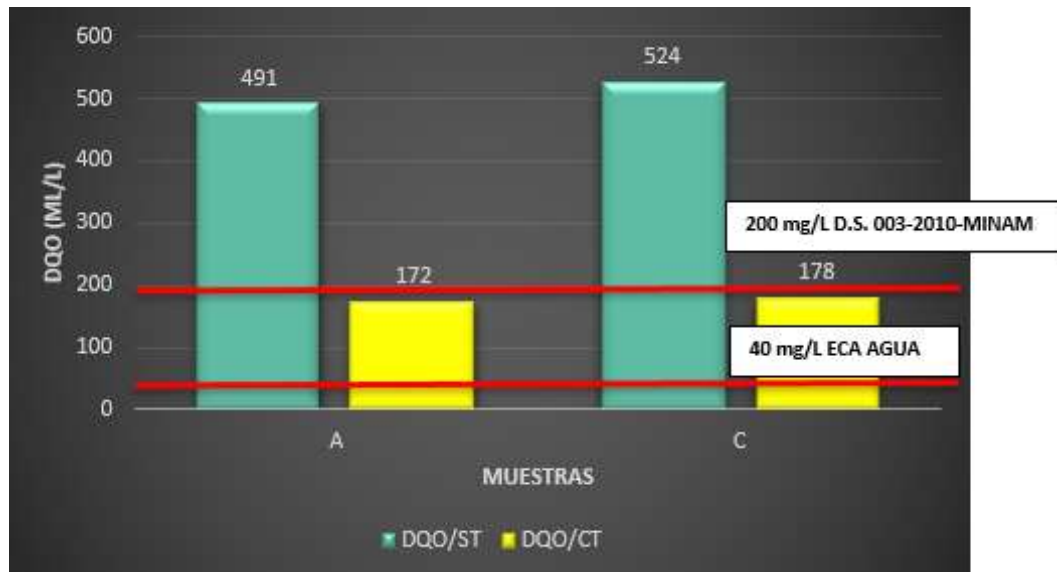


Figura 43. Resultados del análisis de DQO con tratamiento.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Validación de la hipótesis general

Con objeto de validación de la data alcanzada, se realizó la prueba de normalidad con el objeto de estadísticamente determinar si la aplicación del mucílago de nopal en la remoción de la turbidez tiene una distribución normal; se planteó lo siguiente:

* H_0 : Los datos analizados siguen significativamente una distribución normal.

* H_i : Los datos analizados no siguen significativamente una distribución normal.

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

*Si: El valor $p \leq \alpha$ (0.05), se rechaza la H_0 .

*Si: El valor $p > \alpha$ (0.05), se acepta la H_0 .

Es preciso mencionar que aquel criterio fue empleado para el total de pruebas de hipótesis presentadas a lo largo de la investigación, así como las hipótesis de normalidad para las pruebas pertinentes.

Se observa en la tabla siguiente el resumen de los datos obtenidos de la muestra con tratamiento, es decir, con mucilago de nopal, y sin el tratamiento; los datos obtenidos fueron evaluados en el programa SPSS.

Tabla 17. *Resumen de la eficiencia del mucilago de nopal en la remoción de la turbidez.*

MUESTRA - TUBIDEZ	PRE-TEST	POST-TEST
A	175.5	166
B	96.5	67.5
C	192.5	178
D	108.5	72
E	78	70
F	88.5	66

Prueba de normalidad:

Aquello permite continuar con el análisis de las pruebas paramétrica o no paramétrica, para así determinar estadísticamente la eficiencia de la reducción del nivel de turbidez aplicando el mucilago de nopal.

Tabla 18. *Resultado de la prueba de normalidad-turbidez.*

	Pruebas de normalidad- TURBIDEZ					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE_TEST	.286	6	.135	.838	6	.126
POST_TEST	.387	6	.005	.698	6	.006

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Los resultados de la prueba realizada, mostrada en la tabla anterior, abordaron el contraste de datos por Shapiro-Wilk, dado a que los datos son menores a 30, sin embargo, al analizar el valor P hay una diferencia, por teoría se optó por una prueba no paramétrica que involucró al propósito de muestras relacionadas, en este caso se eligió la prueba de Wilcoxon, plantearon para ello las siguientes hipótesis estadísticas:

*H₀: Las medianas son iguales, no hay diferencia significativa entre el pre-test y post-test.

*H_i: Las medianas son diferentes, si hay diferencia significativa entre el pre-test y post-test.

Tabla 19. Resultado de la evaluación hipótesis general.

Resumen de contrastes de hipótesis- Turbidez				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de diferencias entre PRE_TEST y POST_TEST es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	.028	Rechaza la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05				

Se evidencia en la tabla anterior el resultado de someter a análisis los datos a la prueba de Wilcoxon. En la tabla se muestra que el valor p es de 0.028 siendo menor que el valor de α (0.05), es decir, que se rechaza la hipótesis nula, donde las medianas entre el pre y post test son significativamente diferentes, por lo tanto, se concluye que existe evidencia significativa para demostrar la eficiencia del mucilago de nopal en la remoción de turbidez de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos.

4.2.2. Validación de las hipótesis específicas

A. La caracterización (física y química) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos, muestra la diferencia del nivel de concentración establecida en el ECA para agua u otras normativas.

- Prueba de normalidad:

Para validar si los parámetros analizados muestran una diferencia con respecto al nivel de concentración establecidos por el ECA para agua u otras normativas, se realizó la prueba de normalidad.

Debido al tamaño de las muestras y para no alterar el resultado de la prueba se realizaron dos pruebas de normalidad como se evidencian en las tablas 20 y 22.

Tabla 20. Resultado de la prueba de normalidad de los parámetros físicos y químicos.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TEMPERATURA	.178	6	.200*	.960	6	.816
SDT	.191	6	.200*	.953	6	.765
OD	.283	6	.145	.826	6	.099
pH	.198	6	.200*	.916	6	.474
CE	.178	6	.200*	.959	6	.810

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tras el análisis de normalidad, los datos obtenidos de los parámetros físicos y químicos analizados sin el tratamiento, se optó por los resultados de Shapiro-Wilk, así también, se muestra que el valor p es mayor a 0.05, es decir, se acepta la H_0 dado a que los datos analizados siguen significativamente una distribución normal.

En la tabla 22, se trabajó con dos parámetros que tienen el mismo tamaño para no alterar los resultados de las pruebas a ser sometidas.

Tabla 21. Datos a analizar (SST-DQO).

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
SST	2	100.0 %	0	0.0 %	2	100.0 %
DQO	2	100.0 %	0	0.0 %	2	100.0 %

Tabla 22. Resultado de la prueba de normalidad de SST y DQO.

Pruebas de normalidad SST-DQO			
Kolmogorov-Smirnov ^a			
	Estadístico	gl	Sig.
SST	.260	2	.
DQO	.260	2	.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Al someter a la prueba de normalidad los datos de SST y DQO, solo muestra la prueba de Kolmogorov-Smirnov debido al tamaño de la muestra, así también, el valor P es menor a 0.05, por ende, los datos de SST y DQO no siguen significativamente una distribución normal.

- Pruebas paramétricas de los parámetros físicos y químicos:

Se sometió a prueba síes parámetros las cuales presentaron una distribución normal. Para la validación de la hipótesis, se desarrolló la validación a través de la t de student para una muestra en pertinencia al ECA para agua C3 u otras normativas relacionadas al riego o debida de animales.

- Prueba t para la temperatura:

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

*H₀: La temperatura del agua del río Chilca no supera lo establecido en el ECA para agua - C3 o la FAO, al ser receptora de descargas domésticas (ECA +/- 3°C, FAO 10 - 25°C).

*H_i: La temperatura del agua del río Chilca supera lo establecido en el ECA para agua - C3 o la FAO, al ser receptora de descargas domésticas (ECA +/- 3°C, FAO 10 - 25°C).

Tabla 23. Prueba t para una muestra "Temperatura".

Prueba para una muestra - TEMPERATURA						
Valor de prueba = 3						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
TEMPERATURA	49.344	5	.000	9.65417	9.1512	10.1571

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto a la temperatura el valor p es de 0.000, lo cual permite rechazar la H_0 y evidenciar significativamente que la temperatura del agua del río Chilca se encuentran en condiciones para ser utilizadas para riego a pesar de ser receptora de descargas domésticas.

- Prueba t para los Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

* H_0 : La concentración de STD en el río Chilca no supera lo establecido en la FAO, al ser receptora de descargas domésticas ($\mu \leq 450$ mg/L).

* H_i : La concentración de STD en el río Chilca supera lo establecido en la FAO, al ser receptora de descargas domésticas ($\mu > 450$ mg/L).

Tabla 24. Prueba t para una muestra "SDT".

Prueba para una muestra - SDT						
Valor de prueba = 450						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
SDT	23.713	5	.000	126.2500	112.564	139.936

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto a los Sólidos Disueltos Totales, el valor p es de 0.000, lo cual permite rechazar la H_0 y evidenciar de manera significativa que la concentración de SDT del río Chilca supera lo establecido por la FAO (< 450 mg/L) al ser receptora de descargas domésticas.

- Prueba t para el Oxígeno Disuelto (OD):

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

* H_0 : La concentración de OD en el río Chilca cumple con lo establecido en el ECA para agua - C3, al ser receptora de descargas domésticas ($\mu \leq 3$ mg/L).

* H_i : La concentración de OD en el río Chilca no cumple con lo establecido en el ECA para agua - C3 al ser receptora de descargas domésticas ($\mu > 3$ mg/L).

Tabla 25. Prueba t para una muestra "Oxígeno Disuelto".

Prueba para una muestra - OD						
Valor de prueba = 4						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
OD	-7.217	5	.001	-3.16167	-4.2879	-2.0355

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto al OD, el valor p es de 0.001, lo cual permite rechazar la H_0 y evidenciar de manera significativa que la concentración de OD del río Chilca no cumple con el ECA (> 3 mg/L) al ser receptora de descargas domésticas.

- Prueba t para el pH:

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

*H₀: El pH del agua del río Chilca cumple con lo establecido en el ECA para agua - C3, al ser receptora de descargas domésticas (6.5- 8.5).

*H_i: La temperatura del agua del río Chilca no cumple con lo establecido en el ECA para agua - C3 o la FAO, al ser receptora de descargas domésticas (6.5- 8.5).

Tabla 26. Prueba t para una muestra "pH".

Prueba para una muestra - pH						
Valor de prueba = 6.5						
	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
pH	4.596	5	.006	1.0092	.445	1.574

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto al pH, el valor p es de 0.006, lo cual permite rechazar la H₀ y evidenciar de manera significativa que la concentración de pH del río Chilca no cumple con lo establecido por el ECA (6.5- 8.5) al ser receptora de las descargas domésticas.

- Prueba t de la CE:

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

*H₀: La CE del agua del río Chilca cumple con lo establecido en el ECA para agua - C3, al ser receptora de descargas domésticas (2500 µS/cm).

*H₁: La temperatura del agua del río Chilca no cumple con lo establecido en el ECA para agua - C3 o la FAO, al ser receptora de descargas domésticas (2500 µS/cm).

Tabla 27. Prueba t para una muestra "CE".

Prueba para una muestra - CE						
Valor de prueba = 2500						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CE	- 127.019	5	.000	- 1347.5833	- 1374.855	- 1320.311

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto a la Conductividad Eléctrica, el valor p es de 0.000, lo cual permite rechazar la H₀ y evidenciar de manera significativa que la concentración de la CE del río Chilca no cumple con lo establecido por el ECA (2500 µS/cm) al ser receptora de las descargas domésticas.

- Pruebas no paramétricas para los parámetros físicos y químicos:

Se sometieron a prueba dos parámetros que no evidenciaron normalidad respecto a su distribución. Para la validación hipotética se realizó la prueba de rangos con signos de Wilcoxon para una sola muestra en correspondencia al ECA para agua C3 u otras normativas relacionadas al riego o debida de animales.

- Prueba de rangos con signos de Wilcoxon para los Sólidos Suspendidos Totales:

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

*H₀: La concentración de SST en el agua del río Chilca cumple con lo establecido en el ECA para agua - C3, al ser receptora de descargas domésticas (≤ 50 mg/L).

*H_i: La concentración de SST en el agua del río Chilca no cumple con lo establecido en el ECA para agua - C3, al ser receptora de descargas domésticas (> 50 mg/L).

Tabla 28. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra "SST".

Resumen de contrastes de hipótesis - SST				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de SST es igual a 50.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra	.180	Conserve la hipótesis nula.

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto a los Sólidos Suspendidos Totales, el valor p es de 0.180 lo cual permite aceptar la H₀ y evidenciar de manera significativa que la concentración de SST del río Chilca cumple con el ECA (≤ 50 mg/L) al ser receptora de descargas domésticas.

- Prueba de rangos con signos de Wilcoxon para la Demanda Química de Oxígeno:

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

*H₀: La concentración de DQO en el agua del río Chilca cumple con lo establecido en el ECA para agua - C3, al ser receptora de descargas domésticas (≤ 40 mg/L).

*H_i: La concentración de DQO en el agua del río Chilca no cumple con lo establecido en el ECA para agua - C3, al ser receptora de descargas domésticas (> 40 mg/L).

Tabla 29. Prueba de rangos con signos de Wilcoxon para una muestra "DQO".

Resumen de contrastes de hipótesis - DQO				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de DQO es igual a 40.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra	.180	Conserve la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05				

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto a la DQO, el valor p es de 0.180 lo cual permite aceptar la H_0 y evidenciar de manera significativa que la concentración de DQO del río Chilca cumple con el ECA (≤ 40 mg/L) al ser receptora de las descargas domésticas.

B. El uso del mucílago de nopal influye en los parámetros físicos (olor, temperatura, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos.

- Prueba de normalidad:

Para validar si los parámetros analizados muestran una diferencia con respecto al nivel de concentración inicial y al ser sometidos al tratamiento con mucílago de nopal, se realizó la prueba de normalidad; debido al tamaño de las muestras y para no alterar el resultado de la prueba, se realizaron dos pruebas de normalidad como se evidencia en las tablas 30 y 31.

Tabla 30. Pruebas de normalidad de los parámetros físicos.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T_PRE	.179	6	.200*	.960	6	.817
T_POST	.168	6	.200*	.977	6	.935
TDS_PRE	.191	6	.200*	.953	6	.765
TDS_POST	.257	6	.200*	.933	6	.600

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

Al someter a prueba de normalidad los datos obtenidos de los parámetros físicos analizados sin tratamiento y con tratamiento, se optó por los resultados de Shapiro-Wilk, así también, se muestra que el valor p es mayor a 0.05, es decir que se acepta la H_0 dado a que los datos analizados siguen significativamente la normalidad respecto a su distribución.

Asimismo, debido al tamaño de muestra, se realizó la prueba de normalidad para los sólidos suspendidos totales y verificar la mencionada distribución.

Tabla 31. *Prueba de normalidad "SST"*.

Pruebas de normalidad SST			
Kolmogorov-Smirnov ^a			
	Estadístico	gl	Sig.
PRE_SST	.260	2	.
POST_SST	.260	2	.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Al someter a prueba de normalidad, el p valor es menor a 0.05, por ende, se rechaza la H_0 , es decir, los datos analizados de los sólidos suspendidos totales no siguen una distribución normal.

- Pruebas paramétricas:

Para determinar si el mucílago de nopal influye en las concentraciones iniciales de los parámetros analizados, se desarrolló el contraste de t de student para muestras relacionadas.

- Prueba t para muestras relacionadas para la temperatura pre y post al tratamiento:

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

*H₀: El mucílago de nopal no influye en la temperatura inicial del agua del río Chilca al ser receptora de descargas domésticas (T_o = T_f).

*H_i: El mucílago de nopal influye en la temperatura inicial del agua del río Chilca al ser receptora de descargas domésticas (T_o ≠ T_f).

Tabla 32. Prueba t para muestras emparejadas - T° pre y post al tratamiento.

		Prueba de muestras emparejadas - T°					t	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias emparejadas							
Par	T°_PRE - T°_POST	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
1	T°_PRE - T°_POST	-6.60583	.41435	.16916	-7.04066	-6.17100	-39.052	5	.000

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto a la temperatura con el pre y post (tratamiento), el valor p es de 0.000 lo cual permite rechazar la H₀ y evidenciar de manera significativa que el mucílago de nopal influye en la concentración inicial de la temperatura del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas.

- Prueba t para muestras relacionadas para la SDT pre y post tratamiento:

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

*H₀: El mucílago de nopal no influye en la concentración inicial de SDT del agua del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas (SDT_o = SDT_f).

*H_i: El mucílago de nopal influye en la concentración inicial de SDT del agua del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas (SDT_o ≠ SDT_f).

Tabla 33. Prueba t para muestras emparejadas - SDT pre y post al tratamiento.

		Prueba de muestras emparejadas - SDT							
		Diferencias emparejadas				t	gl	1 Sig. (bilateral)	
Par	SDT_PRE - SDT_POST	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
1		188.4167	50.0554	20.4350	135.8868	240.9466	9.220	5	.000

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto a los SDT con el pre y post (tratamiento), el valor p es de 0.000 lo cual permite rechazar la H_0 y evidenciar de manera significativa que el mucílago de nopal influye en la concentración inicial de los SDT del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas.

- Prueba no paramétrica para el parámetro SST pre y post tratamiento:
 - Prueba de rangos con signos de Wilcoxon para la SST pre y post tratamiento:

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

* H_0 : El mucílago de nopal no influye en la concentración inicial de SST del agua del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas ($SST_o = SST_f$).

* H_i : El mucílago de nopal influye en la concentración inicial de SST del agua del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas ($SST_o \neq SST_f$).

Tabla 34. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon - SST pre y post al tratamiento.

Resumen de contrastes de hipótesis-SST				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de diferencias entre PRE_SST y POST_SST es igual a 0	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	.180	Conserve la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .050.				

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto a la SST con el pre y post (tratamiento), el valor p es de 0.180 lo cual permite aceptar la H_0 y evidenciar de manera significativa que el mucílago de nopal no influye en la concentración inicial de la SST del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas.

- C. El uso del mucílago de nopal influye en los parámetros químicos (OD, pH, conductividad eléctrica y DQO) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos.

- Prueba de normalidad:

Para validar si los parámetros analizados muestran una diferencia con respecto al nivel de concentración inicial y al ser sometidos al tratamiento con mucílago de nopal, se realizó la prueba de normalidad; debido al tamaño de las muestras y para no alterar el resultado de la prueba, se realizaron dos pruebas de normalidad como se evidencia en las tablas siguientes.

Tabla 35. Resultado de la prueba de normalidad de los parámetros químicos.

Pruebas de normalidad - Parámetros químicos						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CE_PRE	.178	6	.200*	.959	6	.810
CE_POST	.258	6	.200*	.931	6	.589
PH_PRE	.198	6	.200*	.916	6	.474
PH_POST	.210	6	.200*	.879	6	.263
OD_PRE	.283	6	.145	.826	6	.099
OD_POST	.257	6	.200*	.918	6	.491

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

Al someter a prueba de normalidad los datos obtenidos de los parámetros químicos analizados sin tratamiento y con tratamiento, se optó por los resultados de Shapiro-Wilk, así mostrando que el valor p es mayor a 0.05, es decir, que se acepta la H_0 dado a que los datos analizados siguen significativamente una distribución normal. Asimismo, debido al tamaño de muestra, se realizó la prueba de normalidad para la DQO y determinar si sigue una normalidad respecto de su distribución.

Tabla 36. Prueba de normalidad "DQO".

Pruebas de normalidad DQO			
	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
PRE_DQO	.260	2	.
POST_DQO	.260	2	.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Al someter a prueba de normalidad, el p valor es menor a 0.05, por ende, se rechaza la H_0 , es decir, los datos analizados de la DQO no presentan la mencionada normalidad en su distribución.

- Pruebas paramétricas:

Para determinar si el mucílago de nopal influye en las concentraciones iniciales de los parámetros analizados, se optó por desarrollar el contraste de t de student para muestras relacionadas.

- Prueba t para muestras relacionadas para el Oxígeno Disuelto pre y post al tratamiento:

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

*H₀: El mucílago de nopal no influye en la concentración inicial del OD del agua del río Chilca al ser receptora de descargas domésticas (OD_o = OD_f).

*H_i: El mucílago de nopal influye en la concentración inicial del OD del agua del río Chilca al ser receptora de descargas domésticas (OD_o ≠ OD_f).

Tabla 37. Prueba t para muestras emparejadas - OD pre y post al tratamiento.

Prueba de muestras emparejadas - OD									
Diferencias emparejadas									
Par	OD_PRE - OD_POST	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
1		-5.33500	.82754	.33784	-6.20345	-4.46655	-15.791	5	.000

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto al OD con el pre y post (tratamiento), el valor p es de 0.000 lo cual permite rechazar la H₀ y evidenciar de manera significativa que el mucílago de nopal influye en la concentración inicial del OD del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas.

- Prueba t para muestras relacionadas para el Conductividad Eléctrica pre y post al tratamiento:

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

*H₀: El mucílago de nopal no influye en la concentración inicial de la Conductividad Eléctrica del agua del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas (CE_o = CE_f).

*H_i: El mucílago de nopal influye en la concentración inicial de la Conductividad Eléctrica del agua del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas (CE_o ≠ CE_f).

Tabla 38. Prueba t para muestras emparejadas - CE pre y post al tratamiento.

Prueba de muestras emparejadas - CE									
Diferencias emparejadas									
Par	CE_PRE - CE_POST	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
1		376.3333	98.7085	40.2976	272.7451	479.9215	9.339	5	.000

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto a la CE con el pre y post (tratamiento), el valor p es de 0.000 lo cual permite rechazar la H₀ y evidenciar de manera significativa que el mucílago de nopal influye en la concentración inicial del CE del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas.

- Prueba t para muestras relacionadas para el pH pre y post al tratamiento:

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

*H₀: El mucílago de nopal no influye en la concentración inicial del pH del agua del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas (pH₀ = pH_f).

*H₁: El mucílago de nopal influye en la concentración inicial del pH del agua del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas (pH₀ ≠ pH_f).

Tabla 39. Prueba t para muestras emparejadas - pH pre y post al tratamiento.

Prueba de muestras emparejadas-pH									
Diferencias emparejadas									
Par	pH_PRE - pH_POST	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
1		.78917	.57010	.23274	.19088	1.38745	3.391	5	.019

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto al pH con el pre y post (tratamiento), el valor p es de 0.19 lo cual permite aceptar la H₀ y evidenciar de manera significativa que el mucílago de nopal no influye en la concentración inicial del pH del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas.

- Prueba no paramétrica para el parámetro DQO pre y post tratamiento:
 - Prueba de rangos con signos de Wilcoxon para la DQO pre y post al tratamiento:

Se tuvo en cuenta el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

*H₀: El mucílago de nopal no influye en la concentración inicial del DQO del agua del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas (DQO₀ = DQO_f).

*H₁: El mucílago de nopal influye en la concentración inicial del DQO del agua del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas (DQO_o ≠ DQO_f).

Tabla 40. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas - DQO pre y post al tratamiento.

Resumen de contrastes de hipótesis-DQO				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de diferencias entre PRE_DQO y POST_DQO es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	.180	Conserve la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05				

Al someter a evaluación los datos analizados con respecto al DQO con el pre y post (tratamiento), el valor p es de 0.180 lo cual permite aceptar la H₀ y evidenciar de manera significativa que el mucílago de nopal no influye en la concentración inicial del DQO del río Chilca al ser receptora de las descargas domésticas.

4.3. Discusión de resultados

Considerando los resultados alcanzados en el estudio sobre la eficiencia del mucílago de nopal en la remoción de turbidez, ello guarda relación con lo que sostiene López (18), que precisa la eficiencia del coagulante al remover la turbidez al aplicar a muestras de 20, 50, 100, 300 y 500 NTU, así también, en el presente estudio se refleja la eficiencia de remoción de la turbidez en concentraciones, altas medias y bajas.

Con respecto a la dosificación del mucílago de nopal, en la investigación de Quispe (23) se aplicó 1, 2, 4, 6, 8 y 10 mL de mucílago de nopal por 2 L de muestra, dando como resultado la eficacia en la remoción de la turbidez a partir de 20 NTU; en la presente investigación se usó 10, 20, 30, 40 y 50 mL de mucílago de nopal, donde se refleja la remoción de turbidez a partir de 20 mL de mucílago de nopal en 300 mL de muestra, con 80 NTU y 50 mL de mucílago de nopal con 205 de NTU.

Con respecto a los análisis de los parámetros físicos (olor, TDS, TSS y temperatura) y al ser sometidos a las diferentes dosificaciones del mucílago de nopal, cada parámetro muestra una reducción con respecto a la medición inicial, sin embargo, donde se muestra un aumento de medición es en la temperatura, dado que está relacionado a temperatura del ambiente; en la investigación de Fuentes *et al.* (12) se alcanzó como resultado la eficiencia del mucílago de nopal como coagulante natural, minimizando las concentraciones iniciales de los sólidos, conductividad eléctrica y color; en relación a la conductividad eléctrica, menciona que en su tratamiento mantiene un valor constante a la inicial, a diferencia de los resultados de la presente investigación, la CE disminuye, sin embargo, se encuentra bajo los límites establecidos con el ECA para agua de Categoría 3 (riego).

Con respecto a los análisis de los parámetros químicos (oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y pH), las 6 muestras representativas se ven afectadas a con respecto a la medición inicial, reflejando la efectividad del mucílago de nopal en estos parámetros. En la investigación de Samamé (22), el pH se mantiene alcalino al ser sometido de 25, 50, 75 y 100 mL de mucílago de nopal; en la presente investigación, sucede lo mismo, ya que las diferentes dosificaciones no alteran el pH de las muestras, cumpliendo con el ECA para agua. Con respecto al parámetro de oxígeno disuelto, en la presente investigación tres puntos presentaron concentraciones menores a lo establecido por el ECA para agua, y al aplicar el mucílago de nopal se observa una mejora cumpliendo con lo sugerido por la normativa.

Se realizó el análisis de DQO a dos muestras; estas fueron elegidas por el nivel de turbiedad inicial. Al ser sometidas a la dosificación del mucilago de nopal, su concentración inicial de DQO bajó en más del 60 %; en la investigación de Vaca *et al.* (13) se redujo en 37.9 % la concentración inicial de turbidez de 36 NTU; por el nivel de turbidez de las muestras, no se llega a cumplir con lo establecido en el ECA para agua C3, sin embargo, se encuentra por debajo de lo detallado en el D.S. N° 003-2010-MINAM.

CONCLUSIONES

- Se caracterizaron las aguas del río Chilca evaluando los parámetros físicos (turbidez, olor, TDS, TSS y temperatura) y los parámetros químicos (oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y DQO), donde se evidencia que los únicos parámetros que cumplen con la establecido por el ECA para agua - Categoría 3 y la FAO para riego, son la temperatura, conductividad eléctrica y el pH, en caso del TDS, TSS, olor, oxígeno disuelto y DQO, presentan un exceso del 30 % y mayor al 100 % de concentración según lo que indica la normativa, con respecto a la medición del TSS, se realizó la medición a las dos muestras que presentan mayor turbidez, donde el parámetro que muestra el mismo comportamiento de exceso de concentración mayor del 100 % de mg/L fue el TSS según lo establecido por la FAO (TSS = 50 mg/L).
- En relación a la dosificación del mucílago de nopal y su efectividad en la remoción de la turbidez, se consideraron dos indicadores: la formación de flóculos y la reducción del color a simple vista. Como resultado, se determinó que la dosis óptima es de 20 mL de mucílago de nopal para una turbidez inicial de 80 a 90 NTU, de 30 mL de mucílago de nopal para una turbidez de 100 NTU a 160 NTU y de 40 a 50 mL de mucílago de nopal para una turbidez inicial de 170 a 210 NTU. La dosificación adecuada del mucílago de nopal está en relación a las concentraciones de NTU y la formación de los flóculos.
- Con respecto a la influencia del mucílago de nopal en el parámetro físico, muestra un 20 % a 80 % de mejora en los parámetros que presentan un exceso de concentración según lo establecido por el ECA para agua de Categoría 3 (para riego) y la FAO. Las 6 muestras representativas presentaron un olor característico de agua residuales domésticos (sulfuro); a medida que se va aplicando la dosificación adecuada, se presenta un olor inodoro y en otras muestras a nopal, este parámetro es importante dado a que es un factor que afecta la calidad de vida de los pobladores aledaños al río, así también, en el análisis del TSS muestra una mejora del 70 % al 80 % con respecto a su concentración inicial; este parámetro influye en la concentración de turbidez, con respecto a las concentraciones de TDS después del tratamiento a las 6 muestras representativas, estas muestran una mejora hasta un 45 % cumpliendo con el rango establecido por la FAO.
- Con respecto a la influencia del mucílago de nopal en el análisis químico, muestra una mejora del 100 % con respecto al oxígeno disuelto cumpliendo con lo establecido por el ECA para agua de Categoría 3; en la medición del DQO, se muestra una mejora

del 65 % con respecto a la concentración inicial de DQO, el pH se mantiene constante con la temperatura del ambiente cumpliendo con la normativa mencionada y con respecto a las concentraciones de conductividad eléctrica antes y después de tratamiento siguen cumpliendo con lo establecido por el ECA para agua de Categoría 3.

- Se ha demostrado que el mucílago de nopal influye hasta un 60 % en la remoción de la turbidez de las diferentes concentraciones (alta, media y baja), así también, se observa que el mucílago de nopal influye directamente en los principales indicadores de calidad de agua. A pesar que la normativa no establece las concentraciones de NTU para su uso en riego, la capacidad del mucílago de nopal ofrece la oportunidad de mejorar la calidad del río Chilca para otros fines; dentro de los estos resultados, destaca el potencial del mucilago de nopal como solución efectiva para la mejora del agua.

RECOMENDACIONES

- Para obtener una mayor eficiencia de remoción de turbidez haciendo uso del mucílago de nopal, contar con el equipo de prueba de jarras, así también se debe tener un control en la dosificación según el NTU que presente la muestra.
- En caso de una mejora de la calidad del río Chilca, se recomienda a las autoridades realizar campañas de Educación Ambiental enfocados en la selección de residuos sólidos, dado a que es un factor de mayor impacto ambiental e influye en la caracterización del río.
- Se recomienda realizar las mediciones de turbidez después de realizar el análisis del TSS, dado a que simple vista las muestras A y C cambian el color de manera significativa.
- Para el tratamiento de aguas residuales se usa coagulantes inorgánicos; por los antecedentes y la validación de la eficiencia del mucílago de nopal, se recomienda usar el mucílago de nopal como coagulante natural para el tratamiento o como un coadyuvante natural, dado que en el proceso de coagulación puede presentar flóculos de menor tamaño.
- Se recomienda realizar más estudios aplicado el mucílago de nopal, en diferentes sectores industriales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ESPIGARES, M., PÉREZ, J. y GÁLVEZ, R. *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. España: Universidad de Granada, 1895. ISBN: 84-338-0292-5.
- (2) ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. París: UNESCO, 2017.
- (3) FERNÁNDEZ, A. *Aguas residuales en el Perú, problemática y uso en la agricultura*. Perú: Autoridad Nacional del Agua, 2011.
- (4) SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO. Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el ámbito de operación de las Entidades Prestadoras de Servicio de Saneamiento. Lima: Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento (PROAGUA II), 2015.
- (5) CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA [En línea]. Cincuenta mil auditores juveniles se sumarán al control social desde los colegios, 2019 [fecha de consulta: 16 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/497366-231-2019-cg-gcoc-cincuenta-mil-auditores-juveniles-se-sumaran-al-control-social-desde-los-colegios>.
- (6) GOBIERNO REGIONAL JUNÍN. *Mejoramiento de las condiciones de salubridad del río Chilca, entre los distritos de Chilca y Huancayo, provincia de Huancayo - Región Junín*. Huancayo: Gerencia Regional de Infraestructura, 2020.
- (7) CHARAPAQUI, J. Acción coagulante de la tuna en el tratamiento de aguas superficiales en Ayacucho 2015. Revista Investigación UNSCH, 2019, 24(1). ISSN: 1684-0089.
- (8) CONTRERAS, K., y otros. El nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. Producción + Limpia, 2015, 10(1). ISSN: 1909-0455.
- (9) OLIVERO, R., y otros. Utilización de tuna (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas. Avances: Investigación en Ingeniería, 2014, 11(1). ISSN: 1794-9453.
- (10) JIMÉNEZ-ANTILLÓN, J., VARGAS-CAMARENO, M. y QUIRÓS-BUSTOS, N. Evaluación de la tuna (*Opuntia cochenillifera*) para la remoción del color en agua potable. Tecnología en Marcha, 2012, 5(4).

- (11) VILLABONA, A., PAZ, I. y MARTÍNEZ, J. Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para uso como coagulante natural. Rev. Colombiana de Biotecnología, 2013, 15(1). ISSN: 1909-8758.
- (12) FUENTES, N., MOLINA, E. y ARIZA, P. Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del $Al_2(SO_4)_3$ para clarificación de aguas. Producción + Limpia, 2016, 11(2). ISSN: 1909-0455.
- (13) VACA, M., y otros. Aplicación del nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante primario de aguas residuales. Rev. AIDIS, 2014, 7(3), 210-216 pp. ISSN: 0718-378x.
- (14) ALMAZÁN, J., y otros. Diferentes maneras de uso de un clarificante natural en procesos de potabilización de aguas turbias. Rev. de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2019, 5(2), 33-37 pp. ISSN: 0373-9686.
- (15) VILLANUEVA, L., YAYA, J. y COAQUIRA, M. Efecto de floculantes naturales penca de la tuna en el tratamiento de las aguas superficiales de acequias de las zonas agrícolas del valle de San Vicente de Cañete. Perú: Universidad Privada Sergio Bernales, 2017.
- (16) LOZANO, L. Efecto en la disminución en la turbidez en el agua por floculantes de *Opuntia ficus-indica* (tuna) con diferentes procesos de extracción en el río Chonta de Cajamarca, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental y de Prevención de Riesgos). Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, 2018.
- (17) AUCAY, M. Remoción de la turbiedad y color mediante el uso de tuna (*Opuntia ficus indica*) en el agua cruda del subsistema de la comunidad de Lunduma, cantón Santa Isabel. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Ecuador: Universidad de Cuenca, 2019.
- (18) LÓPEZ, M. Evaluación del uso de la cactácea *Opuntia ficus-indica* como coagulante natural para el tratamiento de aguas. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018.
- (19) TORRES, J. Evaluación de remoción de turbiedad de agua del canal de riego mediante tratamiento químico por coagulación-floculación con dos métodos de extracción de coagulante de mucílago de *Opuntia ficus-indica* a escala laboratorio. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Peruana Unión, 2019.
- (20) ATUPAÑA, F. y GUACHO, J. Determinación de la eficiencia del *Opuntia ficus-indica* como biocoagulante para el tratamiento de aguas superficiales del río Bulubulu. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2019.

- (21) MOREJÓN, B. Utilización del mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano, en la comunidad de Pusir Grande, provincia de Carchi. Tesis de Maestría (Magíster en Gestión Sustentable de Recursos Naturales). Ecuador: Universidad Técnica del Norte, 2017.
- (22) SAMAMÉ, Y. Dosis óptima del mucílago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua del río La Leche, Lambayeque. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2019.
- (23) QUISPE, H. Aplicación del mucílago extraído de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la clarificación del río Uchusuma. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2012.
- (24) WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019: no dejar a nadie atrás*. París: UNESCO, 2019. ISBN: 978-92-3-300108-4.
- (25) ORGANISMO DE FISCALIZACIÓN Y EVALUACIÓN AMBIENTAL. *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Lima: OEFA, 2014.
- (26) OSORIO, F., SÁNCHEZ, M. y TORRES, J. *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes*. España: Díaz de Santos, 2010. ISBN: 978-84-7978-903-9.
- (27) ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [En línea]. AQUASTAT, 2020 [fecha de consulta: 19 de julio de 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html>.
- (28) AGUILAR, M., y otros. *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. España: Universidad de Murcia, 2002. ISBN: 84-8371-308-X.
- (29) RODRÍGUEZ, A., y otros. *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. España: CITME, 2006.
- (30) ANDÍA, Y. *Tratamiento de agua: coagulación y floculación*. Lima: SEDAPAL, 2000.
- (31) SÁENZ, C. y BERGER, H. *Utilización agroindustrial del nopal*. FAO. Roma: FAO-CACTUSNET, 2006. ISBN: 92-5-305518-9.
- (32) INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA. *Características principales del cultivo de nopal en el Distrito Federal*. México: INEGI, 2007. ISBN: 978-607-494-544-7.
- (33) MERCADO, I., OLIVERO, R. y MONTES, L. Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*. *Produccion +Limpia*, 2013, 8(1), 21 pp. ISSN: 1909-0455.

- (34) OCHOA, A. y VELEZ, M. Impacto del fenómeno de "El Niño" 2015-2016 en la calidad de agua del río Magdalena como fuente de abastecimiento del Municipio de Purificación (Tolima - Colombia). Tesis (Título de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad Piloto de Colombia, 2016.
- (35) RAMOS, R., SEPÚLVEDA, R. y VILLALOBOS, F. *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis*. California: Universidad Autónoma de Baja California, 2003. ISBN: 970-722-141-0.
- (36) GRUPO DE ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL. *Parámetros organolépticos*. Perú: DIGESA, 2004.
- (37) SILVA, J. Evaluación y rediseño del sistema de lagunas de estabilización de la Universidad de Piura. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, 2004.
- (38) RIGOLA, M. *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. Barcelona: Marcombo, 1999.
- (39) PEÑA, E. *Calidad de agua - Oxígeno Disuelto (OD)*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007.
- (40) FUNDACIÓN HOGARES JUVENILES CAMPESINOS. *Manual abecedario ecológico: la más completa guía de términos ambientales*. Bogotá: San Pablo, 2006. ISBN: 958-8233-33-X.
- (41) BUREAU VERITAS. *Manual para la formación en medio ambiente*. España: Lex Nova, 2008. ISBN: 987-84-9898-027-1.
- (42) RAFFO, E. y RUIZ, E. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 2014, 17(1). ISSN: 1560-9146.
- (43) MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Glosario de Términos para la Gestión Ambiental Peruana*. Lima: Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental, 2012.
- (44) NACIONES UNIDAS [En línea]. Calidad de agua, 2014 [fecha de consulta: 19 de julio de 2020]. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>.
- (45) GUZMÁN, L., y otros. Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 2013, 16(1), 254-255 pp. ISSN: 0123-4226.
- (46) MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Glosario de términos: sitios contaminados*. Lima: Dirección General de Calidad Ambiental, 2016.

- (47) MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Aprende a Prevenir los efectos del mercurio: agua y alimento*. Lima: Dirección General de Educación, Cultura y Ciudadanía Ambiental, 2016.
- (48) AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS [En línea]. Términos M, 2020 [fecha de consulta: 26 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/terminos-m>.
- (49) CERONI, A. y CASTRO, V. *Manual de cactus: identificación y origen*. Lima: Ministerio del Ambiente, 2013. ISBN: 987-612-4174-07-0.
- (50) REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA [En línea]. Diccionario Español de Ingeniería. 2020 [fecha de consulta: 19 de julio de 2020]. Disponible en: <http://diccionario.raing.es/es/lema/ecotoxicidad>.
- (51) AGUAMARKET [En línea]. Flóculo, 2020 [fecha de consulta: 26 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=992&termino=floculo>.
- (52) GLOBAL ACTION [En línea]. Hidrocoloides, 2020 [fecha de consulta: 19 de julio de 2020]. Disponible en: <http://www.globalactionchile.cl/Hidrocoloides.html>.
- (53) MONROY, A. y SALGADO, J. Extracción de mucílago de *Opuntia ficus-indica*, Nopal, como potencial purificador de agua en comunidades rurales de Ahuachapán. BIOMA, 2019, (52), 66 pp. ISSN: 2307-0560.
- (54) CESPT [En línea]. ¿Qué es una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales?, 2009 [fecha de consulta: 19 de julio de 2020]. Disponible en: <http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/plantatratamiento.html>.
- (55) RAMIS, J. *Aguas residuales urbanas*. España: ELERNING S.L, 2019. ISBN: 978-84-18214-14-1.
- (56) CEGARRA, J. *Los métodos de investigación*. España: Díaz de Santos, 2012. ISBN: 978-84-9969-027-8.
- (57) HERNÁNDEZ, A., y otros. *Metodología de la investigación científica*. España: 3 Ciencias, 2018. ISBN: 9788494825705.
- (58) TAM, J., VERA, G. y OLIVEROS, R. *Tipos, métodos y estrategias de investigación científica*. Lima: Instituto del Mar del Perú - IMARPE, 2008.
- (59) CORTÉS, M. y IGLESIAS, M. *Generalidades sobre metodología de la investigación*. México: Universidad Autónoma del Carmen, 2004. ISBN: 968-6624-87-2 .
- (60) HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill, 2014. ISBN: 987-607-15-0291-9.

ANEXOS

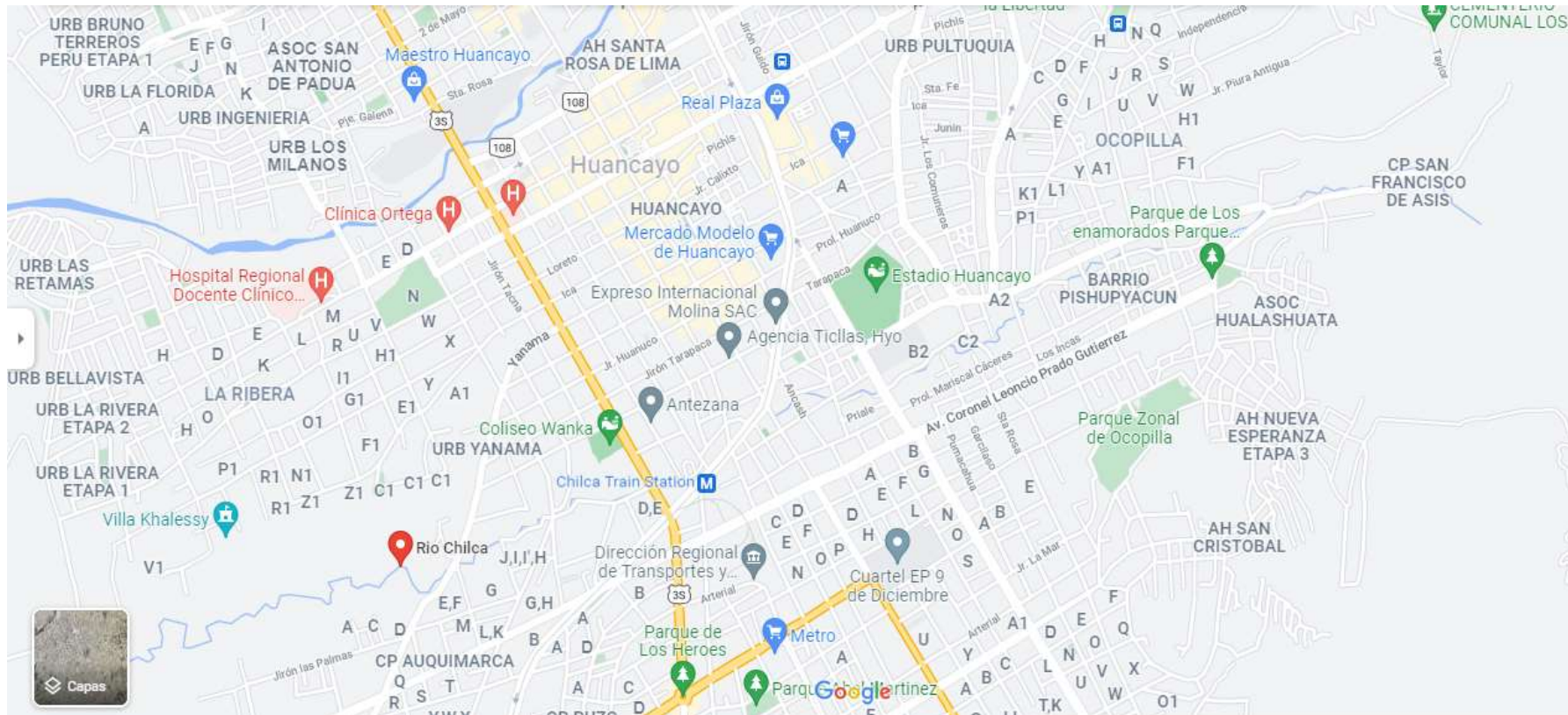
Anexo 1. Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><u>General:</u></p> <p>¿De qué manera el mucílago de nopal influye en la remoción de la turbidez en las aguas contaminadas del río Chilca, por efluentes domésticos, Huancayo 2020?</p> <p><u>Específicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la caracterización de las aguas del río Chilca que se ve afectado por efluentes domésticos? • ¿Cuál es la dosis de mucílago de nopal que se necesita para la remoción de turbidez de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes doméstico? • ¿Cuál será la influencia del mucílago de nopal en el parámetro físico (olor, temperatura, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos? • ¿Cuál será la influencia del mucílago de nopal en el parámetro químico (oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y DQO) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos? 	<p><u>General:</u></p> <p>Determinar la influencia del mucílago de nopal en la remoción de la turbidez en las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos, Huancayo 2020.</p> <p><u>Específicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar las aguas del río Chilca que se ve afectado por efluentes domésticos. • Determinar la dosificación adecuada de mucílago de nopal para la remoción de turbidez de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos. • Analizar la influencia del mucílago de nopal en el parámetro físico (olor, temperatura, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos. • Analizar la influencia del mucílago de nopal en el parámetro químico (oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y DQO) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos. 	<p><u>General:</u></p> <p>El uso del mucílago de nopal influye en la remoción de turbidez en las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos, Huancayo 2020.</p> <p><u>Específicas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • La caracterización (física y química) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos, muestra la diferencia del nivel de concentración de los parámetros establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental para agua de Categoría 3 u otras normativas • La dosificación adecuada de mucílago de nopal influye en la remoción de turbidez de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos. • El uso del mucílago de nopal influye en los parámetros físicos (olor, temperatura, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos. 	<p><u>Variable 1</u></p> <p>Aplicación del mucílago de nopal.</p> <p>Tipo: Independiente.</p> <p>Dimensiones: dosis de mucílago de nopal.</p> <p>Indicadores:</p> <p>mL/L (se opta por la extracción del mucílago de nopal fresco).</p> <p><u>Variable 2</u></p> <p>Remoción de turbidez.</p> <p>Tipo: Dependiente.</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Concentración de NTU.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turbidez (NTU). <p><u>Variable 3</u></p> <p>Aguas Contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos.</p> <p>Tipo: Interviniente.</p> <p>Dimensiones:</p>	<p><u>Tipo y nivel de la investigación:</u></p> <p>Tipo: Aplicada.</p> <p>Nivel: Correlacional.</p> <p><u>Método:</u></p> <p>General: Hipotético-deductivo.</p> <p>Específico: Experimental.</p> <p><u>Diseño:</u></p> <p>Experimental.</p> <p><u>Tipo de diseño:</u></p> <p>Post prueba únicamente y grupo control.</p> <p><u>Población y muestra:</u></p> <p>Población:</p> <p>Esta investigación está basada en el cuerpo másico de la microcuenca del río Chilca en la provincia de Huancayo. El río Chilca nace de las cumbres del cerro Tanquiscancha y desemboca en el río Mantaro. La población de esta investigación es considerada desde la Av. José Olaya con paralela al río Chilca (478455 N; 8665194 E) hasta Yanama con paralela al río Chilca</p>

		<ul style="list-style-type: none"> El uso del mucílago de nopal influye el parámetro químico (oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y DQO) de las aguas contaminadas del río Chilca por efluentes domésticos. 	<p>Parámetros Físicos.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> Olor. Temperatura. Sólidos disueltos totales (mg/L). Sólidos suspendidos totales (mg/L). <p>Dimensión:</p> <p>Característica Química.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> pH. Oxígeno disuelto. DQO (mg/L). Conductividad eléctrica (µs/cm). 	<p>(476487 N; 8664391 E), dado a que engloba a las tres principales zonas con mayor población aledaña al río Chilca (Ocopilla, La Real, Huancavelica y Auquimarca.</p> <p>Muestra:</p> <p>Se optó por realizar la toma de muestra simple, dado a que las muestras representativas fueron analizadas de manera individual, para ello, el muestreo se realizó durante el fin de semana e inicio de semana, es decir, domingo y lunes, dado que durante la semana y fines de semana pueden existir alteraciones en los resultados, ya sea por actividades inusuales o industrias clandestinas de la zona, así también, para determinar los puntos de muestreo se tomó en cuenta la presencia de tuberías de descarga de agua residual, residuos sólidos, intensidad del olor característico de las aguas residuales en descomposición y color del agua, de cada punto determinado. Se tomó 1 litro de muestra.</p> <p>En secuencia a lo expuesto, la muestra estuvo constituida por seis puntos representativos: el primer punto fue la Av. José Olaya con paralela al río Chilca (478434 N; 8665185 E), el segundo punto fue el Jr. Amazonas (477902 N;</p>
--	--	--	---	---

				<p>8664991 E), el tercer punto fue tomado en el Jr. Ancash (477768 N; 8665015 E), el cuarto punto fue el Jr. Libertad (477400 N; 8664748 E), el quinto punto fue el Pje. Orellana con paralela al río Chilca (477255 N; 8664681 E) y el sexto punto fue el Jr. San Martín de Porres con paralela al río Chilca (476823 N; 8664567 E).</p> <p><u>Técnicas de recolección:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación experimental. <p><u>Instrumentos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoja de campo. • Multiparámetro. • DQO. • Turbidímetro. • Otros. <p><u>Técnicas de procesamiento</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación experimental. • Comparación con las normativas.
--	--	--	--	---

Anexo 2. Ubicación de puntos de muestreo.



Anexo 3. Toma de muestras.



PUNTO A.



PUNTO B.



PUNTO C.



PUNTO D.



PUNTO E.



PUNTO F.

Anexo 4. Extracción del mucílago de nopal.



Selección de la materia prima - Penca.



Materiales y lavado de la penca.



Pelado de las cutículas y cortado.

Anexo 5. Análisis del parámetro físico, químico y biológico.



Análisis del parámetro físico.



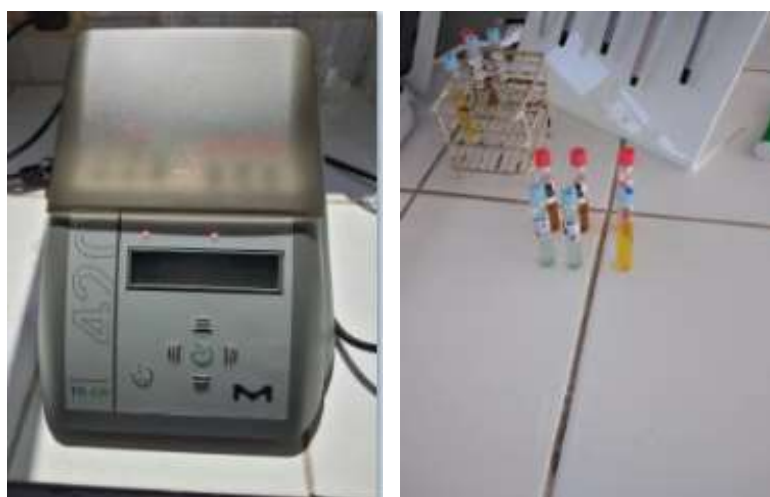
Adición del mucílago de nopal y formación de flóculos.



Medición de la turbidez - muestras con tratamiento y reducción de la turbidez.



Análisis de TSS a las muestras A y C.



Análisis del DQO a las muestras A y C.

Anexo 6. Reporte del Análisis de Agua - Laboratorio de Investigación de Aguas (UNCP).



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
Vicerrectorado de Investigación
Laboratorio de Investigación de Aguas
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUAS

NOMBRE DEL PROYECTO	N° DE REPORTE: 032/2021	DATOS DEL SOLICITANTE	
APLICACIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ EN AGUAS CONTAMINADAS DEL RÍO CHILCA POR EFLUENTES DOMÉSTICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO 2020		KEIMY GIANINA CARHUAS ROJAS	
		FECHA DE MUESTREO	26/07/2021
		FECHA DE ANÁLISIS	27/07/2021
FUENTE:	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS- Muestra C	PUNTO DE MUESTREO	
LOCALIDAD:	CHILCA	LATITUD	12° 4'34.21"S
DIST/PROV/DEP.	CHILCA/HUANCAYO/JUNÍN	LONGITUD	75° 12' 15.44"O
PARAMETROS:	TURBIDEZ, TDS, TSS, PH, OD,CE, DQO, T*	ALTURA(msnm)	3275
MUESTREADO POR	KEIMY GIANINA CARHUAS ROJAS		

RESULTADOS

PARAMETROS FISICOQUIMICOS	UNIDAD	INICIAL	FINAL
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	(mg/L)	581	323
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	(mg/L)	412	94
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	7.62	6.94
CONDUCTIVIDAD	µS/cm.	1161	654.5
TEMPERATURA	°C	12.25	18.22
OXÍGENO DISUELTUO	(mg/L)	1.05	6.09
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	(mg/L)	524	178
TURBIDEZ	NTU	192.5	178

OBSERVACIONES:

- *Las muestras fueron proporcionados por el interesado(a)
- *Documentos de referencia: Standard Methods for examination of water and wastewater 23rd Edition -2017
- *DQO: SM 5220 C: Método Reflujo ferrado
- *Parámetros no acreditados



Dr. María Custodio Villanueva
Dr. María Custodio Villanueva
 COORDINADORA GENERAL



Ing. Heidi De la Cruz Solano
Ing. Heidi De la Cruz Solano



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
Vicerrectorado de Investigación
Laboratorio de Investigación de Aguas
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUAS

NOMBRE DEL PROYECTO	N ° DE REPORTE: 031/2021	DATOS DEL SOLICITANTE	
APLICACIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ EN AGUAS CONTAMINADAS DEL RÍO CHILCA POR EFLUENTES DOMÉSTICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO 2020		KEIMY GIANINA CARHUAS ROJAS	
		FECHA DE MUESTREO	25/07/2021
		FECHA DE ANÁLISIS	26/07/2021
FUENTE:	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS - Muestra A	PUNTO DE MUESTREO	
LOCALIDAD:	CHILCA	LATITUD	12° 4'28.71"S
DIST/PROV/DEP.	CHILCA/HUANCAYO/JUNÍN	LONGITUD	75°11'53.40"S
PARAMETROS:	TURBIDEZ, TDS, TSS, pH, OD, CE, DQO, T°	ALTURA(msnm)	3249
MUESTREADO POR	KEIMY GIANINA CARHUAS ROJAS		

RESULTADOS

PARAMETROS FISICOQUIMICOS	UNIDAD	INICIAL	FINAL
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	(mg/L)	592.5	359.5
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	(mg/L)	580	114
POTENCIAL DE HIDROGENO	pH	6.65	6.90
CONDUCTIVIDAD	µS/cm.	1185.5	724
TEMPERATURA	°C	12.46	18.98
OXÍGENO DISUELTO	(mg/L)	1.30	6.45
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	(mg/L)	491	172
TURBIDEZ	NTU	175.5	166

OBSERVACIONES:

- *Las muestras fueron proporcionadas por el interesado(a)
- *Documentos de referencia: Standard Methods for examination of water and wastewater 23rd Edition -2017
- *DQO: SM 5220 G: Método Reflujo Ferrado
- *Parámetros no acreditados



Dra. María Cecilia Villanueva
 COORDINADORA GENERAL



Ing. Heidy De la Cruz Solano

REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUA

PROYECTO/TESIS: <i>Aplicación del Mucilago de Nopal en la Remoción de Turbidez en Aguas Contaminadas del Río Chilca por Efluentes domésticos en la Provincia de Huancayo 2020</i>	
SOLICITA: <i>Keimy Gianina Carhuas Rojas</i>	
FUENTE: <i>Aguas Residuales Domésticas</i>	
LOCALIDAD: <i>Chilca</i>	
DIST./PROV./DEP: <i>Chilca/Huancayo/Junín</i>	
PUNTO DE MUESTREO/ DIRECCIÓN: <i>Muestra A (Av. José Olaya con paralela al río Chilca)</i>	
LATITUD: <i>12° 4'28.71"S</i>	
LONGITUD: <i>75°11'53.40"O</i>	
ALTURA (msnm): <i>3249</i>	
MUESTREADO POR: <i>Keimy Gianina Carhuas Rojas</i>	
FECHA DE MUESTREO: <i>25/07/2021</i>	FECHA DE ANALISIS: <i>26/07/2021</i>
PARAMETRO REQUERIDO: <i>Turbidez, TDS, TSS, pH, OD, CE, DQO, T°</i>	
PRESERVADA: <i>SI</i>	TIPO DE REACTIVO: <i>NINGUNO</i>

RESULTADOS SIN TRATAMIENTO

PARAMETROS FISICOQUIMICOS	UNIDAD	PRIMER ANALISIS	SEGUNDO ANALISIS
<i>SOLIDOS DISUELTOS TOTALES</i>	mg/l	592	593
<i>SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</i>	mg/l	580	-
<i>POTENCIAL DE HIDROGENO</i>	pH	7.43	7.46
<i>CONDUCTIVIDAD ELECTRICA</i>	µS/cm	1184	1187
<i>TEMPERATURA</i>	°C	12.45	12.46
<i>OXIGENO DISUELTO</i>	mg/l	1.3	-
<i>DEMANDA QUIMICA DEL OXIGENO</i>	mg/l	491	-
<i>TURBIDEZ</i>	NTU	178	173

RESULTADOS CON TRATAMIENTO

PARAMETROS FISICOQUIMICOS	UNIDAD	PRIMER ANALISIS	SEGUNDO ANALISIS
<i>SOLIDOS DISUELTOS TOTALES</i>	mg/l	355	364
<i>SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</i>	mg/l	114	-
<i>POTENCIAL DE HIDROGENO</i>	pH	7.08	6.75
<i>CONDUCTIVIDAD ELECTRICA</i>	µS/cm	721	727
<i>TEMPERATURA</i>	°C	18.99	18.97
<i>OXIGENO DISUELTO</i>	mg/l	6.45	-
<i>DEMANDA QUIMICA DEL OXIGENO</i>	mg/l	172	-
<i>TURBIDEZ</i>	NTU	172	160

*Los resultados mostrados, fueron obtenidos en el Laboratorio de Investigación de aguas – UNCP



PROYECTO/TESIS: <i>Aplicación del Mucilago de Nopal en la Remoción de Turbidez en Aguas Contaminadas del Río Chilca por Efluentes domésticos en la Provincia de Huancayo 2020</i>	
SOLICITA: <i>Keimy Gianina Carhuas Rojas</i>	
FUENTE: <i>Aguas Residuales Domésticas</i>	
LOCALIDAD: <i>Chilca</i>	
DIST./PROV./DEP: <i>Chilca/Huancayo/Junín</i>	
PUNTO DE MUESTREO/ DIRECCIÓN: <i>Muestra C (Jr.Ancash con párela al río Chilca)</i>	
LATITUD: <i>12° 4'34.21"S</i>	
LONGITUD: <i>75°12'15.44"O</i>	
ALTURA (msnm): <i>3249</i>	
MUESTREADO POR: <i>Keimy Gianina Carhuas Rojas</i>	
FECHA DE MUESTREO: <i>26/07/2021</i>	FECHA DE ANALISIS: <i>27/07/2021</i>
PARAMETRO REQUERIDO: <i>Turbidez, TDS, TSS, pH, OD,CE, DQO, T°</i>	
PRESERVADA: <i>SI</i>	TIPO DE REACTIVO: <i>NINGUNO</i>

RESULTADOS SIN TRATAMIENTO

PARAMETROS FISICOQUIMICOS	UNIDAD	PRIMER ANALISIS	SEGUNDO ANALISIS
<i>SOLIDOS DISUELTOS TOTALES</i>	mg/l	581	581
<i>SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</i>	mg/l	412	-
<i>POTENCIAL DE HIDROGENO</i>	pH	7.63	7.61
<i>CONDUCTIVIDAD ELECTRICA</i>	µS/cm	1161	1161
<i>TEMPERATURA</i>	°C	12.24	12.26
<i>OXIGENO DISUELTO</i>	mg/l	1.05	-
<i>DEMANDA QUIMICA DEL OXIGENO</i>	mg/l	524	-
<i>TURBIDEZ</i>	NTU	205	180

RESULTADOS CON TRATAMIENTO

PARAMETROS FISICOQUIMICOS	UNIDAD	PRIMER ANALISIS	SEGUNDO ANALISIS
<i>SOLIDOS DISUELTOS TOTALES</i>	mg/l	318	328
<i>SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</i>	mg/l	94	-
<i>POTENCIAL DE HIDROGENO</i>	pH	6.97	6.91
<i>CONDUCTIVIDAD ELECTRICA</i>	µS/cm	635	656
<i>TEMPERATURA</i>	°C	18.24	18.2
<i>OXIGENO DISUELTO</i>	mg/l	6.09	-
<i>DEMANDA QUIMICA DEL OXIGENO</i>	mg/l	178	-
<i>TURBIDEZ</i>	NTU	186	170

*Los resultados mostrados, fueron obtenidos en el Laboratorio de Investigación de aguas – UNCP

