

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación de la *opuntia ficus-indica* y aloe vera
como coagulantes para la disminución de
coliformes termotolerantes del río Chanchamayo**

Lisbeth Cacsire Goitia

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Anieval Cirilo Peña Rojas
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 10 de Junio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

“EVALUACIÓN DE LA *Opuntia ficus-indica* Y *Aloe vera* COMO COAGULANTES PARA LA DISMINUCIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL RÍO CHANCHAMAYO”

Autores:

1. LISBETH CACSIRE GOITIA – EAP. Ingeniería 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 sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir “SI”): 15
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

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

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTOS

A los ingenieros que han sido partícipes en la elaboración de esta investigación mediante la transmisión de información, conocimientos y experiencias, en especial, al ingeniero Anieval Peña Rojas, por aceptar ser el asesor y su respaldo por medio de sus conocimientos y consejos para mejorar la elaboración y contenido.

A la Universidad Continental, por permitirme hacer uso de los laboratorios y equipos para la prueba preliminar, que permitieron llevar a cabo la presente investigación.

DEDICATORIA

A Dios, mis padres, Yeny y Rolando, y demás familiares por el apoyo económico y emocional. Gracias por demostrarme su respaldo incondicional que fue pieza clave para culminar mi carrera universitaria, desarrollar mi investigación de tesis y lograr mi grado de ingeniera ambiental.

ÍNDICE

Agradecimientos	ii
Dedicatoria	iii
Índice	iv
Índice de Tablas	viii
Índice de Figuras	x
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	xiv
Capítulo I	16
Planteamiento del Estudio	16
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema	16
1.1.1. Planteamiento del Problema	16
1.1.2. Formulación del Problema	19
1.1.2.1. Problema General	19
1.1.2.2. Problemas Específicos	20
1.2. Objetivos	20
1.2.1. Objetivo General	20
1.2.2. Objetivos Específicos	20
1.3. Justificación e Importancia	21
1.3.1. Económica	21
1.3.2. Ambiental	22
1.3.3. Social	23
1.3.4. Teórico	23
1.4. Hipótesis y Descripción de Variables	24
1.4.1. Hipótesis General	24
1.4.2. Hipótesis Específicas	24
1.4.3. Operacionalización de variables	24
Capítulo II	26
Marco Teórico	26
2.1. Antecedentes del Problema	26

2.1.1. Antecedentes Internacionales	26
2.1.2. Antecedentes Nacionales	28
2.2. Bases Teóricas.....	34
2.2.1. Principios Teóricos de la Investigación	34
2.2.1.1. Agua	34
2.2.1.2. Aguas Residuales.....	35
2.2.1.3. Coloides	41
2.2.1.4. Polímeros	42
2.2.1.5. Coagulación.....	43
2.2.1.6. Floculación	60
2.2.1.7. Sedimentación.....	62
2.2.1.8. Proceso de Remoción de Materia Orgánica	62
2.2.1.9. Proceso de Remoción de Parámetros Microbiológicos	63
2.2.2. Base Legal.....	63
2.2.2.1. Constitución Política del Perú	63
2.2.2.2. Ley General del Ambiente, Ley N.º 28611	63
2.2.2.3. Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA	64
2.2.2.4. Límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, D. S. N.º 003-2010-Minam	64
2.2.3. Principio Metodológico o Estado de Arte.....	64
2.2.3.1. Opuntia ficus-indica.....	64
2.2.3.2. Aloe vera	67
2.2.4. Generación de Aguas Residuales en el Distrito de Chanchamayo	68
2.2.5. Modelo Teórico de Investigación	69
2.3. Definición de Términos Básicos.....	69
Capítulo III	73
Metodología.....	73
3.1. Método y Alcance de la Investigación.....	73
3.1.1. Método de Investigación.....	73
3.1.2. Obtención del coagulante Opuntia ficus-indica.....	75
3.1.3. Obtención del coagulante Aloe vera.....	76
3.1.4. Tipo de Investigación	76
3.1.5. Alcance o Nivel de Investigación.....	77
3.2. Diseño de la Investigación.....	77
3.2.1. Diseño Experimental	77
3.2.1.1. Cuasiexperimental	78

Conclusiones.....	126
Recomendaciones	127
Lista de referencias	128
Anexos	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	25
Tabla 2. Taxonomía de la Opuntia ficus-indica.....	53
Tabla 3. Usos de la Opuntia ficus-indica	54
Tabla 4. Taxonomía del Aloe vera.....	57
Tabla 5. Usos del Aloe vera	59
Tabla 6. Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR	64
Tabla 7. Valores de agitación	66
Tabla 8. Norma de referencia por tipo de ensayo	66
Tabla 9. Valores de agitación	68
Tabla 10. Determinación del tamaño de la muestra (L)	84
Tabla 11. Punto de muestreo para la evaluación preliminar.....	91
Tabla 12. Descripción del procedimiento de toma de muestra del agua residual municipal para la evaluación preliminar	91
Tabla 13. Concentraciones de los coagulantes naturales y medición inicial de sólidos disueltos totales	92
Tabla 14. Condiciones de tratamiento del agua en el equipo de prueba de jarras	94
Tabla 15. Procedimiento del muestro por cada parámetro	96
Tabla 16. Cronograma de muestreo de agua del río Chanchamayo.....	97
Tabla 17. Materiales y equipos utilizados para la obtención de los coagulantes y recolección de datos	97
Tabla 18. Métodos de análisis de cada parámetro	98
Tabla 19. Resultados de la evaluación preliminar para la determinación de la concentración óptima de los coagulantes naturales	100
Tabla 20. Resultados de laboratorio del análisis inicial del agua residual municipal	103
Tabla 21. Resultados de reducción de la demanda bioquímica de oxígeno	103
Tabla 22. Resultado de reducción de la demanda química de oxígeno.....	105
Tabla 23. Resultados de reducción de coliformes termotolerantes	106
Tabla 24. Resultados de reducción de coliformes termotolerantes a un pH de 6	107
Tabla 25. Resultados de reducción de coliformes termotolerantes a un pH de 8.5	109
Tabla 26. Resultados de reducción de la turbidez.....	110
Tabla 27. Prueba de normalidad. Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua residual municipal	112
Tabla 28. Prueba t-Student de una población.	112

Tabla 29. Nivel inicial de coliformes termotolerantes a 200 metros aguas abajo del punto de descarga.....	113
Tabla 30. Prueba de normalidad de la concentración inicial de coliformes termotolerantes a 200 m aguas abajo del punto de descarga	114
Tabla 31. Prueba no paramétrica	114
Tabla 32. Prueba de normalidad. Concentración de la DBO ₅ en el agua residual municipal	115
Tabla 33. Prueba t-Student de una población	116
Tabla 34. Prueba de normalidad. Concentración de la DQO en el agua residual municipal.	117
Tabla 35. Prueba t-Student de una población	117
Tabla 36. Prueba de normalidad. Concentración de coliformes termotolerantes a pH 6	118
Tabla 37. Prueba t-Student de medias poblacionales dependientes	119
Tabla 38. Prueba de normalidad. Concentración de coliformes termotolerantes a pH 8.5 ...	119
Tabla 39. Prueba t-Student de medias poblacionales dependientes	120
Tabla 40. Prueba de normalidad. Turbidez en el agua residual municipal.....	121
Tabla 41. Prueba t-Student de una población	122
Tabla 42. Matriz de consistencia	136
Tabla 43. Cuadro de límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modos de acción de los polímeros	43
Figura 2. Proceso de coagulación	44
Figura 3. Adsorción y formación de puente	46
Figura 4. Modificadores del pH en el tratamiento de agua	47
Figura 5. Remoción de la turbiedad	49
Figura 6. Coagulación por adsorción	50
Figura 7. Coagulación por barrido	51
Figura 8. Morfología de la Opuntia ficus-indica	54
Figura 9. Morfología del Aloe vera	58
Figura 10. Estructura de la hoja del Aloe vera	59
Figura 11. Proceso de floculación.....	60
Figura 12. Resultado de datos iniciales del agua del río Cunas.....	66
Figura 13. Volumen de aguas residuales generados en el distrito de Chanchamayo (m ³ /día). 69	
Figura 14. Evaluación preliminar y evaluación de eficiencia de los coagulantes naturales	69
Figura 15. Procesos para la obtención del coagulante Opuntia ficus-indica	75
Figura 16. Proceso de obtención del coagulante Opuntia ficus-indica en polvo	75
Figura 17. Procesos para la obtención del coagulante Aloe vera.....	76
Figura 18. Proceso de obtención del coagulante Aloe vera en polvo.....	76
Figura 19. Comparativo entre los grupos experimentales 1 y 2	80
Figura 20. Mapa de ubicación y localización del río Chanchamayo	82
Figura 21. Mapa de localización del punto de descarga y punto de toma de muestras de agua residual municipal	83
Figura 22. Extracción de las pencas de tuna y hojas de sábila	85
Figura 23. Protección de los cladiolos y hojas de sábila envolviendo en.....	85
Figura 24. Lavado y secado de los cladiolos de tuna y hojas de sábila.....	85
Figura 25. Balanza electrónica para el pesado de las pencas y hojas de sábila	86
Figura 26. Pelado de las hojas de sábila y pencas de tuna.....	86
Figura 27. Trozado de las pulpas de sábila y tuna	87
Figura 28. Secado de las pulpas de tuna y sábila en estufas.....	87
Figura 29. Pulpa de tuna seca	88
Figura 30. Pulpa de sábila seca.....	88
Figura 31. Triturado y tamizado de las pulpas secas de tuna y sábila.....	88
Figura 32. Extracción de pigmentos del coagulante Opuntia ficus-indica en el equipo Soxhlet	89
Figura 33. Extracción de pigmentos de coagulante Aloe vera en el equipo Soxhlet	89

Figura 34. Almacenamiento y etiquetado del coagulante natural <i>Opuntia ficus-indica</i>	90
Figura 35. Almacenamiento y etiquetado del coagulante natural <i>Aloe vera</i>	90
Figura 36. Equipo de prueba de jarras	93
Figura 37. Determinación de la concentración óptima de los coagulantes naturales en combinación <i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i>	102
Figura 38. Diagrama de barras de la concentración de la DBO5 en función de la aplicación de coagulantes naturales por repetición.....	104
Figura 39. Diagrama de barras de la concentración de la DQO en función de la aplicación de coagulantes por repetición	105
Figura 40. Diagrama de barras de la concentración de coliformes termotolerantes en función de la aplicación de coagulantes naturales por repetición	107
Figura 41. Diagrama de barras de la concentración de coliformes termotolerantes respecto a la aplicación de coagulantes naturales por repetición y a un pH de 6	108
Figura 42. Diagrama de barras de la concentración de coliformes termotolerantes respecto a la aplicación de coagulantes naturales por repetición y a un pH de 8.5	110
Figura 43. Diagrama de barras de la concentración de turbidez referente a la aplicación de coagulantes naturales por repetición.....	111

RESUMEN

Con el objeto de determinar la influencia de la aplicación combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en la disminución de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022; la investigación tomó como referencia a otros estudios donde hicieron uso de coagulantes naturales extraídos de la *Opuntia ficus-indica* y el *Aloe vera* para remover concentraciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de aguas residuales y con base en ello se estableció la metodología para su obtención en forma de polvo. La prueba de eficiencia se efectuó a nivel de laboratorio, considerando las etapas de evaluación preliminar y eficiencia. El muestreo de agua fue de tipo simple, donde las muestras fueron representativas de las características y composición para el tiempo, ubicación y circunstancia de su recolección. Los resultados evidenciaron la capacidad coagulante de la *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación; con la concentración de 0.1 g/L (0.5 g/L *Opuntia ficus-indica* más 0.5 g/L *Aloe vera*) se logró disminuir coliformes termotolerantes en un 56.57 %, un 12.64 % respecto a la demanda bioquímica de oxígeno y 14.24 % de la demanda química de oxígeno. Al modificar el pH del agua residual municipal a 6 se disminuyó los coliformes termotolerantes en un 97.95 % y a un pH de 8.5 se logró disminuir un 50.90 %, respecto a la turbiedad se removió un 69.51 %; evidenciando de esta forma la capacidad de la *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* como coagulantes y representando una alternativa a los coagulantes sintéticos.

Palabras claves: agua residual, *Aloe vera*, coagulante, coliformes termotolerantes, *Opuntia ficus-indica*

ABSTRACT

In order to determine the influence of the combined application of the natural coagulants *Opuntia ficus-indica* and *Aloe vera* on the reduction of thermotolerant coliforms in municipal wastewater discharged into the Chanchamayo river, La Merced city, 2022; the research took as a reference other studies where they made use of natural coagulants extracted from *Opuntia ficus-indica* and *Aloe vera* to remove concentrations of physicochemical and microbiological parameters from wastewater and based on this, the methodology for obtaining them in powder form was established. The efficiency test was conducted at laboratory level, considering the stages of preliminary evaluation and efficiency. Water sampling was of a simple type, where samples were representative of the characteristics and composition for the time, location, and circumstance of collection. The results showed the coagulating capacity of *Opuntia ficus-indica* and *Aloe vera* in combination; with the concentration of 0.1 g/L (0.5 g/L *Opuntia ficus-indica* plus 0.5 g/L *Aloe vera*) a reduction of 56.57% in Thermotolerant Coliforms, 12.64% in Biochemical Oxygen Demand and 14.24% in Chemical Oxygen Demand was achieved. By modifying the pH of the municipal wastewater to six, Thermotolerant Coliforms were reduced by 97.95% and at a pH of 8.5, a reduction of 80.90% was achieved, about turbidity, 69.51% was removed, thus demonstrating the capacity of *Opuntia ficus-indica* and *Aloe vera* as coagulants and representing an alternative to synthetic coagulants.

Keywords: *Aloe vera*, coagulant, *Opuntia ficus-indica*, thermotolerant coliforms, wastewater

INTRODUCCIÓN

La generación de aguas residuales municipales son producto de las actividades antropogénicas que se realizan a diario, como resultado de la satisfacción de las necesidades. El crecimiento demográfico y el establecimiento de población en ciudades hizo que se incremente la demanda total de agua y, consecuentemente, el incremento del volumen de agua residual, del cual el mayor porcentaje, aproximadamente el 80 % del volumen, son descargadas directamente a los cuerpos de agua, alterando su capacidad natural de asimilación y depuración, provocando la pérdida de su calidad superficial y alteración de su riqueza hidrobiológica.

La razón por la que estos grandes volúmenes de aguas residuales son vertidos sin previo tratamiento a los cuerpos naturales de agua es debido a la ausencia de infraestructuras de tratamiento, ello está ligado a que no existe compromiso institucional que exija el cumplimiento de normativas con rigurosidad, financiamiento económico y capacidad técnica que impulsen proyectos que tengan el propósito de utilizar agua contaminada como alternativa a la escasez de agua. El río Chanchamayo es muestra de esta contaminación, debido a que la ciudad de La Merced no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales y, según la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS) Selva Central, diariamente se descargan de manera directa 7575.33 m³ de agua residual municipal, por lo que la riqueza hidrobiológica endémica de este cuerpo natural de agua se ve afectado. Asimismo, cerca de los puntos de descarga de agua residual existe población asentada, provocando malestar por la producción de olores desagradables y reproducción de vectores. Por otro lado, la presencia de altos niveles de parámetros microbiológicos resulta un riesgo para la salud de las personas que hacen uso del agua del río Chanchamayo con propósitos recreativos, pudiendo provocar enfermedades tropicales como el dengue e infecciones.

Por lo tanto, para hacer frente a esta problemática, el agua residual municipal debe de recibir un tratamiento previo a su descarga con el objetivo de remover las concentraciones de los parámetros presentes. Procesos de tratamiento que son costosos debido a la diversidad de contaminantes que están presentes en el agua residual municipal dado a su heterogeneidad producto de la mezcla de diferentes fuentes como el agua residual doméstica, industrial y pluvial. Por consiguiente, en esta investigación se optó por utilizar una tecnología no convencional, en el proceso de coagulación y floculación del tratamiento de aguas residuales municipales, como opción a los coagulantes químicos o sintéticos, para remover la concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Por ello se plantea el uso combinado de la *Opuntia ficus-indica* y el *Aloe vera* como coagulantes naturales con el objetivo de disminuir la presencia de coliformes termotolerantes, remover la demanda bioquímica de

oxígeno, demanda química de oxígeno y turbiedad del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, logrando una reducción significativa que permita conservar la calidad superficial del cuerpo natural de agua, mantener la riqueza hidrobiológica y optimizar la calidad de vida de la población.

La presente investigación se desarrolla en 4 capítulos; el capítulo I manifiesta el planteamiento y la formulación del problema, los objetivos, la justificación económica, ambiental, social y teórica, hipótesis y descripción de variables.

En el capítulo II se muestran los antecedentes nacionales e internacionales, las bases teóricas que muestran los principios teóricos y metodológicos de la presente investigación.

El capítulo III presenta el método y tipo de investigación, el alcance o nivel de investigación, el diseño de investigación, área de estudio, población y muestra de estudio y, finalmente, la técnica e instrumentos de recolección de datos.

El capítulo IV muestra los resultados obtenidos y discusión de resultados. Finalmente, se muestra las conclusiones de la investigación y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y Formulación del Problema

1.1.1. Planteamiento del Problema

La ejecución de diversas acciones antropogénicas que hacen uso del recurso hídrico genera grandes volúmenes de aguas residuales, según el tipo de uso que se le da. El crecimiento demográfico y urbano, a nivel global, hizo que se incremente considerablemente la demanda total de agua, con ello el incremento del volumen de aguas residuales y contaminantes que en muchos casos superan los límites naturales de concentración, que al ser descargadas directamente a un cuerpo natural de agua amenaza su calidad alterando la capacidad de resiliencia del ecosistema hídrico y su riqueza endémica. A nivel global, se aproxima que más del 80 % de las aguas residuales urbanas son dispuestas directamente a los cuerpos naturales de agua (ríos, quebradas, lagunas y océanos) provocando efectos negativos al sistema acuático y la salud humana. Este gran porcentaje de vertimiento directo de aguas servidas se desarrolla principalmente en los países pobres, países en desarrollo (se trata solo el 8 % de las aguas residuales municipales generadas), debido a que no cuentan con infraestructuras de tratamiento, financiamiento económico, capacidad técnica y compromiso institucional que determine el cumplimiento de las normativas con miras a la protección de la calidad del bien común o utilización de estos grandes volúmenes de aguas contaminadas para ser utilizados como alternativa a la escasez de agua (1).

Las aguas residuales están «contaminadas por bacterias, nitratos, fosfatos y disolventes [...] con las consiguientes repercusiones negativas para el medio ambiente

y la salud pública» (2). La ausencia de tratamiento de estos flujos de agua contaminados con excretas humanas y animales ponen en peligro la salud de las personas porque provoca la «propagación de enfermedades tropicales como el cólera y el dengue» (2). Asimismo, la eutrofización del agua debido a las descargas que contienen nutrientes provoca la pérdida progresiva de la diversidad biológica endémica del cuerpo hídrico. Problemática que se acrecienta debido a que en el mundo, aproximadamente, 50 países hacen uso del agua residual como bebida de animales y para riego de cultivos (2). Por consiguiente, se estima que, aproximadamente, el 10 % de las tierras cultivadas en el mundo son regadas con aguas residuales, cuyos alimentos contaminados con agentes patógenos son consumidos por su población (3).

En Latinoamérica, una de la principales causas del detrimento de la calidad del agua se debe a la descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento previo o con tratamientos inadecuados, el cual supera el 60 %, por lo que, aproximadamente, la cuarta parte de los tramos fluviales presentan alta carga de patógenos (4). Una de las razones causantes de este problema se da a raíz de que alrededor del 80 % de la población viven en ciudades, lugares donde existe estrés hídrico por la escasez de agua, sumado al cambio climático. Situación que resulta preocupante debido a la lentitud en el planteamiento de soluciones para recuperar las fuentes de agua contaminadas, inversiones en infraestructuras de tratamiento y el ordenamiento territorial (5).

Según el «Diagnóstico de las plantas de tratamiento de las aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicio de saneamiento» realizado por la «Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass)», en el Perú, 16 millones de personas reciben el servicio de alcantarillado y con relación a esa cantidad aproximadamente 2.59 millones de m³ de agua residual son descargadas diariamente a este sistema, que luego requerirán de un tratamiento previo a su vertido. Sin embargo, de 253 localidades a nivel nacional, que se encuentran bajo el ámbito de operación de las EPS, 89 localidades no realizan el tratamiento de aguas residuales, por tanto, en promedio 238 000 m³/día de agua residual son descargados directamente a las fuentes hídricas. La ausencia de financiamiento, capacidad técnica y compromiso institucional dan como resultado deficiencias en el diseño, operación, mantenimiento y construcción de PTAR con tecnologías inadecuadas (6).

En la región Junín, los monitoreos de calidad del agua superficial señalan que las cuencas de la región se encuentran alteradas por la presencia en alto nivel de coliformes termotolerantes y *E. coli*, como causa principal se indica a los vertimientos

de agua residual doméstica y municipal sin tratamiento (7), dado así que en el año 2019 se descargaron aproximadamente 29 423 042 m³ de agua residual doméstica sin tratamiento (8).

El río Chanchamayo, zona donde se desarrolla la investigación, se forma por la confluencia de los ríos Tulumayo y Palca, cuyas calidades de agua superficial se encuentran afectadas por la presencia de actividades mineras con extracción de plomo, zinc y descargas de aguas servidas (9). Así como Bullón demuestra en su investigación, que el río Chanchamayo cuenta con un nivel alto de coliformes termotolerantes, con 33 000 NMP/100 mL, cuyo nivel supera considerablemente a los 1000 NMP/100 mL establecido en el «Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua», «subcategoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales» (10).

Asimismo, Juan Gonzales Rivas, Gerente Operacional de la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS) Selva Central del año 2022, da a conocer que la unidad operativa La Merced brinda el servicio de agua y desagüe a 6705 viviendas. Al sistema de alcantarillado llegan aproximadamente 7575.33 m³/día de agua residual municipal, de este volumen total el 80 % representa el volumen de agua residual doméstica el cual se aproxima a los 6060.24 m³/día. La ciudad de La Merced al no contar con una «Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)», los 7575.33 m³/día de agua residual municipal son descargados directamente al río Chanchamayo.

Además, a lo largo de la ribera del río Chanchamayo existen actividades de extracción de materiales de acarreo, descargas de residuos sólidos y de construcción, presencia de aves migratorias, por lo que toda la riqueza hidrobiológica del río Chanchamayo conformado de placton (fitoplacton y zooplacton, bentos (macroinvertebrados acuáticos) y peces (mojarras y bagres) (9), que son parte de la cadena trófica de la vida endémica en este ecosistema (11) y cuya presencia son indicadores de la calidad del agua, se ven alterados por la presencia de parámetros microbiológicos, inorgánicos y físico-químicos que al encontrarse en concentraciones superiores a su capacidad natural de asimilación y depuración, el cuerpo natural de agua pierde su calidad superficial. De la misma manera, existen cultivos de cítricos, presencia de ganado vacuno, en el cual el agua contaminada es utilizada para suministrar riego por aspersión de las hectáreas de cultivo, el consumo por el ganado y usado por las personas locales y foráneas para el desarrollo de actividades recreativas.

En consecuencia el tratamiento de las aguas residuales resulta un proceso de gran significancia que gestiona y recicla las aguas residuales, protege y promueve la resiliencia de los ecosistemas y que consecuentemente logra satisfacer las necesidades de los seres vivos (2). El proceso de coagulación y floculación permite desestabilizar las partículas coloidales que se hallan en suspensión por medio de la administración de coagulantes y una energía de mezcla, las cuales se encargan de neutralizar sus cargas que las mantiene alejadas. Este proceso favorece la formación de flóculos y su próxima sedimentación, eliminando no solo la turbidez y materia orgánica, sino también los parámetros microbiológicos, como los coliformes termotolerantes, que se encuentran unidos a las partículas coloidales presentes en el efluente (12). Los coagulantes más utilizados son sales metálicas y puesto que estos son arrastrados en la sedimentación, el tratamiento de los fangos resultan ser complejos (13), además presentan altos precios de compra, modifican el pH del agua sometida a tratamiento y provocan enfermedades degenerativas (14).

Por ello, es necesaria la búsqueda de alternativas a los coagulantes químicos para la eliminación o disminución de parámetros microbiológicos y físico-químicos presentes en aguas residuales municipales. Es así que los coagulantes naturales son alternativas ambiental y económicamente factibles, por lo tanto, el interés de esta investigación se basa en obtener coagulantes naturales a partir de la *Opuntia ficus-indica* y el *Aloe vera*, utilizados en combinación para la remoción de coliformes termotolerantes, turbidez y materia orgánica del agua residual municipal que son descargados al río Chanchamayo, de este modo se protege la salud de la población, se recupera y conserva la calidad del agua, la riqueza hidrobiológica, se remueve la concentración de coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y la turbiedad, asimismo, se aporta a futuras investigaciones.

1.1.2. Formulación del Problema

1.1.2.1. Problema General

¿Cómo la aplicación combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* influyen en la disminución de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022?

1.1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es el nivel inicial de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo referente al límite máximo permisible para efluentes de PTAR, ciudad La Merced, 2022?
- b) ¿Cómo la aplicación combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* influyen en la reducción significativa de la DBO y la DQO del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022?
- c) ¿Cómo la modificación del pH influye en la reducción de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022?
- d) ¿Cómo la aplicación combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* influyen en la remoción de turbidez del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar la influencia de la aplicación combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en la disminución de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar el nivel inicial de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo referente al límite máximo permisible para efluentes de PTAR, ciudad La Merced, 2022.
- b) Determinar cómo la aplicación de concentración combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* influyen en la reducción significativa de la DBO y la DQO del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

- c) Determinar como la modificación del pH influye en la reducción de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.
- d) Determinar como la aplicación combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* influyen en la remoción de turbidez del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

1.3. Justificación e Importancia

1.3.1. Económica

El crecimiento poblacional y urbano hace que se incremente considerablemente el volumen de aguas residuales generadas. Con ello las construcciones de sistemas de tratamiento de estos flujos se han convertido en inversiones cada vez más costosas debido a la heterogeneidad del agua residual municipal y el nivel de tratamiento a los que tienen que ser sometidos en función a su tipo de uso, lo que resulta económicamente inasequible para muchas instituciones públicas y privadas (15).

Comúnmente, para efectuar procesos de tratamiento de volúmenes de agua residual doméstica y municipal se vienen utilizando compuestos químicos, cuyos costos de adquisición son elevados, por lo que principalmente los países en desarrollo optan por utilizar tecnologías verdes, no convencionales, basados en antecedentes que demuestran la capacidad de estos coagulantes naturales (penca, semilla, cáscara, almidón, etc.) para reducir parámetros como coliformes, turbiedad, materia orgánica y metales (16).

Esta investigación busca una alternativa a los coagulantes químicos en el proceso de coagulación y floculación del tratamiento de aguas residuales municipales, mediante el uso de coagulantes naturales obtenidos de la *Opuntia ficus-indica* (penca de tuna) y el *Aloe vera* (sábila), mediante la aplicación combinada de ambos coagulantes con el propósito de reducir los parámetros coliformes termotolerantes, turbidez y la materia orgánica mediante la reducción de la DBO₅ y DQO presentes en el agua residual municipal descargada al río Chanchamayo. Por otro lado, los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y el *Aloe vera* al tener la capacidad de adaptarse a diferentes tipos de suelos y climas, podemos encontrarlos en todo el Perú, asimismo, la eficiencia en la remoción de contaminantes presenta similares o mejores resultados que los tratamientos con coagulantes químicos (dependiendo del tipo y caracterización del

agua residual a tratar). Por consiguiente, el costo de inversión en estos coagulantes naturales resulta económicamente viable.

1.3.2. Ambiental

Las autoridades del distrito de La Merced han enfocado sus esfuerzos para brindar agua potable de calidad para el consumo de la población, sin embargo, han descuidado totalmente el tratamiento de aguas residuales municipales que se generan después de haberlas utilizado, descargando aproximadamente 7575.33 m³/día de aguas residuales municipales directamente al río Chanchamayo. Estas aguas residuales tienen que recibir tratamiento previo a su descarga, para reducir las concentraciones de los parámetros físico-químicos, orgánico-inorgánicos y microbiológicos; de esta manera, se evita que las descargas provoquen malestares y afectación a la salud de la población, igualmente, se evita el desequilibrio ecológico el cual puede traducirse en la pérdida de la capacidad de adsorción de contaminantes, alteración de «sus condiciones naturales de apariencia física y su capacidad de sustentar la vida acuática» (15).

El volumen de agua residual municipal generada por la población del distrito y descargada al río Chanchamayo sin tratamiento alguno, contiene altas concentraciones de agentes patógenos y a lo largo del tramo del río se usa para riego por aspersión de cultivos de cítricos, plátano, paltos, entre otros. Por otro lado, según la «Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA – Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales» (17), el río Chanchamayo se ubica en la «categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua» (18), por lo que, las concentraciones de las sustancias presentes en el cuerpo de agua no deberían sobrepasar los valores regulados en el ECA de dicha categoría. Asimismo, el volumen de agua residual municipal descargado al río Chanchamayo debería de cumplir las concentraciones de los parámetros establecidas en los «límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales» (19) antes de su descarga al cuerpo natural de agua.

Por tanto, para abordar esta problemática la administración de los coagulantes naturales (*Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera*) en polvo y en combinación, en el proceso de coagulación y floculación provocan la disminución de los parámetros coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO y turbidez a valores permitidos, evitando de esa manera la alteración de la calidad superficial del agua.

1.3.3. Social

Los efluentes residuales municipales presentan altas concentraciones de agentes patógenos resultantes de las excretas humanas, que al entrar en contacto con los alimentos (riego de cultivos y peces) representan un peligro para la salud de las personas, debido a la cadena alimenticia que existe en ella. La riqueza hidrobiológica del río Chanchamayo se muestra mediante la presencia de peces, que conviven con estos agentes patógenos a consecuencia de la descarga del agua residual y que son consumidos por la población local. Además, cerca de las tuberías de descarga de aguas residuales municipales existe población asentada por lo que se generan malestares a causa de los malos olores y propagación de vectores. Asimismo, la población local y foránea hacen uso de las aguas del río Chanchamayo para fines recreativos, por lo que la presencia en alto nivel de parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes) a causa de la descarga del agua residual resulta riesgoso para la salud humana que entran en contacto con esta, pudiendo «[...] provocar enfermedades como la gastroenteritis por la ingestión de agua contaminada, infecciones respiratorias, en los oídos, la piel y otras» (20). Del mismo modo, se pueden propagar enfermedades tropicales (dengue, el cólera), por virus (poliomielitis, hepatitis A) y microorganismos (amebiana, bilharziasis) (15).

Problemas sociales de salud y bienestar que se hace frente mediante la administración de coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* para la reducción significativa de los niveles de parámetros microbiológicos y físico-químicos como coliformes termotolerantes, DBO, DQO y turbidez del agua residual municipal generada por la población de la ciudad de La Merced.

1.3.4. Teórico

Cumplir los «límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR» (19) domésticas o municipales es de primordial importancia para evitar daños a la salud, al bienestar humano y el medio ambiente, como es la conservación de la calidad del agua del río Chanchamayo, que actualmente actúa como cuerpo receptor directo de aguas residuales municipales y puesto que este flujo de agua es utilizado para el riego de cultivos, para fines recreativos y es hábitat de peces que son consumidos por la población local.

El uso de coagulantes naturales (vegetal o animal) como alternativa a los coagulantes sintéticos «es considerada como tecnología no convencional amigable con el medio ambiente siendo esto de igual o incluso mejor eficiencia que los tratamientos

convencionales» (16), variando su eficiencia de acuerdo al tipo de agua sometido a tratamiento. En el proceso de coagulación y floculación, estos agentes naturales van a neutralizar las cargas de las partículas coloidales que se encuentran suspendidas, estimulando su acumulación y su próxima sedimentación, permitiendo la remoción de turbidez, parámetros microbiológicos patógenos que son generadores de enfermedades e incluso pueden remover metales.

En esta investigación se aplica antecedentes científicos del proceso de coagulación y floculación, a nivel de laboratorio, aplicando especies naturales (*Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera*) cuyas capacidades de coagulación y floculación se debe a la presencia de polisacáridos contenido en el mucílago de estas (21).

1.4. Hipótesis y Descripción de Variables

1.4.1. Hipótesis General

La aplicación combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* disminuye la presencia de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- a) El nivel inicial de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo supera el límite máximo permisible para efluentes de PTAR, ciudad La Merced, 2022.
- b) La aplicación de concentración combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* reduce significativamente la DBO y la DQO del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.
- c) La modificación del pH reduce los coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.
- d) La aplicación de concentración combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* reduce la turbidez del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

1.4.3. Operacionalización de variables

Siguiente página

Tabla 1. Operacionalización de variables

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Unidad de medida
Variable independiente	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Coagulantes naturales que provocan la desestabilización de partículas en suspensión y microorganismos unidos a ellas, mediante la formación de flóculos, que permite la remoción de turbidez, materia orgánica y coliformes (21).	Dosis de los coagulantes	Concentración de coagulantes	mg/L
	<i>Aloe vera</i>		pH	Grado de acidez o alcalinidad	Unidad de pH
Variable dependiente	Coliformes termotolerantes	Coliformes termotolerantes, microorganismos de origen fecal, son indicadores de la calidad del agua. La presencia de coliformes termotolerantes en un cuerpo natural de agua se da como resultado de descargas de agua residual doméstica y municipal con deficiente o nulo tratamiento (22).	Cantidad inicial de coliformes termotolerantes	Nivel de presencia de cepas de bacterias en el agua	NMP/100 ml
			Cantidad final de coliformes termotolerantes		
			Turbidez	Medida del nivel de presencia de partículas en suspensión que dispersan o adsorben la luz	UNT
			Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	Oxígeno usado por los microorganismos para la degradación bioquímica de la materia orgánica en un plazo de incubación de 5 días	mg/L
			Demanda química de oxígeno (DQO)	Cantidad suficiente de oxígeno para lograr la oxidación de la materia orgánica vía reacciones químicas (13)	mg/L

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Derbe y Yilma (23) en su artículo científico «Spectroscopic investigation of metal level in *Aloe vera* plant, and the soil where the *Aloe vera* grows: Arba Minch, southern Ethiopia», plantean como objeto establecer la cantidad de metales pesados presentes en el *Aloe vera* y en el suelo donde crece la planta de *Aloe vera*, mediante la técnica de espectrometría de adsorción atómica FAAS. Las plantas de *Aloe vera* y las muestras de suelo fueron extraídas de tres lugares Konso, Arba Minch y Wolaita, ubicados en la región sur de Etiopía. Los resultados dan a conocer que las muestras de *Aloe vera* extraídos de tres sitios diferentes tienen alta concentración de K (35.220-77.080 mg/kg), Ca (25.100-29.840 mg/kg) y Mg (7.820-8.440 mg/kg). Las razones por la que existe alta concentración de K, Ca y Mg en el *Aloe vera* es porque estos elementos son altamente móviles en el tejido de la planta y también porque los suelos están fertilizados con estiércol y residuos orgánicos ricos en K, Ca y Mg. En las muestras de suelo donde crecieron las plantas de *Aloe vera* determinaron que el Ca y el Mg son los metales con mayor concentración, Ca (4.579 mg/kg-46.158 mg/kg) y Mg (7.378 mg/kg-7.822 mg/kg), por lo tanto, el nivel de presencia de metales en las muestras de *Aloe vera* es mayor a la cantidad presente en las muestras de suelo. Esto es un indicador de que la planta de *Aloe vera* es capaz de remover los metales de la matriz del suelo, trasladados de la raíz a los brotes para luego acumularse en las hojas.

Martínez (24) en su investigación «Método alternativo para tratar lixiviados maduros mediante el proceso de coagulación-floculación con mucílago de *Opuntia*

ficus-indica», plantea como objetivo evaluar la capacidad de la *Opuntia ficus-indica*, en forma de polvo, para remover materia orgánica de lixiviados maduros en el proceso de coagulación-floculación, con un diseño de investigación factorial, mediante tres repeticiones por cada tratamiento. Los tratamientos se llevaron a cabo en tres etapas, donde se usó en primer lugar el cloruro férrico (1.4 g/L, 2.2 g/L y 3.0 g/L) como coagulante y como floculante poliacrilamida (0.10 g/L, 0.15 g/L y 0.20 g/L), en la segunda etapa hizo uso como coagulante a la poliamina (0.50 g/L, 0.75 g/L y 10. g/L) y como floculante a la poliacrilamida (0.015 g/L, 0.025 g/L y 0.035 g/L) y finalmente, en la tercera etapa usó el mucílago de *Opuntia ficus-indica* (0.50 g/L, 0.75 g/L y 1.00 g/L) y bentonita sódica (1.0 g/L, 2.0 g/L y 3.0 g/L), dichas concentraciones fueron determinadas con base en los antecedentes y pruebas preliminares en los lixiviados que fueron colectados, por tanto el investigador trabajó con tres niveles de concentración de coagulantes y floculantes y, dos niveles de pH del lixiviado. Para cada etapa los resultados se evaluaron considerando el porcentaje de reducción de la DQO. Tomando en cuenta que la capacidad coagulante de la *Opuntia ficus-indica* se debería a la presencia de carbohidratos, el investigador determinó mediante tres maneras de extracción (escaldado, crudo y cocido) cuál de ellas contiene el mucílago con mayor cantidad de carbohidratos. Los resultados mostraron que mediante la extracción del mucílago por escaldado se obtuvo mayor cantidad de carbohidratos con 32.6 %. Los resultados de la primera etapa muestran que el porcentaje más alto de disminución de la DQO es 68.5 %, se da a una concentración de 3.0 g/L de coagulante cloruro férrico, 0.10 g/L del floculante poliacrilamida a un pH de 6. En la segunda etapa, haciendo uso del coagulante poliamina a una concentración de 0.5 g/L y el floculante poliacrilamida a una concentración de 0.023 g/L y a un pH de 7 se removió el 39.3 % de la DQO, siendo el porcentaje de remoción más bajo entre las tres etapas. Finalmente, en la tercera etapa, donde se hizo uso del coagulante natural *Opuntia ficus-indica* y el floculante bentonita sódica el porcentaje máximo de remoción de la DQO fue del 70.3 % a una concentración de 1.0 g/L y 3.0 g/L, respectivamente a un pH de 6, en este caso se pudo comprobar la reducida influencia del pH en la remoción de la DQO con referencia al uso del coagulante natural y el floculante bentonita, lo que resulta ventajosa la no utilización de reactivos químicos para acondicionar los lixiviados. Con relación a la cantidad de lodos generados por el tratamiento de los lixiviados, el coagulante cloruro férrico, generó mayor cantidad de lodos, de 12.1 g/L a 48.9 g/L, el uso de la poliamina generó 3.9 g/L a 7.1 g/L de lodo y el mucílago de nopal generó la menor cantidad de lodos de 5.5 g/L a 16.3 g/L. Además, la investigación concluye que el uso del mucílago de *Opuntia ficus-indica* en el proceso de coagulación-floculación es económicamente viable.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Gabino (13) en su investigación «*Opuntia ficus-indica* como coagulante para la remoción de sólidos suspendidos totales del efluente de beneficio en la avícola La Chacra» tiene como finalidad determinar la incidencia del coagulante en la disminución de los sólidos suspendidos totales (SST), demanda biológica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y turbidez del agua residual de la avícola La Chacra en la ciudad de Huancayo, siguiendo una metodología de investigación científica, con un tipo de investigación aplicada, de alcance explicativo y un diseño preexperimental de pre- y postest. Las pruebas de laboratorio fueron desarrolladas mediante una prueba preliminar y prueba de eficiencia, la prueba preliminar fue desarrollada a fin de obtener la dosis ideal del coagulante natural, en base a la reducción de la turbidez y obtener resultados representativos en la investigación. A partir de la concentración óptima efectuó la prueba de eficiencia del coagulante natural en la reducción de SST, DBO₅, DQO y turbidez. Los resultados muestran que la concentración óptima de la *Opuntia ficus-indica* es de 50 ml/L, el cual disminuyó los SST en un 64 %, valor que se encuentra dentro del rango establecido en los valores máximos admisibles (VMA), en el caso de los parámetros DBO₅ y DQO se redujo en 29 % y 27.15 %, respectivamente, cuyos valores se sitúan sobre lo establecido en los VMA, pero representan una disminución aceptable, y en la turbidez tuvo una disminución significativa del 91 %.

Camarena (25) en su investigación «Influencia de la concentración del *Aloe vera*, tiempo de coagulación y tiempo de floculación en la disminución de la demanda bioquímica de oxígeno en el tratamiento de agua residual doméstica» tiene por objeto determinar la influencia de la concentración del gel, en polvo, del *Aloe vera*, tiempo de coagulación y floculación en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de la muestra de agua residual doméstica, muestreada del colector de Pio Pata, distrito de El Tambo. Aplica una metodología de investigación experimental y un diseño puro. Sometió a prueba tres concentraciones del coagulante (2000 ppm, 3000 ppm y 4000 ppm), dos tiempos de coagulación (2 min y 4 min) y dos tiempos de floculación (15 min y 20 min) en la reducción de la DBO. El análisis de la muestra de agua residual colectada da como resultado una concentración inicial de 345 ppm de DBO₅. El agua residual doméstica en la prueba de jarras fue sometida a una agitación rápida de 100 rpm, agitación lenta de 50 rpm y un tiempo de sedimentación de 60 minutos. Los resultados de la investigación dan a conocer que la dosis del gel, en polvo, del *Aloe vera*, el tiempo de coagulación y floculación influyen directamente en la reducción de la DBO del agua residual doméstica. El máximo porcentaje de reducción (72.5 %) se

obtuvo mediante la aplicación de una concentración de 2000 ppm, el proceso de coagulación en un tiempo de 2 minutos y floculación de 15 minutos, el cual redujo la DBO de 345 ppm a 95 ppm, demostrando así la capacidad coagulante-floculante del *Aloe vera*.

Inga (21) en su tesis «Disminución de coliformes totales y turbidez mediante coagulantes naturales (*Opuntia ficus indica*) del río Cunas, provincia de Chupaca» propone el objetivo de determinar la capacidad coagulante de la *Opuntia ficus-indica* liofilizada en el descenso de coliformes totales y turbiedad del río Cunas, por medio de la determinación de la concentración óptima y el número de revoluciones en la aplicación de energía en la prueba de jarras, siguiendo un tipo de investigación explicativa y nivel correlacional para determinar la relación entre la aplicación del coagulante y la disminución de coliformes totales y turbidez, siguiendo un diseño no experimental, transversal, por lo que la recolección de datos se da en un solo momento. El investigador comprobó la capacidad coagulante de la *Opuntia ficus-indica* en la reducción de coliformes totales y la turbiedad haciendo uso de nueve concentraciones diferentes, siendo 600 mg/L, 700 mg/L, 800 mg/L, 60 mg/L, 70 mg/L, 80 mg/L, 2.5 mg/L, 5 mg/L y 7.5 mg/L, cuyos resultados muestran que el coagulante natural a una dosis de 5 mg/L logra reducir en un 89 % el parámetro coliforme total, con una dosis de 60 mg/L logra disminuir el 89.69 % de la turbidez del agua, por lo que el autor sugiere hacer uso de la *Opuntia ficus indica* liofilizada para remover estos dos parámetros contaminantes del río Cunas.

Mayhua y Quijada (26) en su investigación titulada «Evaluación de la materia orgánica y turbidez del agua residual vehicular con *Opuntia ficus* en el proceso de coagulación» plantean como objetivo obtener la dosis idónea en forma de polvo del coagulante *Opuntia ficus indica* para remover la demanda bioquímica de oxígeno y turbiedad del agua residual vehicular en función a los valores máximos admisibles. El polvo del coagulante natural se obtuvo por liofilización de las pencas de tuna. Los investigadores pusieron a prueba la capacidad de este coagulante natural en polvo en la remoción por coagulación mediante la aplicación de cinco diferentes dosis, siendo; 5 mg/L, 6.5 mg/L, 7.5 mg/L, 8.5 mg/L y 10 mg/L. Los resultados del primer análisis del agua residual respecto al parámetro DBO es de 80 mg/L y la turbiedad es 448 NTU. Al aplicar la primera concentración del coagulante (5 mg/L) disminuyó la DBO a 40 mg/L y turbidez a 22.58 NTU, la concentración de 6.5 mg/L redujo la DBO a 17 mg/L y turbidez a 15.02 NTU, la dosis de 7.5 mg/L removi6 la DBO de 80 a 35 mg/L y la turbidez de 448 a 5.57 NTU, siendo la máxima remoci6n de turbidez. La

concentración de 8.5 mg/L redujo a 14 mg/L la DBO (siendo la máxima remoción) y la turbidez a 12.82 NTU, finalmente, la concentración de 10 mg/L redujo la DBO a 40 mg/L y la turbidez a 6.36 NTU. Por lo que, la dosis con mejores resultados en la disminución de la DBO fue de 8.5 mg/L con un 82.5 %. La turbiedad fue removida en un 98.75 % haciendo uso de una concentración de 7.8 mg/L. Además, se dio a conocer que el uso de la *Opuntia ficus indica* no altera ampliamente el pH del agua residual tratada. Concluyendo que el coagulante natural liofilizado muestra resultados significativos en la disminución de contaminantes del agua residual proveniente del lavado de vehículos.

Huamán (27) en su investigación «Evaluación de la adsorción de Cd, Pb y Zn mediante la utilización de la biomasa obtenida de la sábila (*Aloe vera*) en soluciones acuosas» tiene como finalidad comprobar la capacidad de la biomasa del *Aloe vera* en adsorber los elementos Pb, Cd y Zn en soluciones patrones a 230 ppm. La capacidad máxima de adsorción se determinó en función a la determinación del pH óptimo y el tiempo de contacto. Se realizó el proceso de obtención de la biomasa no inmovilizada del *Aloe vera* para luego obtener la biomasa inmovilizada a una cantidad de 0.15 g. Realizó un diseño experimental factorial 2^2 , modificación del pH (4 y 5) y tiempo de contacto (2 h, 3 h, 6 h y 12 h) fueron efectuadas para cada metal (Pb, Cd y Zn) teniendo como resultado ocho muestras por cada metal. Los resultados muestran que para el Cd existen mejores resultados de adsorción cuando el pH es de 5 y el tiempo de contacto es de 6 h (de 72.47 mg/L a 13.165 mg/L), para el ion Pb con un pH de 5 y un tiempo de contacto de 2 h (de 110.545 mg/L a 25.23 mg/L) y el ion Zn tuvo mejor resultado de adsorción a pH 5 y 2 horas de tiempo de contacto reduciéndose de 40.558 mg/L a 6.63 mg/L, representado en 81.07 %, 67.37 % y 59.05 %, respectivamente.

Diestra y Ramos (14) en su investigación «Efecto de la concentración de *Aloe vera* (sábila) y tiempo de floculación en la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica biodegradable de aguas residuales municipales sector del Cerrillo, Santiago de Chuco», trazan como objeto comprobar la capacidad floculante del *Aloe vera* en gel y tiempo de floculación necesario para disminuir sólidos suspendidos totales (SST) y materia orgánica biodegradable por medio del análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) presente en el agua residual municipal del sector Cerrillo, mediante un diseño experimental factorial 2^2 . El investigador determinó que con una dosis de 3000 ppm del gel del *Aloe vera* se logró remover la turbiedad del agua en un 87.90 % y a 2000 ppm se redujo un 84.30 %. Con base en este resultado se determina el tiempo óptimo de floculación, teniendo como resultado que la mayor remoción de turbidez se

obtiene en un tiempo de 25 min de floculación con un 88.09 %, seguido del tiempo de floculación de 20 min con un 84.62 %. Con referencia a estas dos concentraciones del gel de *Aloe vera* y dos tiempos de floculación se determina la eficiencia del floculante natural en la remoción de los elementos turbidez, SST y DBO₅ del agua residual municipal. Los resultados finales muestran que aplicando una dosis de 3000 ppm del gel de *Aloe vera* con un tiempo de floculación de 25 min el parámetro turbiedad se remueve en un 88.49 %, los SST en 87.64 % y la DBO₅ en un 73.46 %.

Coronado (16) en su investigación «Eficiencia del *Agave* y el *Aloe vera* en la remoción de materia orgánica de las aguas del río Lurín en el aa. hh. Julio César Tello», tiene como objetivo comprobar la eficiencia de los coagulantes naturales *Agave*, *Aloe vera* y la combinación de ambos en la remoción de la materia orgánica del agua del río Lurín, donde su diseño de investigación fue experimental, en el cual realiza la manipulación de las variables independientes siendo el *Agave*, *Aloe vera* y *Agave* más *Aloe vera*, la evaluación de los resultados verificó en la variable dependiente con referencia al porcentaje de disminución de materia orgánica, siendo la demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO₅). Para adquirir el coagulante en polvo utilizó la parte verde (cáscara) de la sábila y en el caso del *Agave* se hizo uso de la pulpa. Hizo uso de 16 litros de agua del río Lurín como muestra, donde aplicó las concentraciones de 0.6 g, 0.7 g y 0.8 g. Por cada dosis se hicieron tres repeticiones, obteniéndose por cada coagulante un total de nueve repeticiones. Los resultados demuestran que la concentración óptima del coagulante en la reducción de materia orgánica referente a reducción de la DBO₅ es 0.6 g, donde redujo el 79.66 % y el elemento DQO se redujo en un 77.33 %. El *Agave* con una concentración 0.6 g, redujo la DBO₅ en un 80.95 % y la remoción de la DQO fue del 80.98 %. Finalmente, la combinación de ambos coagulantes, en proporción de 1:1, redujo la DBO₅ en un 75.84 % y la DQO en 77.33 %. Por tanto, se demuestra la capacidad coagulante para remover las variables DBO₅ y DQO del río Lurín, mostrando mejores resultados el *Agave*, seguido del *Aloe vera* y, finalmente, la combinación de ambos coagulantes, a una concentración baja de 0.6 g/L.

Albujar (28) en su investigación «Rendimiento del nopal (*Opuntia ficus-indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) en la reducción de carga orgánica y *Escherichia coli* en las aguas del río Pisco 2018», plantea como objetivo determinar la capacidad coagulante natural *Opuntia ficus-indica* y nanopartículas de plata para remover materia orgánica y el parámetro microbiológico *Escherichia coli* del agua del río Pisco, la cual fue utilizada para riego de cultivos, mediante investigación

experimental y un diseño bifactorial aleatorio, puso a prueba el rendimiento del coagulante *Opuntia ficus-indica* en polvo, con dosis 0.5, 0.7 y 0.9 mg conjuntamente con nanopartículas de plata (AgNPs) a 0.5 ml. Aplicó tres niveles de agitación (20, 30 y 40 rpm) para determinar su capacidad en remover la DQO, DBO₅, *Escherichia coli*, pH, turbidez, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad. Se hicieron tres repeticiones por cada parámetro. Los resultados muestran que, a una velocidad de mezcla de 20 rpm, una concentración del coagulante natural de 0.7 g/l más 0.5 ml de nanopartículas de plata removió la DQO un 69.05 %, por lo que el investigador concluye que la velocidad de agitación y la dosis de *Opuntia ficus-indica* juntamente con nanopartículas de plata reducen la DQO del agua del río Pisco. Respecto a la remoción de la DBO₅, con la misma velocidad de agitación, concentración del coagulante natural y AgNPs se logró remover el 56.88 %, concluyendo que a esta misma condición el coagulante natural más las AgNPs tiene la capacidad de reducir la DBO₅ del agua del río Pisco. En la remoción del parámetro microbiológico *Escherichia coli* a una concentración de 0.7 g/l de *Opuntia ficus-indica* más 0.5 ml de AgNPs y a una velocidad de rotación de 20 rpm se logró eliminar el 100 %, concluyendo que la concentración óptima del nopal con nanopartículas de AgNPs y la velocidad de rotación remueven el parámetro microbiológico en las diferentes diluciones del agua del río Pisco. En las mismas condiciones de número de rpm y concentración del nopal más las nanopartículas de AgNPs, se alcanzó la neutralidad de 10.49 % de oxígeno disuelto en el agua tratada, el cual se encuentra en el rango establecido en el D. S. 004-2017-Minam, categoría 3-D1. La turbidez se logró reducir en un 66.67 %. El incremento de la temperatura del agua luego de ser sometida a estas modificaciones fue del 1.79 %, incrementándose de 22.40 °C a 22.80 °C. La variación del potencial de hidrógeno (pH) se produjo en 15.81 %, cuyo valor inicial y final fue de 8.54 y 7.19 respectivamente. Con relación a la conductividad eléctrica de la muestra de agua, se produjo un incremento máximo de 13.02 %, esto indica que el sometimiento del agua a este tratamiento no altera considerablemente y no sobrepasa el valor establecido en el ECA para agua, categoría 3-D1. De este modo, el investigador concluye que la aplicación de una velocidad de agitación de 20 rpm, una concentración de 0.7 g/l de *Opuntia ficus-indica* en polvo conjuntamente con 0.5 ml de nanopartículas de plata se consiguió remover significativamente materia orgánica y *Escherichia coli* del agua del río Pisco.

Morales (29) en su investigación «Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano, Oxapampa, 2018», plantea como objetivo determinar la capacidad del mucílago del *Aloe vera* como coagulante natural para reducir la turbiedad en el

tratamiento del agua potable, con un tipo de investigación experimental, método de investigación inductivo donde realizó la manipulación de las variable independiente de turbiedad inicial del agua y concentración del mucílago del *Aloe vera*, los cuales fueron preparados y controlados en laboratorio y cuyos resultados midieron el porcentaje de reducción de turbidez del agua, considerado como variable dependiente. Consideró cuatro niveles de turbidez; baja con 12.77 NTU, media baja con 19.43 NTU, media alta con 42.3 NTU y alta con 79.7 NTU. La turbiedad fue generada con arcilla roja que fue extraída de la zona de captación del agua en la microcuenca de San Alberto. Trabajó con un testigo y siete concentraciones de mucílago de *Aloe vera* en gel (cortado en cubos) siendo; 0 g/L, 0.3 g/L, 0.6 g/L, 0.9 g/L, 1.2 g/L, 1.5 g/L, 1.8 g/L y 2.1 g/L. Para obtener la concentración de 0.3 g/L utilizó 0.15 g de mucílago de *Aloe vera* en cubos y medio litro de agua, para 0.6 g/L hizo uso de 0.3 g, 0.9 g/L utilizó 0.45 g, 1.2 g/L hizo uso de 0.6 g, para la concentración 1.5 g/L utilizó 0.75 g, 1.8 g/L hizo uso de 0.9 g y para la concentración de 2.1 g/L utilizó 1.05 g de mucílago de *Aloe vera* en cubos y medio litro de agua. Las muestras fueron sometidas a prueba de jarras, donde se efectuó una revolución rápida de 100 rpm por un periodo de 1 min, revolución lenta de 50 rpm por un periodo de 50 min y sedimentación por 20 minutos, donde se evalúa la capacidad coagulante del mucílago de *Aloe vera* para remover la turbiedad del agua para consumo humano. Determinándose así que a mayor concentración de mucílago existe mayor porcentaje de reducción de la turbiedad del agua, siendo así que la turbiedad inicial de 12.77 NTU se redujo a un máximo de 60.14 %, aplicando una concentración de 1.8 g/L de mucílago de *Aloe vera*. De esta manera, la investigación demuestra la capacidad coagulante del *Aloe vera* en la reducción del porcentaje de turbiedad del agua, pero no siendo suficiente para el tratamiento del agua potable que debe de contener una turbiedad máxima de 5 NTU, por lo que la investigadora considera lograr este nivel de turbiedad incrementando el tiempo de sedimentación.

López (30) en su investigación «Evaluación del uso de la cactácea *Opuntia ficus-indica* como coagulante natural para el tratamiento de aguas» tiene como fin constatar la eficacia de la *Opuntia ficus-indica*, en polvo, para la disminución de la turbiedad, color, alteración del pH y la conductividad, en muestras de agua preparadas en laboratorio y a diferentes concentraciones, en comparación con la eficiencia del coagulante químico sulfato de aluminio. Llevó a cabo un tratamiento preliminar para determinar las dosis óptimas del coagulante (mg/L), para cada uno de los seis niveles de turbidez (20, 50, 100, 300 y 500 UNT) con seis dosis diferentes preparadas al 1 %, cuya efectividad midió en función al porcentaje de remoción de la turbiedad, además, del color, conductividad eléctrica y pH. Una vez determinada las dosis óptimas para

cada nivel de turbidez, determinó la dosis ideal del coagulante natural, que fueron preparadas en seis diferentes concentraciones (0.1 %, 0.5 %, 1 %, 5 % y 10 %) y de igual manera se midió su efectividad en función a la disminución de turbidez y mediciones de los elementos color, conductividad y pH. Asimismo, realizó la determinación del pH óptimo de las muestras de agua, cuyos valores fueron modificados (5, 7 y 9). De igual manera, para el coagulante químico (sulfato de aluminio) llevó a cabo los mismos procedimientos de obtención de dosis, concentración y pH ideal para los seis niveles de turbidez. Los resultados del trabajo de investigación refieren que la turbidez de nivel 20 UNT fue removida en un 58.25 % mediante la aplicación de 30 mg/L del coagulante natural (preparado al 2 %) y un pH 9. Para la turbidez de 50 UNT se obtuvo una remoción del 59.27 %, aplicando una dosis de 45 mg/L (preparado al 2 %) y pH 9. La turbidez de 100 UNT se logró remover el 73.28 % con una dosis de 50 mg/L (preparado al 1 %) del coagulante natural y un pH 9. La turbidez inicial de 300 UNT se redujo 78.57 %, con una dosis de 70 mg/L (preparado al 1 %) y finalmente la turbidez de 500 UNT se redujo en un 85.87 % con una dosis de 80 mg/L (preparado al 0.5 %) y pH 9. Los resultados, en comparación con el sulfato de aluminio con una turbiedad de 20, 50, 100, 300 y 500 UNT fueron 94 %, 97.45 %, 98.65 %, 99.80 % y 99.77 %, respectivamente, demostrando de esta forma que el sulfato de aluminio tuvo mejor porcentaje de reducción de turbiedad del agua. La variación del pH del agua luego de añadir diferentes concentraciones del coagulante *Opuntia ficus-indica* y la conductividad eléctrica presentaron variaciones mínimas, resultados contrarios que se obtuvieron por la aplicación del coagulante químico el cual reduce considerablemente el valor del pH (ácido) e incrementa la conductividad eléctrica. En la remoción del color el coagulante químico tuvo mejores resultados (93 %), lo que demuestra que el coagulante natural *Opuntia ficus-indica* tiene la capacidad para remover la turbiedad, no provoca alteración del pH e incremento de la conductividad del agua.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Principios Teóricos de la Investigación

2.2.1.1. Agua

Considerada como derecho humano, esencial «para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y para la supervivencia de los seres humanos» (31), una fuente que refleja el grado de repercusión de las actividades antropogénicas sobre el medio ambiente.

Los principales elementos fisicoquímicos del agua son: «turbiedad, color, olor y sabor, temperatura, sólidos solubles e insolubles, y pH [...] los cuales tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas y la calidad del agua» (30).

2.2.1.2. Aguas Residuales

Son volúmenes de agua cuyas características iniciales han sido modificadas debido al incremento de la concentración de los parámetros producto de las actividades antropogénicas. Por lo que, antes de su reutilización o vertimiento al sistema de alcantarillado o un cuerpo natural de agua requiere de tratamiento (32) en consideración a la protección del ecosistema y la salud pública.

a) Clasificación de aguas residuales

- Aguas residuales domésticas

Aguas que son generadas como resultado de las actividades antropogénicas dentro de las viviendas, instituciones y establecimientos comerciales, cuya composición principalmente se caracteriza por contener desechos fisiológicos, entre otros (32).

Las aguas residuales domésticas presentan altas cargas de «microorganismos patógenos (como bacterias, virus, protozoos y helmintos)» (33) producto de los desechos fisiológicos provenientes del intestino humano y animal, igualmente pueden contener materia orgánica, nutrientes y los llamados contaminantes emergentes como «los productos farmacéuticos, esteroides, hormonas y productos para el cuidado personal» (33); esta a su vez se divide en:

- **Aguas negras**

Aguas residuales originados en los inodoros, que transportan materia orgánica en forma de coloides, disueltos o en suspensión, contenido en la «orina, heces, agua de descarga o papel higiénico» (33).

- **Aguas grises**

Agua residual que contiene grasas producto de la limpieza de utensilios de cocina, ducha, lavadora, limpieza de los servicios higiénicos y otras

actividades domésticas que no incluyan fluidos contaminados con bacterias fecales (34).

- **Aguas residuales industriales**

Agua residual procedente del desarrollo de actividades productivas, incluyendo las actividades mineras, agrícolas, energética, agroindustrial, entre otros (32). Estas aguas residuales pueden contener compuestos orgánicos tóxicos, compuestos orgánicos persistentes (COP), compuestos orgánicos volátiles (COV) y disolventes clorados, que en poca cantidad pueden provocar la contaminación de grandes volúmenes de agua (33).

- **Aguas residuales municipales**

El agua residual municipal es el resultado de la mezcla del agua residual doméstica con el agua proveniente de la precipitación pluvial o el agua residual de origen industrial, este último tiene que recibir tratamiento antes de ser descargado al sistema de alcantarillado (32). La diversidad de los contaminantes dentro de este tipo de agua residual es muy amplia debido a la heterogeneidad del flujo producto de la combinación de diferentes fuentes (33).

• **Características de las aguas residuales municipales**

Se definen por presentar características, físicas, químicas y biológicas debido a su combinación por diferentes fuentes, por lo que se produce interacciones entre los diversos parámetros presentes en estos volúmenes de aguas residual (14).

Los principales parámetros de las aguas residuales municipales son:

i. Color: La coloración del agua residual municipal se relaciona directamente con el tiempo de su generación, es decir, si el agua fue generada recientemente presenta una coloración beige clara; a medida que transcurre el tiempo esta coloración pasa a tornarse gris o negro, «debido a la implantación de anaerobiosis, por descomposición bacteriana de la materia orgánica» (14).

ii. Olor: Causado por gases (como el ácido sulfhídrico) que se generan producto de la degradación de la materia orgánica por acción de los microorganismos anaerobios. Al igual que el color, presenta una relación

directa con el tiempo; a medida que transcurre se van desprendiendo gases produciendo olores desagradables (14).

iii. Temperatura: La temperatura de los efluentes municipales oscilan entre los 15 °C y 20 °C, lo que crea condiciones para el desarrollo de los microorganismos (14).

iv. Sólidos: Son materiales particulados que se hayan en suspensión y disueltas en el agua. La descomposición de estas partículas en las hojas altera el proceso de fotosíntesis, reduciendo el crecimiento del cultivo, además, el material particulado en suspensión crea un ambiente propicio para el crecimiento de microorganismos patógenos, alterando la calidad del agua (13). Los sólidos se clasifican según su tamaño en sólidos suspendidos y disueltos, según sus características químicas en volátiles y fijos y por su capacidad de sedimentación en sólidos sedimentables y no sedimentables:

- ✓ **Sólidos suspendidos:** Son aquellos materiales particulados que son retenidos luego de realizar el filtro de una muestra; el cual representa la materia que se encuentra en suspensión en el agua (35).
- ✓ **Sólidos disueltos:** Es el material particulado que se encuentran dentro de un determinado volumen de muestra de agua, el cual ha sido inicialmente filtrado. El mayor porcentaje del material coloidal se encuentra dentro de los sólidos disueltos(35).
- ✓ **Sólidos volátiles:** Son aquellos sólidos orgánicos que se evaporan al incrementar a altas temperaturas una muestra de agua (35).
- ✓ **Sólidos fijos:** Aquellos sólidos inorgánicos que permanecen al incrementar a altas temperaturas una muestra de agua (35).
- ✓ **Sólidos sedimentables:** Sólidos de una muestra de agua que pueden sedimentarse por gravedad en un promedio de 45 minutos (13); representado por una fracción de partículas suspendidas que presentan un tamaño mayor a 10 μm (35).

- ✓ **Sólidos no sedimentables:** Material particulado con un tamaño menor a 10 μm que no sedimentan; representado por el material particulado disuelto, coloides y sólidos suspendido con tamaño menor a 10 μm (35).
- ✓ **Sólidos totales:** Es la suma de todos los sólidos anteriormente descritos.

b) Principales parámetros para la caracterización del agua residual

Para realizar la caracterización del agua residual se va a emplear un conjunto de parámetros (físico-químicos, orgánicos, inorgánicos, microbiológicos, entre otros), los cuales de forma cuantitativa indican el nivel de contaminación del agua (14).

- Coliformes termotolerantes

Los coliformes son un grupo amplio de bacterias en género y especies, cuya presencia en los alimentos y fuentes naturales de agua son prueba concluyente de que están siendo alteradas por la contaminación fecal «debido a que estos forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal» (22) de los humanos y animales homeotermos, es decir, de sangre caliente.

El mayor porcentaje de coliformes que se hayan en el ambiente son producto de las heces humanas y animales, los cuales se hallan en mayor cantidad en la superficie y en los sedimentos del fondo del cuerpo de agua, por lo que, se llega a deducir que los coliformes presentes en el ambiente son principalmente de origen fecal. Al ser fácilmente detectables los coliformes fueron considerados como indicadores para verificar el grado de contaminación del agua para consumo humano y de las fuentes naturales que reciben descargas de aguas residuales domésticas y municipales. Por tanto, la ausencia de coliformes en el volumen de agua es un indicador que la fuente se encuentra segura bacteriológicamente (21).

Son coliformes termotolerantes, aquellos coliformes que crecen hasta en una temperatura de 44.5 °C, generalmente representado por la especie *Escherichia coli* cuyo origen es propio de las heces humanas y animales de sangre caliente. En menor frecuencia entre los coliformes termotolerantes se

encuentran las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae* cuyos orígenes son generalmente ambiental, como «fuentes de agua, vegetación y suelos» (22). La medición de las especies de los coliformes termotolerantes se realiza aplicando la técnica número más probable (NMP) por cada 100 ml de agua en tubos múltiples de fermentación (22).

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)**

Es la cantidad de oxígeno disuelto en mg/L necesario para que los microorganismos aerobios realicen el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica presente en la muestra de agua residual. En un tiempo promedio de incubación de 5 días, las sustancias biodegradables son consumidas aproximadamente entre un 60 % y 70 %, sin embargo, cuando la duración del ensayo se amplía hasta los 20 días, la oxidación biológica de la materia orgánica alcanza un porcentaje entre 95 % a 99 % (25). De la misma forma, se puede definir que «el desarrollo de la DBO₅ se inicia por la acción de los microorganismos heterotróficos que necesitan compuestos orgánicos como alimento [...], una medida indirecta del número de materia orgánica biodegradable en una muestra, la cual se determina a través de la incubación de microorganismos durante 5 días a 20 °C para luego obtener el resultado final del consumo de oxígeno» (21), por lo que es denominado como DBO₅.

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Es la cantidad necesaria de oxígeno disuelto en mg/L para deshacer mediante reacciones químicas la materia orgánica que se encuentra en una muestra de agua. Para determinar la DQO se hace uso de un agente químico altamente oxidante como el dicromato o permanganato (13), en un medio ácido (ácido sulfúrico). Por lo que la reacción se produce por la combinación del agente químico oxidante, el medio ácido y una temperatura alta (21), por medio del cual se determina el «equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse» (13). Obteniéndose resultados en un promedio de 3 horas, con un porcentaje de error menor a la DBO₅ (21).

- **Sólidos suspendidos totales (SST)**

Material microscópico restante que resulta posterior a la evaporación de una muestra a una temperatura entre 103 °C a 105 °C. Sólidos que están compuestos «por partículas orgánicas (materia orgánica, microorganismos,

etc.) e inorgánicas (arcillas, arenas, etc.)» (13), los cuales son retenidos en filtros con poros de diámetro 0.45 μm ; esta fracción de contaminantes pueden eliminarse mediante el proceso de coagulación-floculación, filtración o sedimentación (13). Los impactos negativos que produce «la presencia de sólidos suspendidos es la formación de un área expuesta a la adsorción de agentes químicos y biológicos, así como, la presencia de materia orgánica que al degradarse deteriora la calidad del agua» [...]; la concentración de SST por encima de los 1000 mg/L altera la vida endémica del recurso natural de agua ya que impide el paso de la luz y transferencia del oxígeno; asimismo, «pueden dar lugar a depósitos de fango y condiciones anaeróbicas cuando se vierte aguas residuales sin tratamiento al entorno acuático» (13).

Por otra parte, los sólidos disueltos son aquellos sólidos que atraviesan el filtro con poros de diámetro 0.45 μm ; por medio del cual se determina la cantidad de material disuelto presente en una muestra de agua que ha sido inicialmente filtrada. En suma, los sólidos totales son los sólidos suspendidos más los sólidos disueltos presentes en una muestra de agua (13).

- **Turbidez**

Es una medida que da a conocer el nivel donde los sólidos suspendidos presentes en el agua dispersan o adsorben la luz; por tanto, no tiene relación con la determinación de la cantidad de sólidos suspendidos presente en el agua. La turbidez en la parte superficial del agua es generada por la presencia de arcillas, arenas y otros minerales cuyo tamaño oscilan entre los 0.2 μm a 5 μm . La turbidez ocasionada por las partículas coloidales son producto de la presencia de jabones y detergentes; los cuales producen al agua olor, sabor y afectación a la salud humana (36). En suma, «la presencia de fitoplacton, [...] partículas de tierra que están suspendidas en el agua (producto de la erosión del agua o del aire), el movimiento de sólidos sedimentados, las descargas de aguas residuales, el crecimiento de algas y aguas obtenidas por escorrentía de zonas agrícolas y urbanas influyen en la turbidez del agua» (21), generando como primera impresión un impacto estético.

La turbidez provoca alteración de la vida acuática, ya que impide el paso de la luz a través de la columna de agua, alterando el proceso de fotosíntesis; además, las partículas suspendidas capturan energía, esto hace que la temperatura del agua se incremente; disminuye la captura de oxígeno (por el

incremento de la temperatura del agua) causando la muerte de los seres vivos de este ecosistema. Asimismo, las partículas en suspensión se comportan como adsorbentes de compuestos orgánicos, metales pesados, entre otros (21).

La turbiedad se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU) haciendo uso del equipo denominado turbidímetro; el cual mide la intensidad de la luz que se dispersa a 90 grados cuando el rayo de luz atraviesa la columna de la muestra de agua; dando a conocer el grado de contaminación general del agua (21).

- Aceites y grasas

Las descargas de agua residual con presencia de aceites y grasas pueden provocar alteración de la vida acuática; por la presencia de películas que alteran el proceso de fotosíntesis y aireación (13). Además, para determinar la cuantía de aceites y grasas contenido en una muestra de agua se hace previamente la extracción con un disolvente, evaporación del disolvente y finalmente se pesa el residuo resultante (14).

2.2.1.3. Coloides

Los coloides son partículas sólidas que se encuentran en suspensión, en una condición de suspensión estable; por tanto, para lograr su sedimentación se tiene que cambiar dicha condición (21).

Los coloides presentan una carga superficial, generalmente negativa, denominada carga primaria; eso determina de que exista repulsión entre las partículas coloidales y la suspensión estable dentro del volumen de agua; por lo que es necesaria la adición de un coagulante para lograr removerlos (25).

La condición estable de los coloides va a ser alterada por los electrolitos del coagulante; debido a que el coagulante añadido va a modificar la carga superficial del coloide, provocando la aglomeración entre las partículas y próxima sedimentación por acción de la gravedad. De esta manera, se remueven microorganismos patógenos adheridos a las partículas, turbidez, color y «sustancias productoras de sabor y olor» (25).

Las partículas coloidales por afinidad al agua pueden ser hidrofílicas (material particulado orgánico) e hidrófobos (material particulado inorgánico).

Las partículas hidrofílicas se definen por tener afinidad con el agua, al dispersarse espontáneamente dentro de esta; estas partículas son rodeadas por las moléculas de agua lo que impide su contacto entre ellas. Las partículas hidrófobas repelen al agua (no completamente), no son rodeadas por las moléculas de agua y su dispersión no es espontánea, por tanto «requiere de la ayuda de medios químicos y físicos» (37).

2.2.1.4. Polímeros

Se deriva de las palabras griegas *poli* (muchos) y *meros* (unidades o partes), es decir, los polímeros están formados por la unión de muchas pequeñas unidades químicas simples llamadas monómeros; por lo que también reciben la denominación de macromolécula. En algunos casos las uniones presentan una forma lineal similar a una cadena unida a través de sus eslabones, en otros casos, las cadenas pueden ser «ramificadas o interconectadas formando retículos tridimensionales» (38).

Estas macromoléculas presentan un peso molecular, en promedio 100 veces más que las pequeñas moléculas del agua o el metanol. Existe diversidad de polímeros, pero todos presentan «una estructura interna similar y se rigen por las mismas teorías. Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal, son sus propiedades mecánicas. En general, los polímeros tienen una excelente resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen [...] y la atracción depende de la composición química del polímero» (39).

a) Clasificación de los polímeros

Según su origen se clasifican en polímeros naturales y sintéticos.

- Polímeros naturales

También denominados como biopolímeros, que se producen como resultado de reacciones bioquímicas naturales en algunas plantas y animales; estos polímeros no tienen definida una sola composición química, sino que están constituidos por diferentes tipos de polisacáridos (39). Ciertos biopolímeros presentan propiedades coagulantes y floculantes, por lo que muchas poblaciones oriundas de algunos países de la región sur hacen uso de los polímeros naturales para la clarificación del agua (28), igualmente diversas

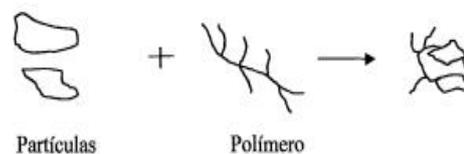
investigaciones demuestran resultados significativos en el tratamiento de aguas contaminadas producto de las actividades antropogénicas.

- Polímeros sintéticos

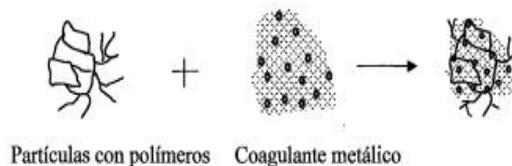
«Son compuestos producidos por medio de la transformación química de derivados del carbón y el petróleo [...], que pueden tener o no carga eléctrica». Los que no tienen carga eléctrica son denominados como no iónicos y los que tienen carga eléctrica pueden ser catiónicos, aniónicos o anfóteros, los cuales presentan carga positiva, carga negativa y carga positiva y negativa, respectivamente (39).

En la figura 1 se muestran los diferentes modos de acción de los polímeros:

a) Como coagulante, el polímero es agregado como único coagulante.



b) Ayudante de coagulación, agregado antes que el coagulante metálico



c) Ayudante de floculación, agregado después que el coagulante metálico

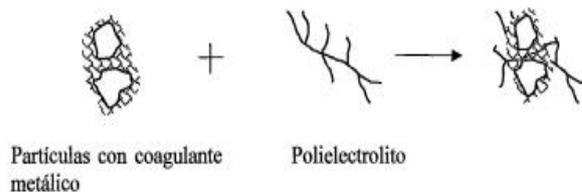


Figura 1. Modos de acción de los polímeros (39)

2.2.1.5. Coagulación

Es un proceso en el cual el material particulado que se encuentra disuelto o en suspensión estable se desestabiliza por la neutralización de las cargas que las mantienen en estabilidad (40).

Asimismo, Diestra y Ramos (14) definen la coagulación como un proceso que desestabiliza químicamente las partículas coloidales que se hayan disueltas o suspendidas, por medio de la neutralización de las fuerzas que las mantienen separadas (generalmente cargas negativas), a través de la adición de coagulantes y una fuerza de mezcla. El proceso se inicia desde el momento que el coagulante entra en contacto con el agua y dura unas pocas fracciones de segundos, llegando a formar pequeñas partículas gelatinosas (14). De manera concreta la coagulación se fundamenta como «una serie de reacciones físicas y químicas entre el coagulante, la superficie de partículas, la alcalinidad del agua y la mezcla acuosa» (25).

Mediante la figura 2, se da a conocer cómo la adición de coagulantes químicos o naturales neutralizan las cargas eléctricas que se encuentran en la superficie del coloide, reduciendo el radio efectivo de las partículas coloidales que las rodea y las mantiene separadas (produce el colapso de la nube iónica), provocando de esta forma su aglomeración.

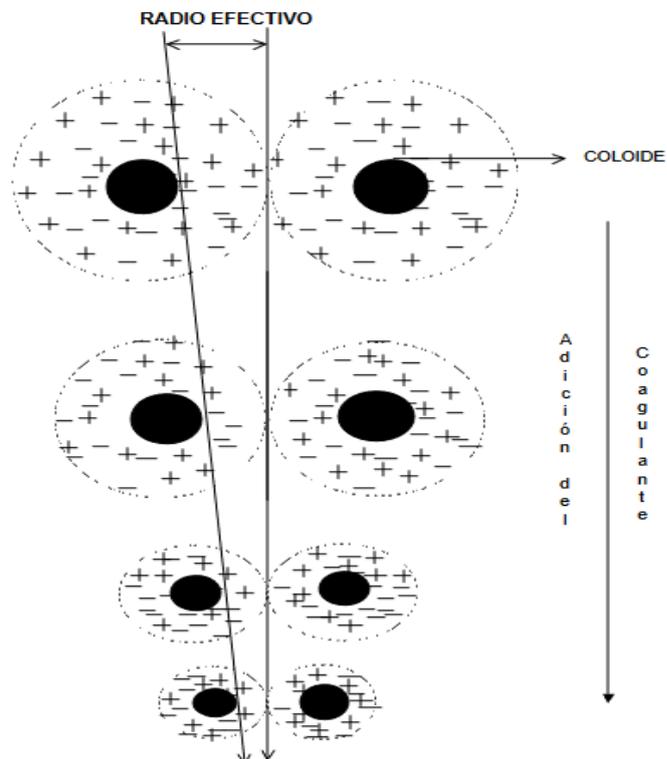


Figura 2. Proceso de coagulación (37)

a) Mecanismos de coagulación

La inestabilidad de las partículas coloidales se consigue por medio de cuatro mecanismos fisicoquímicos:

- **Compresión de la doble capa**

«Cuando se aproximan dos partículas con cargas iguales, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión» (37); esta fuerza de repulsión depende de la distancia de separación, entonces al añadir contraiones (cargas del coagulante) disminuye la magnitud de la fuerza de repulsión, haciendo colapsar la barrera de energía. «Mientras más fuerte es la carga eléctrica del contraión, la partícula es neutralizada de forma más rápida» (41).

- **Adsorción y neutralización de cargas**

«Las partículas coloidales poseen carga negativa en su superficie, estas cargas llamadas primarias atraen los iones positivos que se encuentran en solución dentro del agua y forman la primera capa adherida al coloide» (37).

El potencial electrocinético o potencial ZETA, se encuentra en la superficie del plano de cizallamiento; el cual determina el movimiento e interacción entre las partículas coloidales. Por tanto, mediante el proceso de coagulación se busca anular el potencial añadiendo productos coagulantes-floculantes químicos o naturales, ayudado por una fuerza de mezcla (37).

Cuando se le añade a la muestra de agua a tratar una alta concentración de coagulante, «se produce a la reestabilización de la carga de la partícula; esto se puede explicar debido a que el exceso de coagulantes son absorbidos en la superficie de la partícula, produciendo una carga invertida a la carga original» (37).

- **Atrapamiento de partículas en un precipitado**

Cuando se añade a la muestra de agua una dosis óptima de coagulante, las partículas coloidales que fueron desestabilizadas son atrapadas dentro de un *floc*. Generalmente se hace uso de sales de metales trivalentes, como el sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) y cloruro férrico ($FeCl_3$); por tanto, «la presencia de ciertos aniones y de las partículas coloidales aceleran la formación del precipitado. Las partículas coloidales juegan un rol de anillo durante la formación del *floc*; este fenómeno puede tener una relación inversa entre la turbiedad y la dosis de coagulante requerida» (37), vale decir, una concentración alta de partículas coloidales requiere de menor dosis de coagulantes.

- Adsorción y formación de puente

Considerado como uno de los procesos más económicos, que hace uso de polímeros con cargas positivas, las cuales atraen a las partículas cargadas negativamente. Las moléculas de los polímeros al ser muy largas y al contener grupos químicos adsorben las partículas coloidales en una de sus extremidades, «mientras que los otros sitios son libres para adsorber otras partículas» (37). Por lo que se denomina como formación de puente interpartícula, es decir, las moléculas del polímero forman un puente entre las partículas coloidales (37).

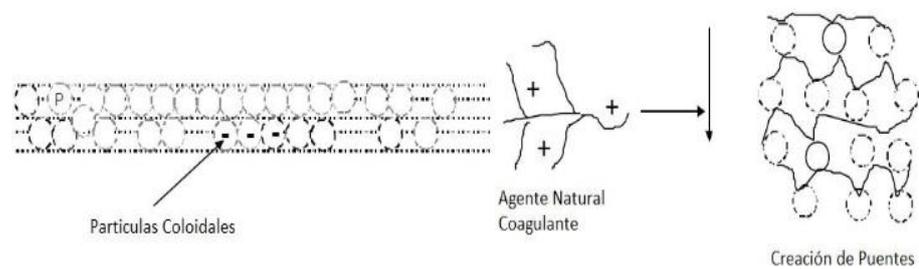


Figura 3. Adsorción y formación de puente (21)

Asimismo, Inga y Morales (21), afirman que el uso de coagulantes naturales que contienen mucílago, pueden desestabilizar partículas coloidales mediante el mecanismo de adsorción y formación de puente; de forma que, «las cargas positivas del coagulante natural atraen a las partículas negativas de los coloides en suspensión».

b) Factores que influyen en la coagulación

Existen muchos factores que influyen en el proceso de coagulación de aguas residuales y aguas naturales contaminadas por aguas residuales, entre ellas se encuentran los siguientes:

- pH

El potencial de hidrógeno es uno de los factores más importantes que influye en el proceso de coagulación, por tanto, para cada tipo de coagulante existe un rango óptimo de pH; en el que la adición de una concentración determinada del coagulante produce la formación de flóculos en un rango de tiempo de fracciones de segundos (40).

La determinación del rango de pH óptimo es de acuerdo al «tipo de coagulante a utilizar y de la naturaleza del agua a tratar» (37); cuando el proceso de coagulación se desarrolla fuera del rango óptimo del pH (para el tratamiento de agua de cualquier naturaleza) se produce la reducción del rendimiento del proceso y el incremento de la concentración del coagulante (37).

Según Inga y Morales (29), el proceso de coagulación mediante la aplicación de los coagulantes *Opuntia ficus indica* y *Aloe vera* requieren un pH entre 6-7.

Óxido de calcio-cal viva (Alcalino, neutraliza la acidez del agua)	CaO
Hidróxido de calcio (Alcalino, neutraliza la acidez del agua)	Ca(OH) ₂
Carbonato de sodio (Alcalino, neutraliza la acidez del agua)	Na ₂ (CO ₃)
Hidróxido de sodio (Alcalino, neutraliza la acidez del agua)	NaOH
Gas carbónico (A mayor CO ₂ disuelta en el agua el pH es menor, es decir, es ácido)	CO ₂
Ácido sulfúrico (Ácido, neutraliza la alcalinidad del agua)	H ₂ SO ₄
Ácido clorídrico (Ácido, neutraliza la alcalinidad del agua)	HCl

Figura 4. Modificadores del pH en el tratamiento de agua (13)

- Temperatura del agua por tratar

La disminución de la temperatura del agua por tratar «retrasa las reacciones químicas, disminuye la probabilidad de colisiones» e incrementa el tiempo en la formación y sedimentación de los flóculos (40) por el aumento de la viscosidad del agua. Del mismo modo, la alta temperatura del agua provoca la disminución del desplazamiento de las partículas, por lo que la energía cinética disminuye, haciendo que el proceso de coagulación sea más lento; por lo tanto, para el proceso de coagulación y floculación es recomendable ejecutar a una temperatura ambiente entre los 21°C - 25 °C (21).

- Concentración del coagulante

Las dosis de los coagulantes para realizar el tratamiento del agua tienen una relación directa con el nivel de eficiencia del proceso de coagulación. De tal modo, la aplicación de una baja dosis del coagulante no neutraliza en su totalidad la carga iónica que rodea a las partículas y se produce baja cantidad de formación de microflóculos. Al contrario, cuando la concentración de los

coagulantes es alta, se invierte la carga de las partículas, se forman una gran cantidad de pequeños microfloculos lo que provoca que la velocidad de sedimentación sea muy lenta y en ambas situaciones, «la turbiedad residual es elevada» (37).

Mediante ensayos de prueba de jarra se establecen las concentraciones óptimas para el agua por tratar (37).

- Mezcla

La agitación de la masa del agua por tratar debe de ser uniforme para poder garantizar que el coagulante añadido y el agua se hayan mezclado homogéneamente, y se produzca el proceso de coagulación (37).

En el proceso de coagulación y floculación la mezcla de los coagulantes con el agua sometido a tratamiento se produce en dos etapas; la primera etapa es denominada como agitación o mezcla rápida, donde se aplica una mezcla enérgica máxima de 60 segundos, con el objetivo de dispersar en su totalidad la concentración del coagulante añadido en el volumen de agua por tratar, la segunda etapa es denominada agitación o mezcla lenta, cuya mezcla energética es menor y el tiempo de duración es mayor en comparación con la mezcla rápida, y tiene como finalidad formar microfloculos, incrementar su tamaño y peso para facilitar su sedimentación por acción de la gravedad (37).

- Sales disueltas

La presencia de sales disueltas dentro del volumen de agua sometida a tratamiento, influyen en la alteración del rango del pH ideal, modifican el tiempo requerido para la floculación, la dosis óptima del coagulante y el nivel de eficiencia en el proceso de coagulación dentro del agua por tratar (37).

- Turbiedad del agua por tratar

La turbiedad da a conocer el efecto de adsorción y dispersión de la luz a través de la columna de agua por la presencia de partículas suspendidas en diferentes números y tamaños, además es considerado como una medida indirecta de la concentración de partículas suspendidas dentro de un determinado volumen de agua (37).

Andía (37) afirma que cuando la turbidez es alta se debe incrementar la concentración del coagulante pero no de manera considerable, dado que la probabilidad de colisión entre las partículas en suspensión es alta; «por lo que la coagulación se realiza con facilidad» (37). En cambio, cuando la turbidez del agua es baja el proceso de coagulación se desarrolla de manera difícil, por lo que la concentración del coagulante por utilizar es igual o mayor que si la turbiedad fuese alta. Asimismo, da a conocer que coagular aguas con baja turbiedad y aquellas contaminadas con aguas residuales requieren mayor concentración del coagulante.

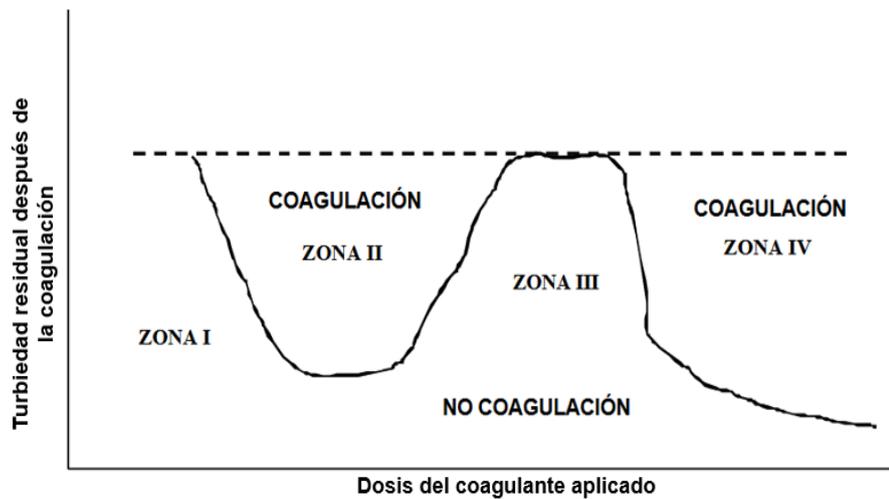


Figura 5. Remoción de la turbiedad (37)

En la figura 5 se explican los resultados de coagulación, zonas de coagulación, favorable o desfavorable que se obtienen mediante la aplicación de diferentes dosis de coagulantes.

Es así como, la zona I de coagulación se origina debido a que la concentración del coagulante aplicado al agua no es suficiente para desestabilizar a las partículas coloidales; como resultado no se produce el proceso de coagulación y la turbiedad resultante es alta. La zona II de coagulación ocurre al incrementar la concentración del coagulante y esta al ser considerada como dosis óptima produce la aglomeración efectiva de las partículas coloidales, reduciendo considerablemente la turbiedad residual. En la zona III se produce la reestabilización de las partículas debido al incremento de la concentración del coagulante, con este nivel de concentración no se produce una buena coagulación, provocando de esta manera que la turbiedad residual siga siendo alta. Finalmente, la zona IV se da cuando la dosis del

coagulante es aún mayor, produciendo una sobresaturación, en el cual se produce la coagulación de tipo barrido, «arrastrando en su descenso las partículas que conforman la turbiedad» (37).

c) Tipos de coagulación

Existen dos tipos de coagulación: la coagulación por adsorción y por barrido.

- Coagulación por adsorción

Se produce cuando el agua por tratar tiene una alta turbidez. «Cuando el coagulante es adicionado al agua turbia los productos solubles de los coagulantes son adsorbidas por los coloides y forman los flocúlos en forma casi instantánea» (37).

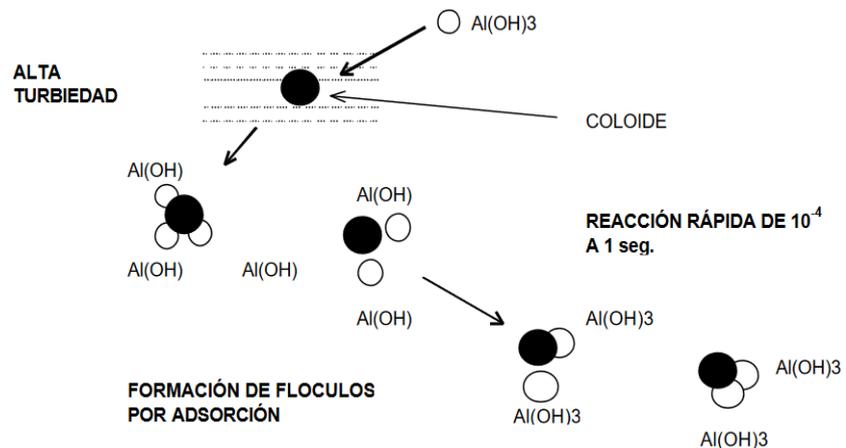


Figura 6. Coagulación por adsorción (37)

- Coagulación por barrido

La coagulación por barrido se produce cuando el volumen de agua sometido a tratamiento muestra una baja turbidez y la cantidad de partículas en estado coloidal es reducida; en ese sentido las partículas coloidales van a ser «[...] entrampadas al producirse una sobresaturación de precipitado [...]» (37) por la aplicación de coagulantes químicos (sulfato de aluminio, cloruro férrico, entre otros) o naturales (*Opuntia ficus indica*, *Aloe vera*, entre otros) (37).

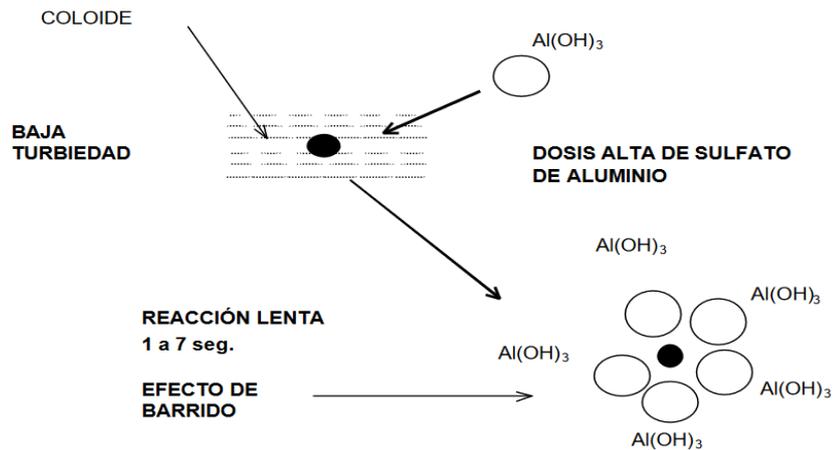


Figura 7. Coagulación por barrido (37)

d) Tipos de coagulantes

Los tipos de coagulantes que son utilizados para el tratamiento de aguas residuales domésticas, industriales y municipales son las siguientes:

- Coagulantes metálicos

Denominados también como coagulantes sintéticos, los cuales son comúnmente utilizados para el tratamiento de agua residual doméstica e industrial, asimismo, para remoción de metales pesados, aceites, grasas, fosfatos, entre otros (30).

«Los coagulantes más utilizados son el sulfato de aluminio, cloruro férrico y el sulfato férrico, también se encuentra al aluminato de sodio y el sulfato ferroso, los cuales se basan en compuestos inorgánicos de aluminio o hierro» (42). En el proceso de coagulación provocan la reducción de turbidez, color, eliminación de virus y microorganismos patógenos; sin embargo, estas sales reducen el pH del agua tratada, presentan un costo alto de compra, afectan negativamente la salud de la población y al medio ambiente (42). Como es el caso del sulfato de aluminio, cuya aplicación en el tratamiento de agua residual no mantiene estable el pH, genera lodos que no pueden ser reutilizados, además varias investigaciones han mostrado una posible relación «entre los radicales libres que libera el sulfato de aluminio y enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer» (43).

- Coagulantes naturales

Los coagulantes naturales son de origen vegetal o animal, solubles en el agua, consideradas como alternativa a los coagulantes sintéticos, ya que

cumplen la misma función que estas, desestabilizando la carga iónica de la superficie de las partículas coloidales que se encuentran suspendidas en el agua y, creando condiciones para que estas puedan aglomerarse y sedimentarse por acción de la gravedad (25).

En su mayoría son productos alimenticios que contienen altas concentraciones de carbohidratos y proteínas, consideradas como las responsables de la capacidad coagulante-floculante (41). «Entre el grupo de sustancias conocidas que poseen estas propiedades aglomerantes se encuentran algunos compuestos orgánicos de origen vegetal, los cuales pueden obtenerse del tallo o las semillas de una enorme variedad de plantas [...]» (14).

«Son biodegradables, no generan daño al medio ambiente [...], presentan una mínima o nula toxicidad» (14), algunos coagulantes naturales presentan propiedades antimicrobianas (reduciendo o eliminando el contenido de microorganismos patógenos que puedan provocar enfermedades a la población), es inocuo para la salud del ser humano y los lodos producidos (se producen en poca cantidad y cuyo tratamiento es menos costoso) son reaprovechables pudiéndose utilizar en la agricultura (30). No altera considerablemente el pH del agua tratada, su obtención es económicamente baja y «los beneficios son superiores si dicha especie es cultivada en la misma región, siendo accesible a la población» (28).

Dicha capacidad aglomerante ha sido comprobada mediante el desarrollo de muchas investigaciones, en las que fueron utilizadas en forma de gel o polvo para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios (24), de efluentes provenientes de avícolas (13), aguas residuales domésticas (25), ríos contaminados con aguas residuales (21), adsorción de metales pesados (27), entre otros, obteniéndose resultados significativos.

- ***Opuntia ficus-indica***

En Perú es conocida coloquialmente como tuna, cactus o nopal, es endémico del continente americano (30).

i. Taxonomía: Las cactáceas reconocidas del género *Opuntia* son aproximadamente 300 especies, de las cuales solo 10 a 12 de estas son utilizadas para la producción de frutas, las pencas son utilizadas como habitad

de cochinillas (para la obtención de colorante), para la producción de alimentos tanto humanas como para animales (41), producción de biogás, fabricación de bebidas alcohólicas, cosméticos, cremas, productos medicinales, entre otros (24).

Tabla 2. Taxonomía de la *Opuntia ficus-indica*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae
Género	Opuntia
Especie	<i>ficus-indica</i>
Nombre binomial	<i>O. ficus-indica</i>

Fuente: Gerencia Regional Agraria La Libertad (44)

ii. Habitat: En el territorio peruano existen zonas áridas, semiáridas y tropicales lo que hace que existan diferentes factores ambientales que pueden limitar el desarrollo normal de las plantas, así también la presencia o ausencia de lluvias, altas y bajas temperaturas y suelos con escasa disponibilidad de nutrientes; por consiguiente, estas cactáceas han tenido que adaptarse a este tipo de condiciones mediante «el desarrollo de características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas» (44), es por esta razón que estos cactus tienen diferentes formas, tamaños y texturas (30).

Para el óptimo desarrollo de la *Opuntia ficus-indica* se requiere una temperatura que oscile entre los 18 °C a los 25 °C, aunque esta planta se desarrolla con normalidad en «climas áridos y muy áridos con lluvias de verano, por lo que se refiere a la precipitación pluvial es poco exigente, ya que se le encuentra en zonas con lluvias de 125 o más milímetros al año [...] asimismo, se adapta bien a diversas texturas y composiciones de suelo, pero se desarrollan de mejor manera en suelos sueltos, arenosos, de profundidad media, con un pH preferentemente alcalino y a altitudes que varían entre los 800 y 2.500 m s. n. m., aunque también pueden encontrarse a altitudes menores cerca de la costa» (44), y con un tiempo de vida de 5 años hasta aproximadamente 80 años.

iii. Morfología: La *Opuntia ficus-indica* es una planta arbustiva que tiene una forma simple y en otros casos una forma de matorral, con un tronco leñoso y ramificaciones esparcidas que logran alcanzar hasta 5 metros de altura, sus

pencas logran medir entre 30 cm a 50 cm de largo, 20 cm de ancho y 2 cm de espesor, contienen espinas blancas o amarillas, tienen una coloración verde opaca (41) y desempeñan la función de realizar el proceso fotosintético y de almacenamiento de agua dentro de sus tejidos (44).

Estos cladiolos o pencas están recubiertas por una cutícula, que impide la deshidratación por el incremento de la temperatura, asimismo, esta cactácea posee flores y frutos de color rojo, anaranjado o amarillo (44).



Figura 8. Morfología de la *Opuntia ficus-indica*

Además, la propagación de la *Opuntia ficus-indica* se puede realizar por semillas, pero su desarrollo es muy lento, lo que se recomienda es el uso de los cladiolos, ya que por almacenar agua en su estructura pueden sostener «las necesidades de transpiración, formación de nuevas raíces y de brotes» (44).

iv. Usos de la *Opuntia ficus-indica*

Silva (12) da a conocer que la planta de tuna presenta una gran diversidad de usos como los que se describe a continuación:

Tabla 3. Usos de la *Opuntia ficus-indica*

Uso de la <i>Opuntia ficus-indica</i>	Descripción
Protección del suelo	Protege el suelo de erosiones hídricas o eólicas, asimismo, su plantación en zonas áridas o semiáridas evita una posible desertificación (12).
Planta medicinal	La tuna en su variedad xoconostle ha demostrado su capacidad para la reducción de los niveles de azúcar y colesterol en la sangre, de manera que su

	uso y consumo se incrementó considerablemente en México (12).
Producción de grana cochinilla	Insecto de donde se obtiene el carmín (colorante rojo), se produce como alternativa a los colorantes artificiales, por lo que, en el Perú existe un promedio de 70 000 hectáreas de plantación de nopal con este objetivo (12).
Producción de cosméticos	Se hace uso de la tuna como materia prima para la producción de cosméticos como el champú, jabones, cremas, mascarillas, entre otros (12).
Elaboración de bebidas alcohólicas	Generalmente se hace uso del fruto del nopal para la fabricación de diferentes licores como el aguardiente (12).
Elaboración de alimentos para animales	Se producen suplementos a base de las cáscaras y semillas que forman parte de los desechos de la industria procesadora de tuna (12).
Industria farmacéutica	Producción de protectores gástricos y cápsulas a partir del extracto del mucílago y el polvo de la penca de tuna (12).
Energía	«Producción de biogás a partir de las pencas» (12).

v. Mucílago de la *Opuntia ficus-indica*

Varios países han demostrado interés en las múltiples propiedades de la *Opuntia ficus-indica* relacionados a su suficiencia de adaptabilidad y desarrollo en zonas áridas, su utilización en el tratamiento de aguas y en la industria para la producción de alimentos (28).

En las pencas de tuna hay agua retenida «en un entramado de carbohidratos llamado mucílago» (24), este mucílago es elaborado por la tuna a partir de ácidos orgánicos y en cada penca existe aproximadamente 1.2 % (24).

«El mucílago de la penca de tuna contiene complejas sustancias poliméricas de naturaleza de carbohidratos, [...] tiene una composición polimérica lineal formada de polisacáridos que favorecen el proceso de coagulación» (24), estos polisacáridos contienen «L-arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa, D-xilosa y ácido galacturónico, este último es considerado como componente principal» (30) y como responsable de su capacidad coagulante (21). Asimismo, se indica que el mucílago de tuna «es un hidrocoloide con un alto poder espesante y coagulante» (24).

Mediante investigaciones que actualmente se están desarrollando a esta planta (*Opuntia ficus-indica*) está siendo considerada como una nueva opción para reemplazar de manera eficiente a los coagulantes sintéticos, los cuales

están compuestos por sales de aluminio y hierro que generan lodos residuales cuyo tratamiento es complejo y con alto costo, varían el pH del agua tratada y están relacionadas (sulfato de aluminio) con la generación de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer (28).

Por el contrario, el empleo de polímeros naturales para el proceso de coagulación produce «bajo impacto ambiental, bajo consumo energético en su producción, biodegradabilidad, producción de lodos más biodegradables y se evita ajustar el pH de los efluentes tratados» (24), además, su uso en determinadas concentraciones puede tener resultados similares o mejores que los polímeros sintéticos (24).

La capacidad coagulante que tiene el polvo de la *Opuntia ficus-indica* hace que en el proceso de coagulación pueda realizar la aglomeración de las partículas suspendidas «mediante el mecanismo de adsorción y formación de puente [...], ya que, las moléculas del polímero pueden ser suficientemente largas y flexibles para ser adsorbidas sobre diversas partículas coloidales, lo cual se ha comprobado con la formación de flóculos ramificado y no esféricos» (30). Por lo que otros autores sugieren «que la adsorción se produce a través de enlaces de hidrógeno [...], siendo probable que los electrolitos naturales de la *Opuntia*, en especial cationes divalentes [...], faciliten la adsorción en la partículas coloidales» (30).

- ***Aloe vera***

El *Aloe vera* comúnmente es conocido como sábila, es endémica de la península de Arabia y el noroeste de África. Esta planta llegó al continente americano por medio de Cristóbal Colón en el descubrimiento de América, donde fue utilizado como medicina (45).

i. Taxonomía: Existe alrededor de 360 especies del género *Aloe*, pero el mayor porcentaje de este género son dañinos; sin embargo, mediante investigaciones se llegó a determinar la existencia de 4 especies que presentan propiedades medicinales: «*Aloe barbadensis* Miller, *Aloe peri* Baker, *Aloe ferox* y *Aloe arborescens*» (27). Aunque la especie *barbadensis* Miller es la más usada por sus buenas propiedades medicinales y la más conocida a nivel mundial como *Aloe vera* o *Aloe vulgaris*, *Aloe indica* y *Aloe lanzare* (27).

El género *Aloe* deriva de la palabra árabe *Alloeh* el cual tiene el significado de sustancia brillante y amarga y, su nombre común de sábila proviene de la palabra árabe *sabaira* que significa amargo (46).

Tabla 4. Taxonomía del *Aloe vera*

Reino	Vegetal
División	Embriophyta-siphonogama
Clase	Monocotiledoneae
Orden	Liliales
Familia	Liliaceae
Subfamilia	Asfondoideae
Género	<i>Aloe</i>
Especie	<i>vera</i>
Sinónimo	<i>Barbadensis</i>

Fuente: Huamán (27)

ii. Habitat: La sábila posee un gran rango de adaptabilidad a diferentes escenarios climáticos, pueden desarrollarse con normalidad en climas tropicales, subtropicales y desérticas. No obstante, estas se desarrollan de mejor manera a una temperatura media anual que van desde los 18 °C a los 25 °C, con precipitaciones media anual entre los 400 mm a 800 mm e incluso pueden establecerse en lugares con precipitaciones anuales de 200 mm, pero su desarrollo es lento (46).

Aunque normalmente el *Aloe vera* se encuentra establecido en zonas tropicales y montañas con climas templados, también puede adaptarse en zonas donde existe sequía, con altas radiaciones solares, alta concentración de sales en el suelo, como es característico de las zonas áridas y semiáridas, en consecuencia se determina que el *Aloe vera* necesita poca agua para su desarrollo (46).

Para el buen desarrollo de la planta, el suelo donde estas van a ser cultivadas deben de tener un buen drenaje, una textura media (franco arenoso) y un pH levemente alcalino, aunque tiene la capacidad de adaptarse a suelos pedregosos y poco profundos, con poca carga orgánica y con un pH ligeramente ácido (46).

iii. Morfología: La planta del *Aloe vera* «son herbáceas de tallo corto, perennes, con aspecto rosetado, son de color verde grisáceo que presentan manchas rojizas por la exposición prolongada al sol» (27), pueden llegar a medir entre los 65 cm hasta 80 cm de altura, sus hojas tienen una forma larga

lineal y angosta que terminan en punta (acuminada), sus bordes son dentados y espinosos, tiene una textura similar al cuero con resistencia y flexibilidad, son suculentas y pueden llegar a medir entre los 30 a 60 cm de largo, estas hojas «se encuentran usualmente apiñadas en una roseta densa [...]» (27). La raíz es medianamente superficial, tienen una inflorescencia entre 1 a 1.3 m de altura con una o dos ramificaciones con presencia de flores de color amarillo (27).



Figura 9. Morfología del Aloe vera

La estructura de la hoja de sábila «está formada por el exocarpio o corteza (a), la cual está cubierta de cutícula delgada. La corteza representa aproximadamente del 20 al 30 % del peso de toda la planta» (14), presenta un color verde en distintas tonalidades el cual es dependiente de factores como el lugar de establecimiento, el clima y la nutrición (14).

Seguido al exocarpio se encuentra al parénquima (b), que coloquialmente denominado como gel o pulpa, «se localiza en la parte central de la hoja y representa del 65 al 80 % del peso total de la planta» (14).

Asimismo, «entre la corteza y la pulpa, ocupando toda la superficie interna de la hoja, se encuentran los conductos de aloína (c), que son una serie de canales longitudinales de pocos milímetros de diámetro por donde circula la savia de la planta conocida como acíbar [...], el cual tiene usos farmacéuticos como laxante» (47).

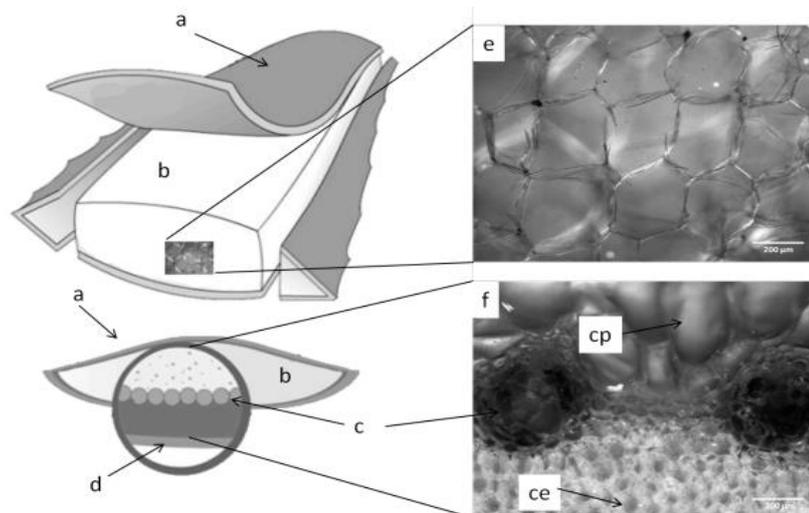


Figura 10. Estructura de la hoja del Aloe vera: «exocarpio (a), pulpa o tejido parenquimático (b), conductos de aloína (c) y cutícula (d). En la figura se muestran imágenes de microscopía de luz tomadas a una magnificación de 5x de las células del parénquima (e) y de un corte seccional de la hoja de Aloe vera (f) donde se observan con gran detalle células internas del exocarpio (ce), células del parénquima (cp) y conductos de aloína (c)» (47)

iv. Usos del Aloe vera

Tabla 5. Usos del Aloe vera

Uso del Aloe vera	Descripción
Planta medicinal	La sábila ha demostrado propiedades medicinales como «desinfectante, antiviral, laxante, antiinflamatorio, cicatrizante, ayuda en los desórdenes intestinales» (45), entre otros.
Producción de cosméticos	Es considerada como materia prima para la elaboración de «jabones, lociones, cremas, champú y limpiadores faciales» (27).
Industria alimentaria	El Aloe vera presenta propiedades nutricionales puesto que contiene vitaminas como la B1, B2, B3 y C. Asimismo contiene minerales como el Ca, P, K, Fe, Na, Mg, Mn, Cu, Cr y Zn, por lo que es utilizada en la industria alimentaria (45), en productos como bebidas, leche, helados, yogurt, confitería, entre otros (47)

v. Mucílago del Aloe vera

El gel es una «masa gelatinosa e incolora y está formada por células parenquimáticas, está constituido principalmente por agua, mucílagos y otros carbohidratos [...]» (47). Asimismo, el mucílago «tiene alrededor de 130 compuestos ya identificados y que se pueden clasificar en vitaminas, aminoácidos, polisacáridos, enzimas, ácidos grasos, ligninas, saponinas, complejos de antraquinona, alantofía, y sales minerales» (48). «Entre ellos los polisacáridos contienen distintas cantidades de manosa, glucosa y galactosa. Entre los cuales se pueden apreciar los glucómanos, galactoglucoarabinomanos

y otros. Asimismo, cabe señalar que en los últimos años se ha generado un gran interés por el acemanano (β -(1-4)-manano O-acetilados) por su componente activo, el cual se define como un polisacárido mucilaginoso» (49). Por lo tanto, la capacidad que tiene el *Aloe vera* para la desestabilización de las partículas coloidales presentes en el agua se relaciona con la presencia de polímeros dentro de su estructura (48).

2.2.1.6. Floculación

La floculación es el proceso siguiente a la coagulación. Este proceso se realiza con el objeto de que los microfloculos recién formados en la masa de agua coagulada se aglomeren e incrementen su peso para reducir el tiempo de sedimentación por acción de la gravedad. Este proceso es favorecido mediante una mezcla lenta, homogénea y con mayor tiempo de duración a contraste con el proceso de coagulación; ya que la aplicación de una alta intensidad de mezcla hace que los flóculos anteriormente formados se rompan, pierdan su forma, tamaño y peso, desfavoreciendo la sedimentación (37).



Figura 11. Proceso de floculación (37)

Las partículas coloidales que fueron aglomeradas formando un *floc*, en el proceso de coagulación, no tienen el peso necesario para sedimentarse con rapidez, por lo que en el proceso de floculación se logra unir estos aglomerados en forma de red, formando puentes entre las superficies de estos, para así formar flóculos con superior peso y tamaño, favoreciendo la aceleración de su sedimentación (37), tal como se muestra en la figura 11.

a) Tipos de floculación

Existen dos tipos de floculación: floculación pericinética y ortocinética.

- Floculación pericinética

Se produce «por el movimiento natural de las moléculas de agua y está inducida por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano» (37).

- Floculación ortocinética

Son las colisiones entre partículas producido por la agitación de la masa de agua. Esta energía de mezcla inducida de manera exterior al cuerpo de agua es producida por una fuente mecánica o hidráulica (37).

b) Parámetros que caracterizan a la floculación

Los parámetros que caracterizan al proceso de floculación son los siguientes:

- Floculación ortocinética, «grado de agitación, mecánica o hidráulica, realizada a una masa de agua sometida a tratamiento» (37).
- Gradiente de velocidad, «energía necesaria para producir la mezcla» (37).
- Número de colisiones, «choque entre microflóculos» (37).
- Tiempo de retención, «tiempo que permanece el agua en la unidad de floculación» (37).
- Densidad, tamaño de *floc* y volumen de lodos (37).

c) Floculantes

Según Andía (37) los floculantes tienen una naturaleza mineral, orgánico natural y orgánico de síntesis.

- **Floculante mineral**

La más utilizada en los años 70 y 80 para tratar aguas es la sílice activada, usada como neutralizador parcial del silicato de sodio en solución (37).

- **Floculante orgánico natural**

Floculantes con polímeros naturales extraídos de sustancias vegetales (37).

- **Floculante orgánico de síntesis**

«Macromoléculas de una gran cadena, obtenidos por asociación de monómeros sintéticos con masa molecular elevada de 10⁶ a 10⁷ gr/mol». Estos pueden ser «aniónicos (generalmente copolímeros de la acrilamida y del ácido acrílico), neutros (poliacrilamidas) y catiónicos (copolímero de acrilamidas más un monómero catiónico)» (37).

2.2.1.7. Sedimentación

Las partículas al tener mayor densidad que el agua, por acción de la gravedad descienden al fondo del medio que los contiene. «La sedimentación de las partículas, también llamado decantación es más eficiente cuando estas tiene mayor tamaño» (21).

2.2.1.8. Proceso de Remoción de Materia Orgánica

La remoción de la materia orgánica se da por tipo físico y biológico. La remoción física se da mediante el proceso de floculación y sedimentación, cuando la materia orgánica se encuentra en tamaño de partícula (>100 μm), supracoloide (1-100 μm) o coloide (10⁻³-1 μm) y cuando la materia orgánica se encuentra disuelta, la remoción se produce mediante el proceso de adsorción y absorción. Asimismo, en la remoción de tipo biológico intervienen los microorganismos, influenciados por la disponibilidad de oxígeno, pH del fluido y temperatura. La biodegradación de la materia orgánica se da mediante «reacciones de oxidación/reducción, hidrólisis y fotólisis» (50).

La disponibilidad de oxígeno disuelto en el volumen de agua, medida por el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO), «condiciona el tipo de microorganismos que intervienen en la degradación de la materia

orgánica» (50), siendo así los microorganismos aerobios los que necesitan oxígeno para transformar la materia biodegradable en «compuestos minerales, gases y biomasa microbiana» (50), siendo los más eficientes en comparación con los microorganismos anaerobios, que hacen uso de «compuestos diferentes al oxígeno [...] como nitratos, carbonatos o sulfatos, que dan lugar a compuestos reducidos del tipo de óxidos de nitrógeno, nitrógeno, azufre, tiosulfato» (50).

2.2.1.9. Proceso de Remoción de Parámetros Microbiológicos

Las aguas residuales contienen una gran cantidad de organismos patógenos, entre ellos «helmintos, protozoos, hongos, bacterias o virus» (50). Para verificar el grado de contaminación del cuerpo natural de agua, como receptor de las descargas directas de aguas residuales, «únicamente se realiza la determinación de un grupo de microorganismos que sirva como índice de contaminación [...]», siendo el recuento de coliformes fecales el indicador más común (50).

Estos organismos pueden encontrarse en la superficie de los sólidos que contiene el volumen de agua o pueden estar en suspensión, por tanto, su remoción se produce por sedimentación, adsorción/absorción. Además, al ser «organismos intestinales para su supervivencia requieren sustratos ricos y altas temperaturas» (50).

2.2.2. Base Legal

2.2.2.1. Constitución Política del Perú

El artículo 2 menciona que «toda persona tiene derecho a la vida, [...], a su integridad moral, psíquica y física y a su libre desarrollo y bienestar», «así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida» (51).

2.2.2.2. Ley General del Ambiente, Ley N.º 28611

En el artículo 120 se redacta que «el Estado, a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país», de la misma forma, el artículo 121 redacta que «el Estado emite con base en la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o

jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes», asimismo, en el artículo 113 se da a conocer que «toda persona natural o jurídica, pública o privada, tiene el deber de contribuir a prevenir, controlar y recuperar la calidad del ambiente y de sus componentes» (52).

2.2.2.3. Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA

En el artículo 1 se redacta «aprobar la Clasificación de cuerpos de agua continentales superficiales». Mediante el cual el río Chanchamayo, perteneciente a la cuenca Perené, es clasificada en la «categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales» (17).

2.2.2.4. Límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, D. S. N.º 003-2010-Minam

«El artículo 32, numeral 32.1 de la Ley General del Ambiente define al límite máximo permisible-LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente» (19).

Según el D. S. N.º 003-2010-Minam, los LMP para efluentes de PTAR domésticas o municipales son los siguientes:

Tabla 6. Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	200

Fuente: Ministerio del Ambiente (19)

2.2.3. Principio Metodológico o Estado de Arte

2.2.3.1. *Opuntia ficus-indica*

La metodología que se aplicó en la investigación para la obtención del mucílago de la *Opuntia ficus-indica* (penca de tuna) estuvo basada en la tesis

desarrollada por Inga (21), donde evaluó la eficiencia del coagulante en polvo extraído de la *Opuntia ficus indica* para la disminución de coliformes totales y la turbidez mediante la determinación de la dosis óptima. El mucílago en polvo fue obtenido por liofilización de la penca de tuna para «eliminar la humedad y preservar las propiedades del ácido poligalacturónico». Llevó a cabo tres experimentos, con tres diferentes concentraciones por cada experimento, obteniendo como resultado que la penca de tuna liofilizada a una concentración de 5 mg/L remueve 89 % de coliformes totales y a una concentración de 60 mg/L remueve la turbidez en un 89.69 %, teniendo en consideración que las concentraciones iniciales de coliformes totales y turbidez fueron 70 000 NMP/100 ml y 16,4 NTU, respectivamente (21).

a) Obtención del coagulante de *Opuntia ficus indica* por liofilización

El proceso fue desarrollado de la siguiente manera:

- Recolección de las pencas de tuna (3.080 kg)
- Conservación de los cladiolos de tuna extraídos (envolver con papel *Kraft*)
- Conservación de los cladiolos a temperatura ambiente dentro del laboratorio
- Lavado de las pencas de tuna y extracción de espinas
- Pelado de las pencas de tuna (extracción de la cutícula)
- Corte de la pulpa en pequeños trozos
- Colocación de los cubos de la pulpa de tuna en el liofilizador
- Triturado del material seco de la pulpa de tuna para reducir su tamaño.
- Tamizado del polvo de la *Opuntia ficus indica* (tamaño 1 mm), obteniendo 0.127 kg de mucílago liofilizado

b) Muestreo del agua

Se llevó a cabo un muestreo no probabilístico del agua del río Cunas, en el puente Eternidad (punto de muestreo) y en época de estiaje. Los resultados iniciales obtenidos a partir de este muestreo fueron:

DATOS GENERALES								
LUGAR DE MUESTREO			DEPARTAMENTO			PROVINCIA		
Puente de la eternidad.			Junín			Chupaca		
DATOS DEL MUESTREO								
Identificación de la muestra	Fecha de la muestra	Hora de muestra	pH	PARAMETROS REQUERIDOS				
				Temperatura	Coliformes totales NMP/100 mL	DBO	DQO	Turbidez
Agua de río	12-09-18	17 h 18 min	7,8	15°C	70 000	2,05	18,8	16,4

Figura 12. Resultado de datos iniciales del agua del río Cunas (21)

c) Prueba de jarras

- Pesado del polvo de penca de tuna liofilizada por litro de agua
- Llenado de 1 litro de agua muestreada a cada vaso de precipitación
- Verificar que los vasos de precipitación y las paletas estén centradas
- Traslado de la dosis de la penca liofilizada a los vasos de precipitación
- Encender las lámparas del equipo e iniciar el proceso de coagulación y floculación

d) Valores de agitación

La programación de los valores de agitación se presenta a continuación:

Tabla 7. Valores de agitación

	Velocidad	Tiempo
Agitación rápida	150 rpm	1 minuto
Agitación lenta	60 rpm	30 minutos

Fuente: Inga (21)

e) Análisis de laboratorio

Los análisis se realizaron en el laboratorio Cerper, en la ciudad de Lima, mediante las siguientes normas de referencia:

Tabla 8. Norma de referencia por tipo de ensayo

Tipo de ensayo	Norma de referencia
Coliformes totales (NMP)	«SMEWW-APHA AWWA-WEF.Part 9221 B, 23 rd Ed.2017 Multiple-Tube fermentation technique for Members of the Coiform froup.Standar Total Coliform Fermentation Technique» (21).
Demanda bioquímica de oxígeno	«SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 5210.Biochemical Oxygen Demand (BOD).5-Day BOD Test» (21).

Demanda química de oxígeno	«SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd ED.2017.Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method»(21).
Turbidez	«SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 2130 B, 23 rd ED.2017, Turbidity. Nephelometric Method» (21).

Fuente: Inga (21)

2.2.3.2. *Aloe vera*

En la investigación realizada por Camarena (25) se realizó la evaluación de la influencia que tiene el mucílago del *Aloe vera*, el tiempo de coagulación y floculación sobre la disminución de la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del agua residual doméstica, muestreada en el colector de aguas residuales domésticas de Pio Pata, El Tambo, Huancayo. El agente coagulante en polvo se obtuvo mediante las etapas de lavado, secado, molido y tamizado. La simulación del tratamiento se realizó con el equipo de prueba de jarras, en el que utilizó tres diferentes concentraciones del coagulante, dos tiempos de coagulación y dos tiempos de floculación. Determinando como resultado que el mucílago del *Aloe vera* disminuye la DBO en un 72.5 %, a una concentración de 2000 ppm, «2 minutos de tiempo de coagulación y 15 minutos de tiempo de floculación».

a) **Obtención del coagulante del *Aloe vera***

El proceso de obtención del mucílago se desarrolló de la siguiente manera:

- Recolección de las hojas de sábila (4.5 kg)
- Lavado de las hojas y secado al ambiente
- Corte de los bordes de las hojas de sábila y remojo en agua durante 3 días para la expulsión del yodo
- Lavado y extracción de la cutícula de las hojas de sábila
- Corte en trozos largos de la pulpa de sábila
- Secado en una mufla a 60 °C por 48 horas
- Triturado de la pulpa seca de la sábila
- Tamizado del polvo del *Aloe vera* (tamaño 250µm), obteniendo 11.8046 g del coagulante

b) **Muestreo del agua residual doméstica**

Se realizó un muestreo aleatorio simple, donde se recolectó 30 litros de agua residual doméstica, donde se hizo uso de 600 mL para el análisis de la

concentración inicial de la DBO y el volumen restante para el tratamiento con el coagulante *Aloe vera* haciendo uso del equipo prueba de jarras.

c) Preparación del coagulante

«Se preparó una solución de 10 000 ppm, se pesó 10 g del coagulante y se disolvió en una fiola de 100 mL de agua destilada. A partir de esta solución de 10 000 ppm se preparó soluciones de 2000, 3000 y 4000 ppm» (25).

d) Valores de agitación

Una vez preparadas las soluciones del coagulante del *Aloe vera* se realizó el tratamiento del agua residual doméstica, a nivel de laboratorio, haciendo uso del equipo de prueba de jarras con las siguientes condiciones:

Tabla 9. Valores de agitación

	Velocidad	Tiempo
Agitación rápida	100 rpm	2 minutos
Agitación lenta	50 rpm	15 minutos
Sedimentación		60 minutos

Fuente: Martínez (25)

e) Análisis de laboratorio

Los análisis de reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se realizaron en la Universidad Nacional del Centro del Perú, con las condiciones de incubación de tiempo en 5 días y a una temperatura de 20 °C±1 °C (25).

2.2.4. Generación de Aguas Residuales en el Distrito de Chanchamayo

En la investigación se evalúa la capacidad coagulante de la *Opuntia ficus-indica* y el *Aloe vera*, en combinación, en el agua residual municipal generada por los pobladores de la ciudad de La Merced y que es descargada al río Chanchamayo, que actúa como cuerpo receptor.

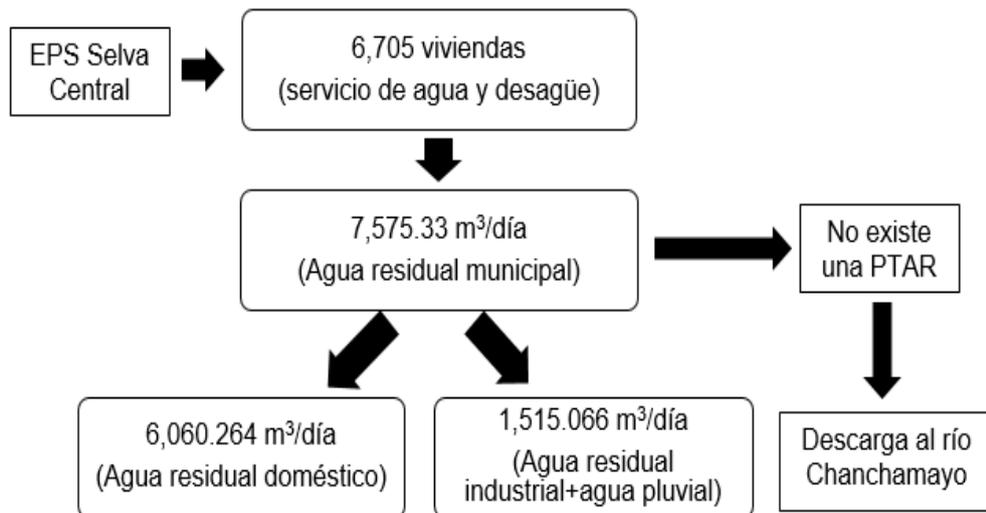


Figura 13. Volumen de aguas residuales generados en el distrito de Chanchamayo (m³/día)

2.2.5. Modelo Teórico de Investigación

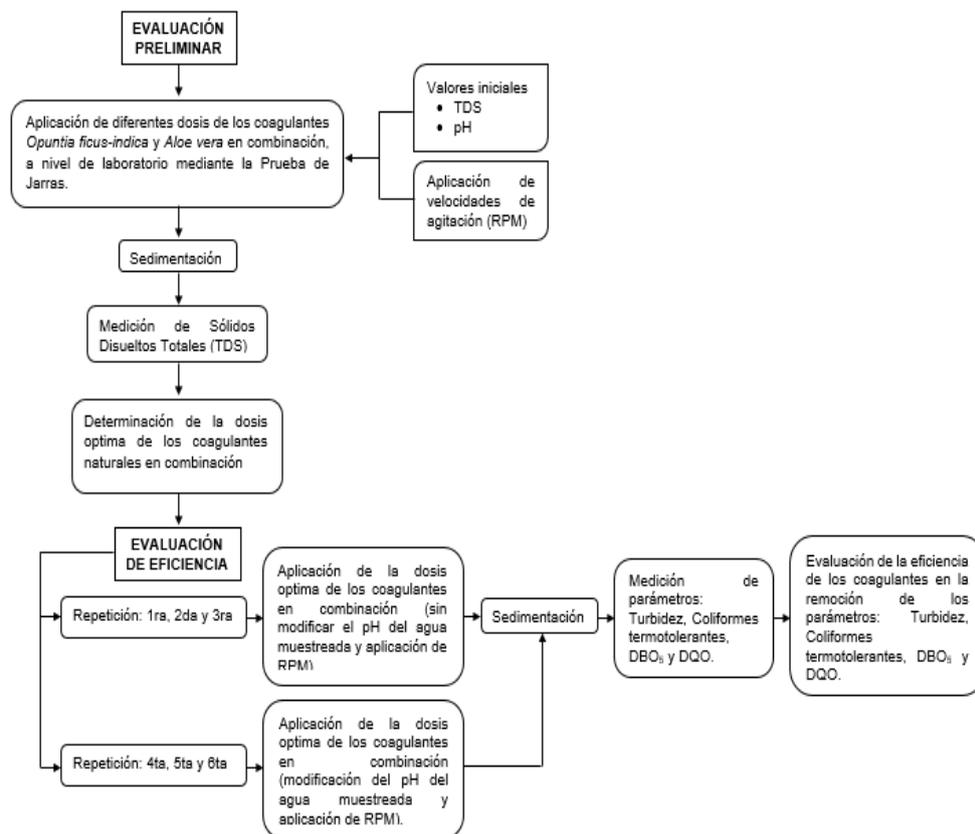


Figura 14. Evaluación preliminar y evaluación de eficiencia de los coagulantes naturales

2.3. Definición de Términos Básicos

- **Agua residual:** volumen de agua cuya calidad inicial ha sido alterada producto de las actividades antropogénicas, por lo que no pueden ser reutilizadas de manera inmediata o dispuestas directamente al sistema de alcantarillado o una fuente natural de agua (32).

- **Agua residual municipal:** volumen de agua que es producto de la mezcla del agua residual doméstica, agua pluvial y agua residual industrial previamente tratada (32).
- **Muestra simple:** también denominada como muestra puntual o discreta que consiste en la toma de un determinado volumen de agua en un punto o lugar específico; «el cual representa la composición del agua para ese lugar, tiempo y circunstancia particular en el que se tomó la muestra» (53).
- **Prueba de jarras:** es un ensayo realizado a nivel de laboratorio, en el cual se simula el proceso de coagulación, floculación y sedimentación con el objeto de hallar la dosis óptima del coagulante a utilizar y, finalmente, obtener agua tratada con una determinada calidad, el cual se encuentra en función al tipo de uso que se le quiera dar (54). Esta «prueba pretende precisar las condiciones aplicadas a mayor escala con velocidades de rotación rápida y lenta, implementados con diversos agitadores dirigidos por mecanismos que generan torbellinos en todos los vasos precipitados» (28). La prueba de jarras es considerada como un método práctico y eficiente, a pequeña escala, en los procesos de coagulación, floculación y sedimentación, que permite un análisis y precisión para ser aplicado a mayor escala (28).
- **Extractor Soxhlet:** es un equipo que permite extraer pigmentos, aceites y grasas de un material generalmente sólido (coagulantes naturales en polvo) mediante la utilización de un solvente. Cuenta con un sistema que permite recircular el solvente, lo que origina que este procedimiento se desarrolle por medio de un lavado consecutivo del solvente sobre el material sólido (28).
- **Coagulación:** la finalidad del proceso de coagulación es desestabilizar partículas coloidales que se encuentran en suspensión mediante la neutralización de las cargas (nube de iones) que se encuentran sobre la superficie de las partículas por medio de la adición de coagulantes, a fin de eliminar la turbidez, materia orgánica y microorganismos (37).
- **Coagulante natural:** «son una fuente alternativa de gran potencial aún no explotado suficientemente; se producen de manera espontánea, debido a reacciones bioquímicas que ocurren en animales y en plantas. Por lo general, presentan una mínima o nula toxicidad y, en muchos casos, son productos alimenticios con alto contenido de carbohidratos y de proteínas solubles en agua» (13).

- **Floculación:** mediante una mezcla lenta de la masa de agua, la floculación provoca la aglutinación de *floc* recientemente formados en el proceso de coagulación, incrementando su tamaño y peso, que provoca la aceleración de eliminación de las partículas por decantación (37).
- **Coliformes termotolerantes:** microorganismos que pueden soportar hasta una temperatura de 44.5 °C, representada principalmente por la *E. coli*, provenientes del tracto intestinal humano y de animales de sangre caliente, por lo que la existencia de este microorganismo en una muestra de agua es un indicativo de que está siendo contaminada por residuos fecales producto de las descargas de aguas residuales (22).
- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅):** «cantidad de oxígeno disuelto (mg/l) necesario para oxidar biológicamente la materia orgánica de las aguas residuales, en el transcurso de cinco días» (14).
- **Turbidez:** «es una medida del grado de nitidez del agua por la existencia de partículas en suspensión» (21) como arena, arcillas y otras partículas que no pueden sedimentarse fácilmente por acción de la gravedad, generando efectos negativos a la vida endémica del ecosistema acuático (21).
- **Potencial de hidrógeno (pH):** es la medida de acidez o alcalinidad de una solución, que depende de la cantidad de iones de hidrógeno (actúa como indicador de la acidez o basicidad) (55).
- **Límite máximo permisible (LMP):** «el LMP es la medida de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o a una emisión» (56). La medida de los parámetros se realiza en el punto de emisión o de descarga del efluente (en el punto específico de descarga o emisión generado por una actividad productiva), las mismas que al exceder la concentración establecida por el LMP representa un riesgo para la salud y el bienestar humano y al medio ambiente (56).
- **Sólidos disueltos totales (TDS):** es un indicador de calidad del agua, que representa la suma de metales, minerales y sales disueltas en una muestra de agua. Una alta concentración de los TDS en el agua produce turbiedad y su tamaño es menor a dos micrones. Los TDS son procedentes de aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentías agrícolas (57).

- **Absorción:** «es un proceso en que las moléculas o átomos de una fase interpenetran casi uniformemente en los de otra fase constituyéndose una solución con esta segunda» (58).
- **Adsorción:** es un proceso que implica acumulación o concentración de sustancias (coloides, materiales dispersos) sobre una superficie generalmente en estado sólido mediante enlaces físicos y químicos. El material adsorbido en la superficie recibe el nombre de adsorbato y la fase que lo adsorbe es el adsorbente (58).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y Alcance de la Investigación

3.1.1. Método de Investigación

El método general de esta investigación es científico, según Cegarra (59) este modelo se postula con base en las observaciones o mediciones experimentales realizadas, luego se ejecuta la verificación de las predicciones con base en las observaciones y mediciones y finalmente se ajusta el modelo acorde a las nuevas mediciones u observaciones verificadas, lo que hace que se vuelva al primer proceso de observación o medición, haciéndose de esta manera un proceso interminable. Las etapas que comprenden este método inician con el planteamiento del objetivo; esta etapa es considerada como la más importante, por lo que, plantearlo adecuadamente da solución al problema, luego se realiza la reunión de datos, organización de los datos, propuesta de una posible solución; que son las hipótesis, seguido a ello se realiza la prueba de la solución o prueba de hipótesis y finalmente, la presentación de los resultados. Llevar a cabo la investigación con el método científico hace que el investigador cumpla con las fases del proceso de investigación y no lleve a cabo experiencias innecesarias, evitando de esta forma gastos innecesarios de esfuerzo, tiempo y dinero.

El método de investigación específico es observacional-experimental, Arroyo citado por Gabino (13) señala que «la observación es la acción de mirar detenidamente un objeto o cosa» con el objetivo de asimilar detalladamente el conjunto de hechos o fenómenos que se producen. «Asimismo, en las ciencias naturales la observación se puede limitar al laboratorio, es decir a la experimentación» (13), por lo que la

modificación de las variables independientes a nivel de laboratorio dan a conocer resultados que se ven reflejados en la mejora de la calidad de un cuerpo natural de agua que es contaminado por descargas de aguas residuales municipales (13). Por consiguiente, a continuación, se pasa a demostrar dicha metodología experimental:

En primer lugar, para obtener el coagulante de la *Opuntia ficus-indica* se aplicaron los procesos señalados en la figura 15, que estuvo referenciado al método aplicado por Inga (21) y en segundo lugar, la obtención del coagulante del *Aloe vera* señalado en la figura 17 fue referido al método aplicado por Camarena (25).

Con relación a la evaluación de la eficiencia de los dos coagulantes naturales en combinación y a nivel de laboratorio, se dividieron en dos etapas. La primera etapa de evaluación preliminar y la segunda etapa de evaluación de eficiencia. El objeto de la división de las pruebas de laboratorio en dos etapas fue, en la etapa de evaluación preliminar, determinar la dosis óptima de los dos coagulantes naturales en combinación (divididas al 50 % de la concentración óptima) para obtener resultados significativos en la investigación. En la segunda etapa, aplicando la concentración óptima de los coagulantes, determinada en la primera etapa, evaluar su eficiencia en la remoción de los siguientes parámetros coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO y la turbidez.

3.1.2. Obtención del coagulante *Opuntia ficus-indica*

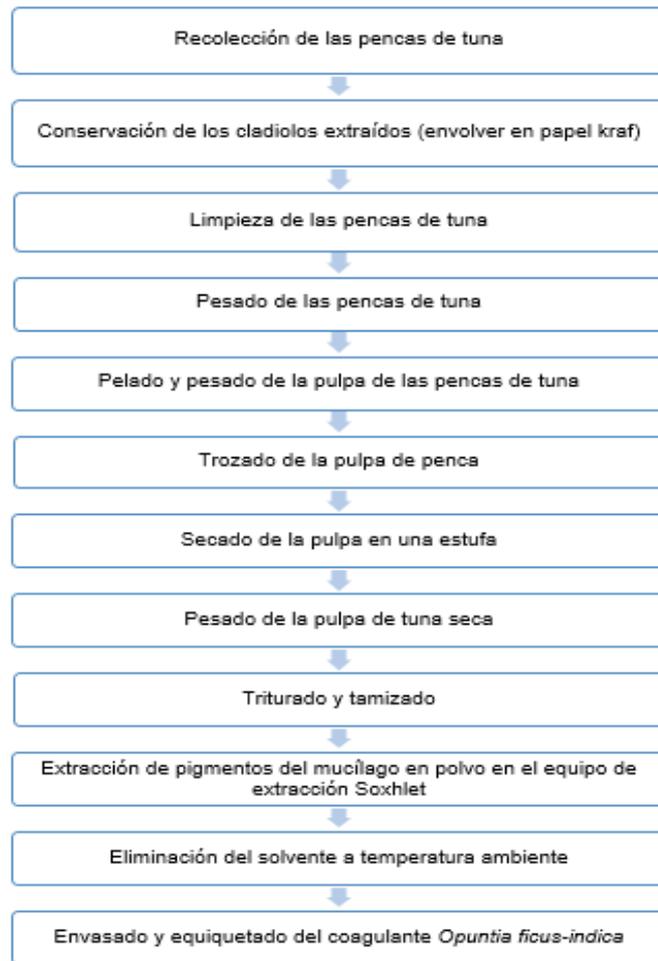


Figura 15. Procesos para la obtención del coagulante *Opuntia ficus-indica*

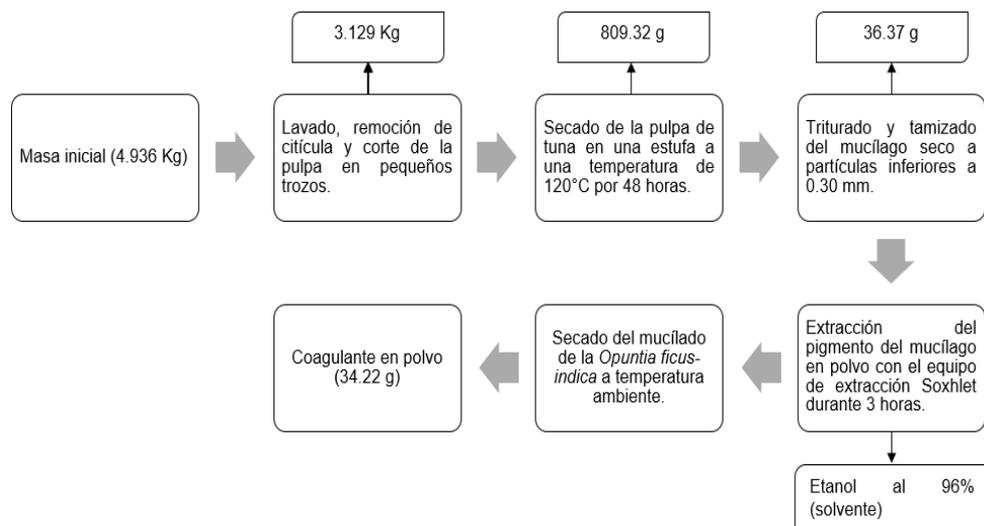


Figura 16. Proceso de obtención del coagulante *Opuntia ficus-indica* en polvo

3.1.3. Obtención del coagulante *Aloe vera*

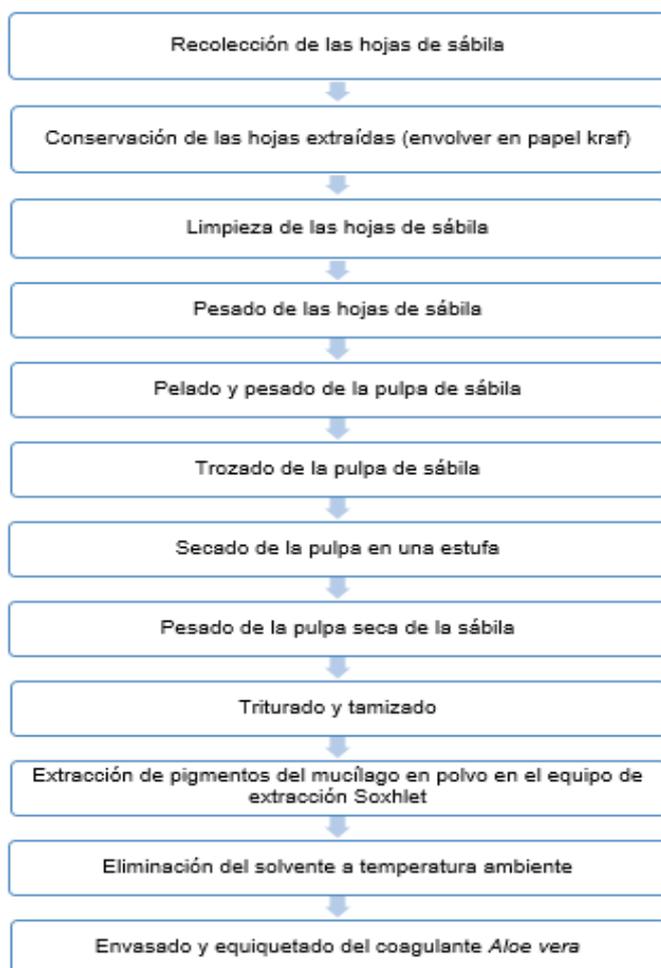


Figura 17. Procesos para la obtención del coagulante *Aloe vera*

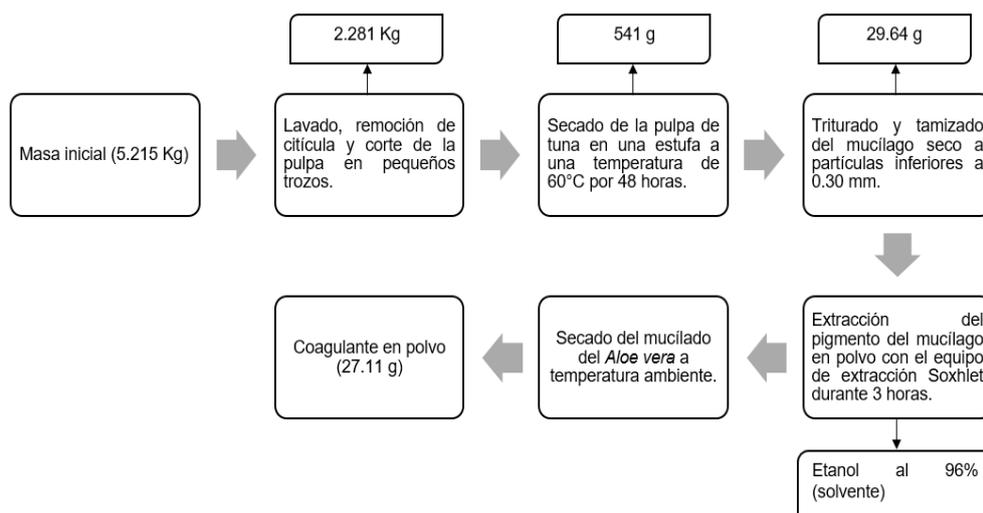


Figura 18. Proceso de obtención del coagulante *Aloe vera* en polvo

3.1.4. Tipo de Investigación

La investigación se desarrolló por su finalidad, de tipo aplicado. De acuerdo a Cegarra (59) este tipo de investigación tiene como objeto «la resolución de problemas

o al desarrollo de ideas, a corto o medio plazo, dirigidas a conseguir innovaciones, mejorar los procesos o productos, incrementos de calidad y productividad, etc.». Asimismo, la investigación de tipo aplicada se caracteriza por hacer uso de los resultados o conocimientos existentes de una investigación básica para adquirir nuevos conocimientos mediante la resolución práctica a un problema (60), por medio de la implementación de un estudio riguroso, organizado y sistemático (61). En ese sentido, para la ejecución de la investigación se utilizó información de antecedentes y bases teóricas del uso de la *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* como coagulantes naturales para la disminución de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del agua residual municipal como coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO y turbiedad.

3.1.5. Alcance o Nivel de Investigación

La investigación tiene un alcance correlacional, ya que existe el interés de determinar la relación existente entre la reducción de coliformes termotolerantes, turbiedad, la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno con la aplicación de coagulantes naturales en combinación y la modificación del pH de las muestras del agua residual municipal. Ya que, de acuerdo con Hernández (62), este alcance de investigación tiene como objeto determinar el nivel de relación existente entre dos o más variables, es decir, determinar el comportamiento de una variable con respecto a la modificación de otra. Este grado de vinculación se determina mediante una prueba de hipótesis.

3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Diseño Experimental

Se desarrolla un diseño de investigación experimental debido a que existe la manipulación intencionada de una o más variables independientes y se observa el efecto de dicha manipulación en una o más variables dependientes, es decir, existe una relación causal de la variable independiente sobre la variable dependiente (62). En la investigación se realizó la manipulación de las concentraciones o dosis de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* y del pH de las muestras del agua residual municipal (variables independientes) y se analizaron los resultados en función a la disminución de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos como coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y turbiedad (variables dependientes).

3.2.1.1. Cuasiexperimental

El diseño cuasiexperimental se caracteriza por tener grupos intactos, es decir, los grupos ya se encuentran definidos antes de realizar la experimentación, por lo que no existe una asignación al azar de grupos, esto hace que no haya seguridad en la determinación de la equivalencia inicial de grupos, pero el trabajo se desarrolla con el mayor control posible de estos (62).

Para esta investigación se realizó un diseño cuasiexperimental de pre- y posttest, es decir, se realiza una observación inicial de las cantidades y concentraciones de coliformes termotolerantes, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno, se le administra el estímulo y, finalmente, se realiza la observación y el análisis para determinar los resultados. Asimismo, se cuenta con un grupo control para determinar el efecto que tiene la aplicación de la dosis de coagulantes naturales y la modificación del pH de las muestras de agua residual, en el proceso de coagulación y floculación.

En la investigación se realizó 3 repeticiones por cada grupo experimental, en diferentes días en el transcurso de una semana, durante 2 semanas, para obtener resultados representativos en la disminución y remoción de las variables dependientes (coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y turbiedad), obteniéndose un total de 17 unidades experimentales para el parámetro de coliformes termotolerantes y 7 unidades experimentales para los parámetros DBO₅, DQO y turbidez.

El diseño del primer grupo experimental, que consiste en la aplicación de la concentración óptima de los coagulantes naturales en combinación, se representa de la siguiente manera:

GE1	O₁	X	O₂
GC	O₁	—	O₃

O₁: medida inicial de las cantidades y concentraciones de las variables dependientes.

X: administración de la concentración óptima de los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación.

O₂: medida final de las cantidades y concentraciones de las variables dependientes.

GC: grupo control, no recibe la administración del estímulo.

O₃: medida final de las cantidades y concentraciones de las variables dependientes del grupo control.

El segundo grupo experimental, modificación del pH de las muestras de agua residual municipal y aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales en combinación, se representa como:

GE2	O₁	YX	O₂
GC	O₁	—	O₃

O₁: medida inicial de las cantidades y concentraciones de las variables dependientes.

Y: modificación del pH de las muestras de agua.

X.: administración de la concentración óptima de los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera*.

O₂: medida final de las cantidades y concentraciones de las variables dependientes.

CG: grupo control, no recibe la administración del estímulo.

O₃: medida final de las cantidades y concentraciones de las variables dependientes del grupo control.

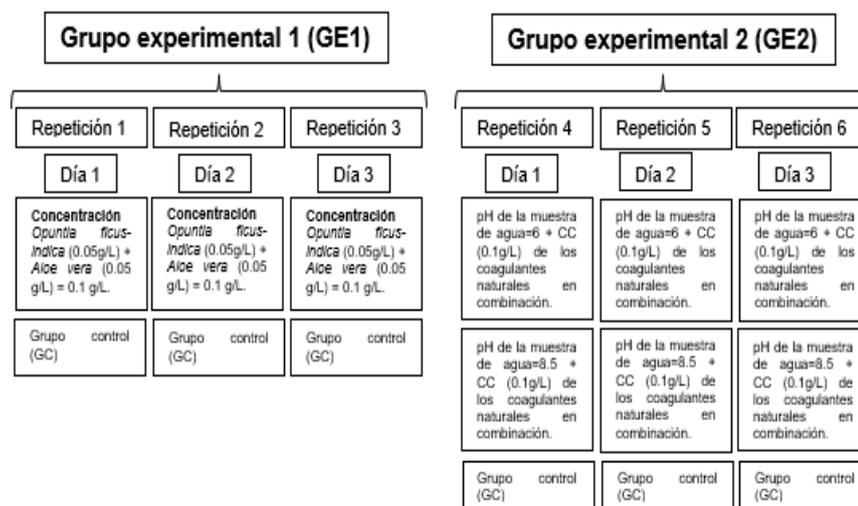


Figura 19. Comparativo entre los grupos experimentales 1 y 2

3.3. Área de Estudio

3.3.1. Ubicación del río Chanchamayo como Punto de Estudio

El río Chanchamayo, pertenece a la cuenca del Perené, se forma por la confluencia de los ríos Tulumayo y Palca, tiene una longitud de 22.88 km (17) y está ubicado entre los distritos de San Ramón y Chanchamayo, provincia de Chanchamayo, región Junín, asimismo, a sus orillas está ubicada la ciudad de La Merced.

Como se observa en la figura 20, el río Chanchamayo tiene los siguientes límites: por el norte limita con el río Paucartambo, que entra en confluencia con el río Chanchamayo y forman el río Perené por el lado este, por el sur limita con el río Tulumayo y por el oeste con el río Palca. Además, las aguas del río Chanchamayo son usadas para el riego de cultivos que se encuentran a lo largo de la orilla, para actividades recreativas de la población, así como también, para el consumo del ganado vacuno.

3.3.2. Descripción del Área de Estudio

La ciudad de La Merced, cuenta con una población total de 24 629 habitantes, según el Censo Nacional del 2017 llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (63). La ciudad se encuentra a una altitud de 751 m s. n. m., «comprendiendo una posición geográfica de 11° 03' 43" Latitud Sur y 75°20' 06" Latitud Oeste, con una temperatura máxima de 30 °C y mínima de 15 °C y un clima cálido-húmedo con abundantes lluvias entre noviembre a mayo, como es característico de las zonas de ceja de selva» (64).

La ciudad de La Merced tiene una «extensión territorial de 919.72 km² que limita por el norte con el distrito San Luis de Shuaro, por el este con el distrito de Perené, por el sur con el distrito de San Ramón y por el oeste con la provincia de Tarma» (64). Asimismo, la ciudad cuenta con un alto potencial turístico y actividades industriales de agro-exportación.

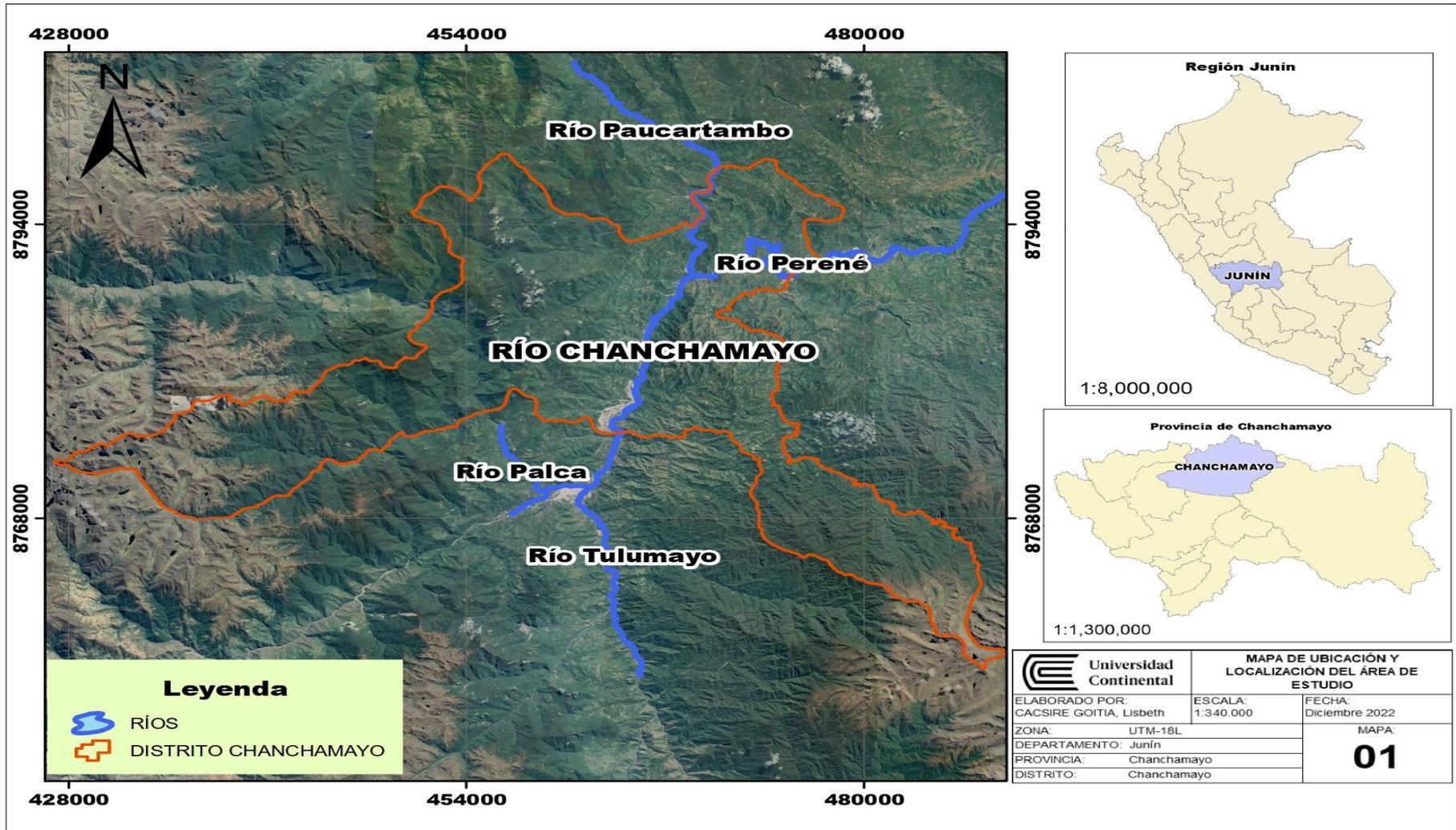


Figura 20. Mapa de ubicación y localización del río Chanchamayo

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

La población está representada por el agua residual municipal, generada por la población de la ciudad de La Merced con un volumen aproximado de 7575.33 m³/día, delimitada por la coordenada UTM 18L 464918 8780015, en diciembre y en días de estiaje, en el distrito y provincia de Chanchamayo, región Junín.

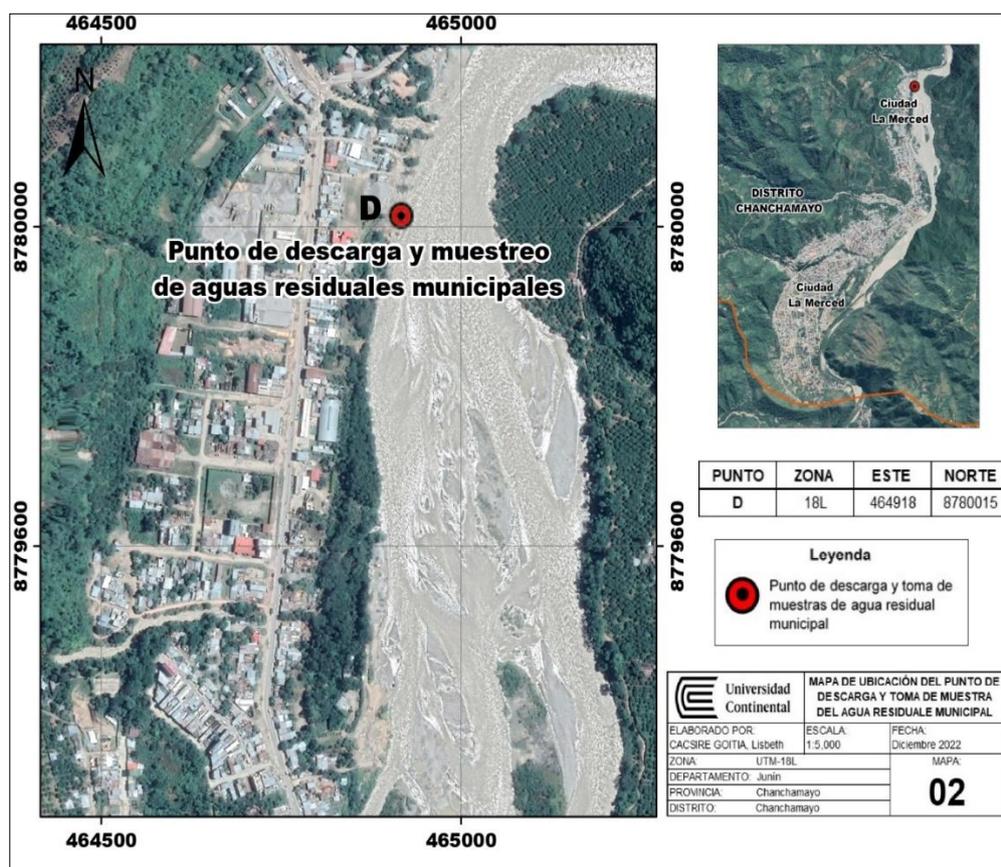


Figura 21. Mapa de localización del punto de descarga y punto de toma de muestras de agua residual municipal

3.4.2. Muestra

La muestra está representada por 52 litros de agua residual municipal (tabla 10), fue tomada en diciembre en días de estiaje, delimitada por la coordenada UTM 18 L 464918 8780015. La muestra es de tipo no probabilístico por conveniencia y el muestreo de agua es de tipo simple, donde las muestras tomadas «son representativas de las características y la composición del agua residual para el tiempo, la ubicación y circunstancia en la que se realizó la recolección» (53).

Las muestras de agua residual municipal fueron almacenadas y acondicionadas en recipientes esterilizados, proporcionados por el laboratorio *Urdream laboratory*,

para el traslado a la Universidad Continental, sede Huancayo, para el desarrollo del ensayo de prueba de jarras y el análisis de las muestras en el laboratorio *Urdream laboratory* en la ciudad de Huancayo. La toma de las muestras se realizó con base en la Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA que aprueba el «Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales» (53).

Tabla 10. Determinación del tamaño de la muestra (L)

Etapas	Descripción	Volumen de agua residual por repetición					
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
Evaluación preliminar	Determinación de la dosis óptima de los coagulantes en función a la reducción de sólidos disueltos totales (TDS).	5L	5L	-			
Evaluación de eficiencia	Desarrollo y análisis del primer grupo experimental (GE1)	8L	8L	8L			
	Desarrollo y análisis del segundo grupo experimental (GE2)	-	-	-	6L	6L	6L
Volumen total de agua residual municipal				52 litros			

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.5.1. Técnicas de Recolección de Datos

3.5.1.1. Reconocimiento del Área de Estudio

Durante la primera visita a campo se realiza la ubicación de la tubería de descarga del agua residual municipal, se pudo evidenciar la descarga directa de las aguas residuales hacia el río Chanchamayo provocando su contaminación en condición de cuerpo receptor. Asimismo, se identifica el tipo de uso que se le da al río Chanchamayo (riego de cultivos, actividades recreativas).

3.5.1.2. Proceso de Obtención de los Coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera*.

El proceso de obtención de los coagulantes naturales en polvo descritos en la figura 15 y 17 se detallan a continuación:

a) Recolección de las pencas de tuna y hojas de sábila

La recolección de las pencas de tuna (12 cladiolos) y de las hojas de sábila (16 hojas) se hizo de plantaciones en viviendas de la ciudad de La Merced, distrito y provincia de Chanchamayo.



Figura 22. Extracción de las pencas de tuna y hojas de sábila

b) Conservación de los cladiolos de tuna y hojas de sábila extraídos

Previo al traslado de los cladiolos de tuna y hojas de sábila desde la ciudad de La Merced al laboratorio de química de la Universidad Continental, sede Huancayo, estas fueron envueltas en papel *Kraft* para su protección.



Figura 23. Protección de los cladiolos y hojas de sábila envolviendo en papel Kraft

c) Limpieza de las pencas de tuna y hojas de sábila

Las pencas de tuna y hojas de sábila fueron lavadas con abundante agua para eliminar residuos presentes en la cutícula y en el caso de la penca de tuna extraer las espinas.



Figura 24. Lavado y secado de los cladiolos de tuna y hojas de sábila

d) Pesado de las pencas de tuna y hojas de sábila

Haciendo uso de una balanza electrónica calibrada se realizó el pesaje de las pencas de tuna lavadas y secas. Los 12 cladiolos de tuna recolectados alcanzaron un peso total de 4.936 kg. Asimismo, las 16 hojas de sábila lavadas y secados a temperatura ambiente alcanzaron una masa de 5.215 kg.



Figura 25. Balanza electrónica para el pesado de las pencas y hojas de sábila

e) Pelado y pesado de la pulpa de tuna y sábila

Se retiró la cutícula de las pencas de tuna y de las hojas de sábila, haciendo uso de un cuchillo doméstico, a fin de separar la pulpa, que será utilizado para obtener los coagulantes. En seguida se hizo el pesaje, llegándose a obtener 3.129 kg de pulpa de la *Opuntia ficus-indica* y 2.281 kg de pulpa del *Aloe vera*.



Figura 26. Pelado de las hojas de sábila y pencas de tuna

f) Trozado de la pulpa de tuna y sábila

La pulpa de la tuna se cortó en pequeños trozos cuadrados, de alrededor de 1 cm y en el caso de la sábila fue cortado en tiras rectangulares, haciendo uso de un cuchillo doméstico.



Figura 27. Trozado de las pulpas de sábila y tuna

g) Secado de la pulpa de tuna y sábila en una estufa

La pulpa de tuna y sábila, en trozos, fueron sometidos a un proceso de secado en las estufas de la Universidad Continental. Para secar la pulpa de tuna, la estufa fue programada a una temperatura de 120 °C por 48 horas y para secar la pulpa de sábila, una segunda estufa fue programada a una temperatura de 60 °C por 48 horas. Las pulpas de cada coagulante fueron acondicionadas por separado y en bandejas de metal recubiertas con papel aluminio.



Figura 28. Secado de las pulpas de tuna y sábila en estufas

h) Pesado de la pulpa de tuna y sábila seca

Transcurridas las 48 horas, las bandejas con las pulpas de tuna y sábila fueron retiradas de la estufa, y pesadas haciendo uso de una balanza gramera electrónica. La pulpa seca de la tuna y la sábila alcanzaron una masa de 809.32 g y 541 g, respectivamente.



Figura 29. Pulpa de tuna seca



Figura 30. Pulpa de sábila seca

i) Triturado y tamizado

La molienda de la pulpa de tuna y sábila seca se realizó utilizando un mortero con pilón para obtener un material sólido con partículas pequeñas. Luego, estos sólidos fueron cernidos haciendo uso de un tamiz de 0.30 mm, obteniéndose aproximadamente una masa de 36 g de *Opuntia ficus-indica* y 29 g de *Aloe vera*.



Figura 31. Triturado y tamizado de las pulpas secas de tuna y sábila

j) Extracción de pigmentos de los mucílagos en polvo en el equipo de extracción Soxhlet

Las masas obtenidas fueron sometidas a un proceso de extracción de pigmentos, de manera individual, haciendo uso del equipo de extracción Soxhlet, durante un tiempo de 3 horas y haciendo uso del etanol al 96 % como agente solvente. Al transcurrir el tiempo, el solvente (alcohol) adquiere una coloración verdosa (*Opuntia ficus-indica*) y marrón oscuro (*Aloe vera*) debido al lavado consecutivo que tiene esta sobre el material sólido y como resultado de la extracción de pigmentos de la tuna y la sábila que son solubles en etanol. Este proceso se realizó con el objetivo de evitar que los coagulantes alteren el color del agua sometido a tratamiento.



Figura 32. Extracción de pigmentos del coagulante Opuntia ficus-indica en el equipo Soxhlet



Figura 33. Extracción de pigmentos de coagulante Aloe vera en el equipo Soxhlet

k) Eliminación del solvente a temperatura ambiente

Luego del proceso de extracción de pigmentos, la masa de cada coagulante fue secado a temperatura ambiente con el objeto de eliminar el etanol residual. Obteniéndose una masa de 34 g de coagulante de la *Opuntia ficus-indica* y 27 g de coagulante de *Aloe vera*.

1) Envasado y etiquetado del coagulante *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera*

Los coagulantes en polvo fueron almacenados y etiquetados en un recipiente de vidrio esterilizado, para luego ser utilizados en las pruebas de evaluación preliminar y de eficiencia.



Figura 34. Almacenamiento y etiquetado del coagulante natural *Opuntia ficus-indica*



Figura 35. Almacenamiento y etiquetado del coagulante natural *Aloe vera*

3.5.1.3. Toma de Muestras de Agua Residual Municipal

La toma de muestras de agua residual municipal se hizo en función a la evaluación de la eficiencia de los coagulantes naturales, es decir, la toma de muestras de agua residual se dividió en dos etapas, la primera toma de muestras se realizó para la determinación de la concentración ideal de los coagulantes naturales en combinación, los que fueron tomados en una sola fecha. La segunda toma de muestras fue realizada para la evaluación de capacidad de los coagulantes en combinación para remover coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO y turbiedad, estas muestras fueron tomadas en seis oportunidades, es decir, se realizaron seis repeticiones.

3.5.1.4. Etapa de Evaluación Preliminar

a) Toma de muestras de agua residual municipal

Se realizó el muestreo de agua residual municipal con el objetivo de determinar la dosis óptima de los coagulantes naturales en combinación, dicha dosis óptima fue determinada en función a la reducción del parámetro de sólidos disueltos totales (TDS). Se muestrearon un volumen de 10 L de agua residual de acuerdo con el «Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales», donde, 8 L fueron utilizados en la prueba de jarras y los 2 L restantes se tuvieron como reserva para la evaluación preliminar. Asimismo, 10 envases esterilizados para la toma y traslado de las muestras de agua al laboratorio de la Universidad Continental, sede Huancayo fueron facilitados por el laboratorio *Urdream laboratory*.

Tabla 11. Punto de muestreo para la evaluación preliminar

Punto de muestreo	Fecha	Hora	Coordenadas UTM	Referencia	Parámetro
D	28/9/2022	08:34	18L 464918 8780015	Mirador Bella Vista	TDS

Se siguió el siguiente procedimiento para la toma de muestras del agua residual:

Tabla 12. Descripción del procedimiento de toma de muestra del agua residual municipal para la evaluación preliminar

Parámetro	Tipo de recipiente	Volumen	Descripción del procedimiento	Preservación y almacenamiento
Sólidos disueltos totales (TDS)	Plástico	1L	Se localizó el punto donde se va a tomar la muestra. Se usaron los equipos de protección personal (EPP). Se rellenó la etiqueta de cada frasco. Se retiró la tapa y contratapa de los frascos sin tocar la boquilla interna de estas. Se realizó el triple lavado de cada frasco, sumergiendo las botellas a contracorriente. Se llenaron los frascos de 1 L. Se tapó el frasco y se guardó en un <i>cooler</i> con hielo para su preservación y traslado al laboratorio.	Almacenamiento en botellas oscuras y refrigeración

b) Determinación de la dosis óptima de los coagulante *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera*

En la investigación, para determinar la concentración ideal, se realizó la prueba de jarras con ocho diferentes concentraciones de coagulantes en combinación, en una relación de 50 % y 50 % del peso total. La definición de la dosis óptima estuvo en función a la reducción de los sólidos disueltos totales del agua residual muestreada y para ello el equipo utilizado fue el turbidímetro calibrado *Pasco Wireless colorimeter and turbidity* 194-944.

Estas ocho concentraciones fueron definidas con base en antecedentes, como la investigación de Camarena (25) «Influencia de la concentración de *Aloe vera*, tiempo de coagulación y tiempo de floculación en la disminución de la demanda bioquímica de oxígeno en el tratamiento de agua residual doméstica», donde hizo uso de una concentración de 2 g/L del coagulante *Aloe vera* para remover la DBO₅. La investigación de Diestra y Ramos (14) «Efecto de la concentración de *Aloe vera* (sábila) y tiempo de floculación en la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica biodegradable de aguas residuales municipales sector el Cerillo, Santiago de Chuco» donde se aplicó 3 g/L de *Aloe vera* para la disminución de turbidez y DBO₅. Asimismo, se tomó la referencia de Albuja (28) «Rendimiento del nopal (*Opuntia ficus-indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) en la reducción de carga orgánica y *Escherichia coli* en las aguas del río Pisco, 2018» donde aplicó una concentración de 0.7 g/L para la disminución de DBO₅, DQO y *E. coli*.

Previo a la aplicación de las ocho concentraciones de coagulantes a las muestras de agua residual, se midió la concentración inicial de los sólidos disueltos totales, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13. Concentraciones de los coagulantes naturales y medición inicial de sólidos disueltos totales

Parámetro	Medida inicial			
Sólidos disueltos totales (TDS)	4.69			
Coagulante	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3	Dosis 4
<i>Opuntia ficus-indica</i>	0.6 g/L	0.9 g/L	1.2 g/L	1.5 g/L
<i>Aloe vera</i>	0.6 g/L	0.9 g/L	1.2 g/L	1.5 g/L
Concentración por aplicar	1.2 g/L	1.8 g/L	2.4 g/L	3 g/L
Parámetro	Medida inicial			
sólidos disueltos totales (TDS)	10.57			

Coagulante	Dosis 5	Dosis 6	Dosis 7	Dosis 8
<i>Opuntia ficus-indica</i>	0.05 g/L	0.2 g/L	0.35 g/L	0.5 g/L
<i>Aloe vera</i>	0.05 g/L	0.2 g/L	0.35 g/L	0.5 g/L
Concentración por aplicar	0.1 g/L	0.4 g/L	0.7 g/L	1.0 g/L

3.5.1.5. Prueba de Jarras

El *Jar test* o prueba de jarras fue aplicada tanto para la evaluación preliminar como para la evaluación de eficiencia. El equipo utilizado fue *Phipps & Bird JarTester* (figura 37), proporcionado por la Universidad Continental.

La programación del equipo en la velocidad y tiempo de agitación rápida y agitación lenta fueron definidos con base en diferentes antecedentes, como los valores aplicados por Inga (21) (agitación rápida entre 0-150 rpm por 1 minuto y agitación lenta entre 0-60 rpm durante 30 minutos), la investigación de Albuja (28) donde aplicó (agitación rápida 150 rpm por 1 min y agitación lenta 20 rpm por 20 min), Camarena (25) (agitación rápida 100 rpm durante 2 min y agitación lenta 60 rpm durante 15 min) y los valores aplicados en la investigación de Coronado (16) (agitación rápida de 100 rpm por 1 min y agitación lenta de 50 rpm por 20 min). Asimismo, previo al inicio del proceso de coagulación y floculación se realizó la homogenización de las muestras de agua a 50 rpm por 10 segundos, tomando como referencia a López (30) y al finalizar el proceso se consideró un tiempo de sedimentación de 1 hora en referencia a la investigación realizada por Camarena (25).



Figura 36. Equipo de prueba de jarras

Tabla 14. Condiciones de tratamiento del agua en el equipo de prueba de jarras

Etapa	Velocidad	Tiempo
Homogenización	50 rpm	10 segundos
Agitación rápida	150 rpm	90 segundos
Agitación lenta	60 rpm	30 minutos
Sedimentación	-	60 minutos

a) Proceso de funcionamiento del equipo de jarras

- Evaluación preliminar

- Se colocaron 4 vasos de precipitado (B-ker) de 2 L de volumen debajo de cada paleta de agitación.
- Se añadió 1 L de agua residual muestreada en cada vaso de precipitación.
- Se pesó las diferentes concentraciones de los coagulantes naturales (tabla 14).
- Se realizó la medición inicial de sólidos disueltos totales.
- Se bajó las paletas de agitación dentro de los vasos de precipitación, verificando que se encuentren centradas.
- Se realizó la programación del equipo de jarras para la homogenización del agua residual a 50 rpm por 10 segundos, mezcla rápida de 150 rpm por 90 segundos y mezcla lenta 60 rpm por 30 minutos y se dio inicio el proceso.
- Culminado el proceso se hizo reposar los vasos de precipitación durante 1 hora para precipiten los flóculos formados.
- Se midió los sólidos disueltos totales final en el sobrenadante (líquido que se encuentra sobre los flóculos).

- Evaluación de eficiencia

- Se colocaron 3 vasos de precipitado (B-ker) de 2 L de volumen debajo de las paletas de agitación (2 vasos para el grupo experimental y 1 vaso para el grupo control).

- Se añadió 2 L de agua residual muestreada en cada vaso precipitado y se midió el pH inicial.
- La modificación del pH del agua residual muestreada a un valor ácido (pH 6) se logró con la adición de 2 gotas de ácido sulfúrico (equivalente a ½ ml) y para un pH alcalino (pH 8.5) se agregó 250 ml de solución de bicarbonato de sodio.
- Se pesó la concentración óptima de los coagulantes naturales.
- Se bajó las paletas de agitación dentro de los vasos de precipitación, verificando que se encuentren centradas.
- Se realizó la programación del equipo de prueba de jarras para la homogenización del agua a 50 rpm por 10 segundos, mezcla rápida 150 rpm por 90 segundos y mezcla lenta 60 rpm por 30 minutos y se inició el proceso.
- Culminado el proceso, se levantaron las paletas de agitación y se hizo reposar los vasos de precipitación durante 1 hora con el objetivo de que los flóculos formados precipiten.
- Se midió el pH final del sobrenadante.
- Se obtuvieron las muestras del sobrenadante, se hizo la rotulación de cada envase y se envió al laboratorio *Urdream laboratory* para el análisis de los parámetros (coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO y turbiedad).

3.5.1.6. Etapa de Evaluación de Eficiencia

a) Toma de muestra de agua residual municipal

Se realizó la toma de muestras de agua residual municipal (mismo punto donde se realizó el muestreo preliminar). El muestreo fue realizado durante 3 días consecutivos y con 2 repeticiones, con la finalidad de evaluar la capacidad coagulante de la *Opuntia ficus-indica* y el *Aloe vera*. El muestreo fue ejecutado de acuerdo con el «Protocolo nacional para el monitoreo de la

calidad de los recursos hídricos superficiales», donde se muestreó aproximadamente 42 litros de agua residual municipal, este procedimiento se realizó a las 08:34 horas, luego fue trasladado al Laboratorio de Química de la Universidad Continental para realizar la Prueba de Jarras y finalmente se envió al laboratorio *Urdream laboratory*. De igual modo, el mismo laboratorio proporcionó los envases para el traslado del volumen de agua y para el muestreo de los parámetros analizados.

En la siguiente tabla se detalla el procedimiento seguido para el muestreo de cada parámetro:

Tabla 15. Procedimiento del muestro por cada parámetro

Parámetro	Procedimiento
Coliformes termotolerantes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se usaron los equipos de protección personal (EPP). 2. Se rotuló la etiqueta del frasco. 3. Se retiró la tapa y contratapa del frasco sin contaminar sus superficies interiores y el cuello del frasco. 4. Se llenó el frasco dejando un espacio de $\frac{1}{3}$ del volumen de la botella, para facilitar la aireación y mezcla por agitación antes del análisis. 5. Se cerró el frasco y se guardó en el <i>cooler</i> para su preservación y traslado al laboratorio.
DBO₅	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se usaron los equipos de protección personal (EPP). 2. Se rotuló la etiqueta del frasco. 3. Se retiró la tapa y contratapa del frasco sin contaminar su interior. 4. Se realizó el triple lavado del frasco. 5. Se procedió a llenar el frasco, sin dejar espacio entre la tapa y la muestra de agua, para evitar las burbujas. 6. Se tapó el frasco y se guardó en el <i>cooler</i> para su preservación y traslado al laboratorio.
DQO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se usaron los equipos de protección personal (EPP). 2. Se rotuló el frasco. 3. Se retiró la tapa del frasco sin contaminar su interior. 4. Se realizó el triple lavado del frasco. 5. Se procedió a llenar el frasco y se preservó inmediatamente con ácido sulfúrico (H₂SO₄) añadiéndole 4 gotas. 6. Se tapó el frasco y se guardó en el <i>cooler</i> para su preservación y traslado al laboratorio.
Turbiedad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se usaron los equipos de protección personal (EPP) 2. Se rotuló el frasco. 3. Se retiró la tapa del frasco sin contaminar su interior. 4. Se realizó el triple lavado del frasco. 5. Se procedió a llenar el frasco. 6. Se tapó la botella y se guardó en el <i>cooler</i> para su preservación y traslado al laboratorio.

b) Cronograma de fechas de muestreo

La toma de muestras de agua del río Chanchamayo se realizó en 6 oportunidades, los que se dividen en 2 repeticiones, cada repetición se realizó 3 veces por semana, durante 2 semanas.

Tabla 16. Cronograma de muestreo de agua del río Chanchamayo

Repeticiones	Fecha		
	Día 1	Día 2	Día 3
Repeticion 1	4/10/2022	5/10/2022	6/10/2022
Repeticion 2	11/10/2022	12/10/2022	13/10/2022

3.5.1.7. Materiales, Equipos y Métodos

a) Materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados para la obtención de coagulantes, traslado y muestreo del agua residual municipal se describen a continuación:

Tabla 17. Materiales y equipos utilizados para la obtención de los coagulantes y recolección de datos

Etapa	Materiales	Equipo		
Obtención de los coagulantes naturales	<ul style="list-style-type: none"> • Cuchillo • Bandeja metálica • Caja térmica de Tecnopor • Papel aluminio • Papel <i>Kraft</i> • Guantes de nitrilo • Mortero con pilón • Tamiz 0.30 mm • Luna reloj • Cuchara espátula • Envases de vidrio estéril • Balde de 20 L • Papel filtro 	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa marca Memmert • Soxhlet • Balanza electrónica de capacidad máxima 1 kg 		
	Evaluación preliminar		<ul style="list-style-type: none"> • EPP (botas de jebe, guardapolvo, guantes de nitrilo, cofia, cubreboca) • Frascos oscuros de plástico esterilizados de 1 L • <i>Cooler</i> • Etiquetas de identificación de la muestra • <i>Gel Ice pack</i> • Cuchara espátula • Luna reloj 	<ul style="list-style-type: none"> • Test de Jarras, marca Phipps & Bird JarTester, con vasos de precipitación de 2 L esterilizados • Turbidímetro marca Pasco Wireless colorimeter and turbidity • Medidor de pH digital, Waterproof pH Testr 10 • Balanza digital de capacidad máxima 500 g • Test de Jarras, marca Phipps & Bird JarTester, con vasos de precipitación de 2 L esterilizados • Medidor de pH digital marca Hanna • Balanza digital de capacidad máxima 500 g
			<ul style="list-style-type: none"> • EPP (botas de jebe, guardapolvo, guantes de nitrilo, cofia, cubreboca) • Frascos de plástico blanco estéril de 1 L • Frasco de plástico blanco estéril de ½ L 	

Evaluación de eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> • Frasco de plástico blanco de 1 L • Frasco de plástico blanco de ½ L • Frasco de plástico blanco de ½ L • Frasco de preservante (H₂SO₄) • Etiquetas de identificación de la muestra • Cooler • Gel Ice pack • Cadena de custodia • Luna reloj • Cuchara espátula • Varilla de agitación • Piseta • Probeta de 1 L • Vaso de precipitado de 250 mL • Embudo de vidrio • Matraz de 250 mL
---------------------------------	---

b) Métodos

Para la recolección de datos de la investigación se aplicaron los siguientes métodos:

Tabla 18. Métodos de análisis de cada parámetro

Parámetro	Unidad	Método
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Número más probable
DBO₅	mg/L	Incubación de muestra en 5 días
DQO	mg/L	Oxidación
Turbiedad	UNT	Método turbidímetro

3.5.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos utilizados en la investigación fueron la ficha de registro de datos en campo, que fue utilizado durante el muestreo del agua residual municipal para la evaluación preliminar y la evaluación de eficiencia, asimismo, se usó la cadena de custodia donde se registraron los datos en campo y en laboratorio, posteriormente fueron entregados al laboratorio para el análisis de los parámetros requeridos.

Los resultados de los análisis fueron entregados y validados por el laboratorio *Urdream laboratory*.

Para organizar los resultados de las diferentes variables de la investigación se utilizó la estadística descriptiva y para el análisis estadístico el programa IBM SPSS Statistics 25.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la Investigación y Análisis de la Información

En la siguiente sección se da a conocer los resultados obtenidos, por medio de la búsqueda de las mejores condiciones para remover coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y turbiedad, mediante la determinación de la concentración óptima de los coagulantes, la velocidad de agitación a nivel de laboratorio (homogenización 50 rpm por 10 segundos, mezcla rápida a 150 rpm durante 90 segundos y mezcla lenta a 60 rpm por 30 minutos) y el tiempo de sedimentación (1 hora).

Por lo que se llevó a cabo una evaluación preliminar, en dos oportunidades, donde se determinó la concentración óptima de los coagulantes naturales en combinación, en función a la reducción de los sólidos disueltos totales (TDS) del agua residual municipal, ver tabla 19.

Tabla 19. Resultados de la evaluación preliminar para la determinación de la concentración óptima de los coagulantes naturales

Primera prueba preliminar				
Concentración inicial de TDS	4.69 ppm			
Masa del coagulante natural (g)	Concentración 1	Concentración 2	Concentración 3	Concentración 4
<i>Opuntia ficus-indica</i>	0.6	0.9	1.2	1.5
<i>Aloe vera</i>	0.6	0.9	1.2	1.5
Concentración total (g/L)	1.2	1.8	2.4	3

Concentración de TDS post tratamiento (ppm)	4.36	4.46	4.68	4.93
Porcentaje de remoción (%)	7.036	4.904	0.213	-5.117
Velocidad de agitación (rpm)	Agitación rápida: 150 rpm por 90 segundos.		Tiempo de sedimentación: 60 minutos.	
	Agitación lenta: 60 rpm por 30 minutos.			
Segunda prueba preliminar				
Concentración inicial de TDS	10.57 ppm			
Masa del coagulante natural (g)	Concentración 5	Concentración 6	Concentración 7	Concentración 8
<i>Opuntia ficus-indica</i>	0.05	0.2	0.35	0.5
<i>Aloe vera</i>	0.05	0.2	0.35	0.5
Concentración total (g/L)	0.1	0.4	0.7	1
Concentración de TDS post tratamiento (ppm)	4.07	4.14	4.27	4.19
Porcentaje de remoción (%)	61.495	60.833	59.603	60.359
Velocidad de agitación (rpm)	Agitación rápida: 150 rpm por 90 segundos.		Tiempo de sedimentación: 60 minutos.	
	Agitación lenta: 60 rpm por 30 minutos.			

A continuación, estos resultados se resumen en la figura 37:

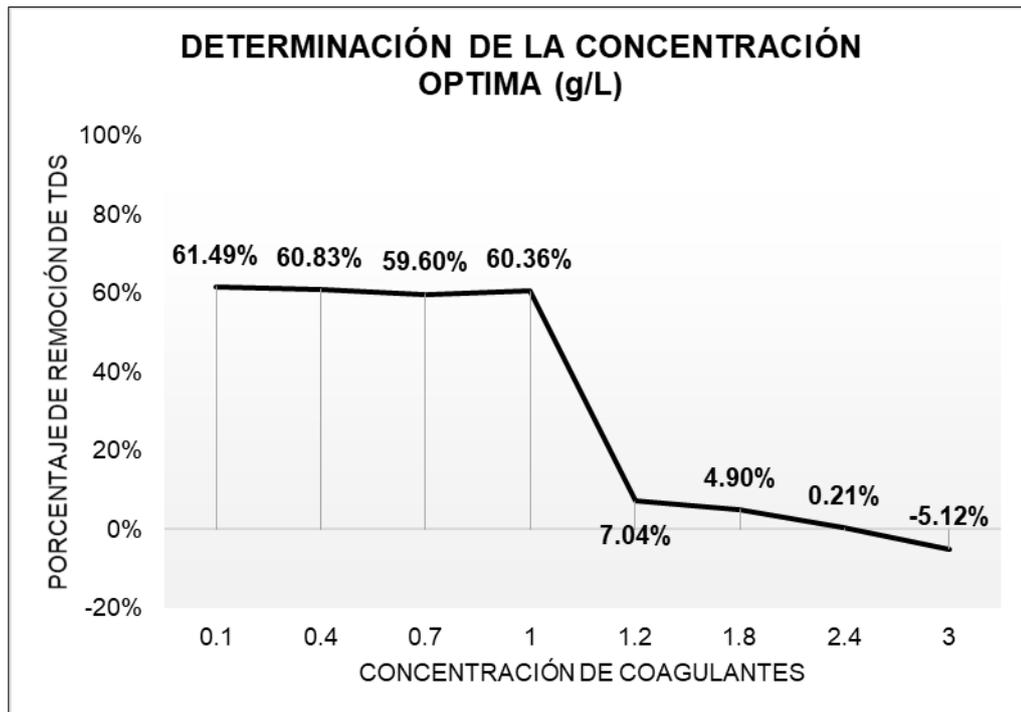


Figura 37. Determinación de la concentración óptima de los coagulantes naturales en combinación *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera*

La figura 37, en el eje de las abscisas muestra las concentraciones de los coagulantes naturales en combinación que fueron sometidas a evaluación preliminar para determinar la dosis óptima, indicando que la concentración de 0.1 g/L de los coagulantes naturales en combinación, removió el mayor porcentaje de los sólidos disueltos totales (TDS) del agua residual municipal. En el eje de las ordenadas se observa que el 61.49 % es el punto máximo y el mayor porcentaje de reducción de los sólidos disueltos totales (TDS); este parámetro fue utilizado para determinar la concentración óptima de los coagulantes naturales en combinación (el porcentaje de división de la concentración óptima fue del 50 % para cada coagulante natural). Asimismo, se analiza que a medida que se incrementa la concentración de los coagulantes, el porcentaje de remoción de los TDS se reduce considerablemente, además, se observa que a una concentración de 3 g/L de coagulantes naturales, la cantidad de los TDS se incrementa con relación a la cantidad inicial. Por lo tanto, en función a los resultados obtenidos, se comprobó que la concentración o dosis óptima de los coagulantes naturales en combinación es de 0.1 g/L, que fue utilizado para desarrollar la etapa de evaluación de eficiencia de esta investigación.

4.1.1. Caracterización del Agua Residual Municipal

Para la caracterización del agua residual municipal se realizó un análisis inicial, de manera que se pueda determinar las concentraciones iniciales de los parámetros

coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO y turbidez, como se da a conocer en la tabla 20:

Tabla 20. Resultados de laboratorio del análisis inicial del agua residual municipal

Parámetro	Unidad	Concentración inicial
DBO ₅	mg/L	202.5
DQO	mg/L	410.7
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	79x10 ⁶
Turbidez	UNT	308

Fuente: Informe de análisis del laboratorio R-Lab

4.1.2. Resultados del Tratamiento Respecto a la Aplicación de los Coagulantes Naturales en Combinación

4.1.2.1. Resultados del Tratamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Los resultados de reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) luego de haber sido sometido al tratamiento mediante la aplicación de los coagulantes naturales en combinación de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica*, se dan a conocer en la siguiente tabla:

Tabla 21. Resultados de reducción de la demanda bioquímica de oxígeno

	Concentración inicial (mg/L)	Concentración post tratamiento (mg/L)	Porcentaje de reducción (%)	Grupo Control
Rep. 1	202.5	188	7.16	202.5
Rep. 2	202.5	176.9	12.64	202.5
Rep. 3	202.5	194.9	3.75	202.5
Rep. 4	202.5	180.6	10.81	202.5
Rep 5.	202.5	185.6	8.35	202.5

Como se observa en la presente tabla, en la tercera repetición se obtiene una mínima remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) con 194.9 mg/L con relación a la concentración inicial de 202.5 mg/L, que representa solo el 3.75 % de reducción. En la segunda repetición se obtiene la máxima

remoción con un porcentaje del 12.64 % de reducción de la DBO₅ y el grupo control mantiene la misma concentración inicial.

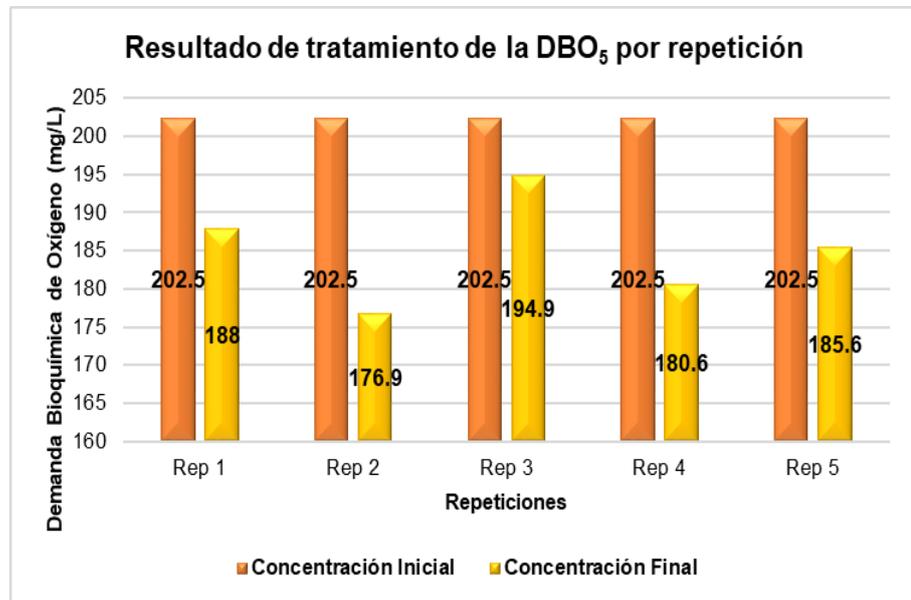


Figura 38. Diagrama de barras de la concentración de la DBO₅ en función de la aplicación de coagulantes naturales por repetición

La figura 38 muestra el diagrama de barras donde se da a conocer el número de repeticiones de tratamientos mediante la aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales con relación a la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y en donde se observa que la aplicación de 0.1 g/L de los coagulantes *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* (0.05 g/L de *Opuntia ficus-indica* y 0.05 g/L *Aloe vera* en polvo) reduce la DBO₅ de 202.5 mg/L a 176.9 mg/L. Por lo tanto, se evidencia que estos dos coagulantes naturales y en combinación tienen la capacidad de remoción de parámetro DBO₅.

4.1.2.2. Resultados del Tratamiento de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La reducción de la demanda química de oxígeno se debió a la aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales en combinación (*Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica*), así como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 22. Resultado de reducción de la demanda química de oxígeno

	Concentración inicial (mg/L)	Concentración post tratamiento (mg/L)	Porcentaje de reducción (%)	Grupo control
Rep 1.	410.7	364	11.37	410.7
Rep 2.	410.7	372.7	9.25	410.7
Rep 3.	410.7	352.2	14.24	410.7
Rep 4.	410.7	356.2	13.27	410.7
Rep 5.	410.7	364.1	11.35	410.7

Se muestra en la tabla 22 que, en la segunda repetición se obtiene la mínima remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) de 410.7 mg/L a 372.7 mg/L, que representa el 9.25 % de remoción. Por otro lado, en la tercera repetición se muestra el mayor porcentaje de remoción de la demanda química de oxígeno con el 14.24 %, reduciendo la concentración de 410.7 mg/L a 352.2 mg/L de la DQO, asimismo, la concentración del grupo control se mantiene la concentración inicial.

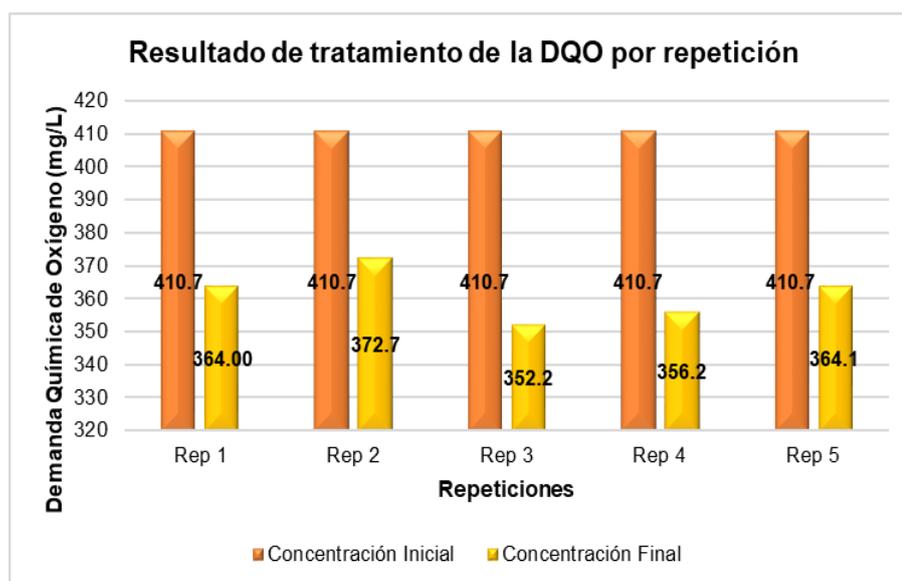


Figura 39. Diagrama de barras de la concentración de la DQO en función de la aplicación de coagulantes por repetición

La figura 39 muestra el diagrama de barras donde se da a conocer el número de repeticiones de tratamientos mediante la aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales con relación a la remoción de la demanda química de oxígeno (DQO), donde se muestra que, la aplicación de 0.1 g/L (dosis óptima) de los coagulantes *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* (0.05 g/L *Aloe vera* y 0.05 g/L *Opuntia ficus-indica*) remueve la concentración inicial de

la DQO de 410.7 mg/L a 352.2 mg/L. Por consiguiente, se demuestra la capacidad de remoción de la DQO.

4.1.2.3. Resultados del Tratamiento de Coliformes Termotolerantes.

Los resultados de reducción de los coliformes termotolerantes luego de haber sido sometido al tratamiento respecto a la aplicación de los coagulantes naturales en combinación (*Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera*) y la modificación del pH del agua residual municipal, tal como se da a conocer en las siguientes tablas:

Tabla 23. Resultados de reducción de coliformes termotolerantes

	pH inicial a condiciones normales	Concentración inicial (NMP/100 mL)	Concentración postratamiento (NMP/100 mL)	Porcentaje de reducción (%)	pH postratamiento	Grupo control
Rep. 1	7.75	79x10 ⁶	49x10 ⁶	37.97	7.53	79x10 ⁶
Rep. 2	7.75	79x10 ⁶	70,653,127.8	10.57	7.53	79x10 ⁶
Rep. 3	7.75	79x10 ⁶	34,310,301.3	56.57	7.53	79x10 ⁶
Rep. 4	7.75	79x10 ⁶	48,598,163.9	38.48	7.53	79x10 ⁶
Rep. 5	7.75	79x10 ⁶	36,880,934.4	53.32	7.53	79x10 ⁶

Como se observa en la tabla 23, siendo el pH del agua residual municipal 7.75, en la segunda repetición se obtiene una reducción mínima de coliformes termotolerantes con un 10.57 %, por otro lado, en la tercera repetición se obtiene el máximo porcentaje de remoción, reduciéndose de 79x10⁶ NMP/100 mL a 34,310,301.3 NMP/100 mL, representando el 56.56 % de remoción de coliformes termotolerantes, el valor del pH se reduce a 7.53 cercano al valor neutro y el grupo control mantiene la misma concentración inicial.

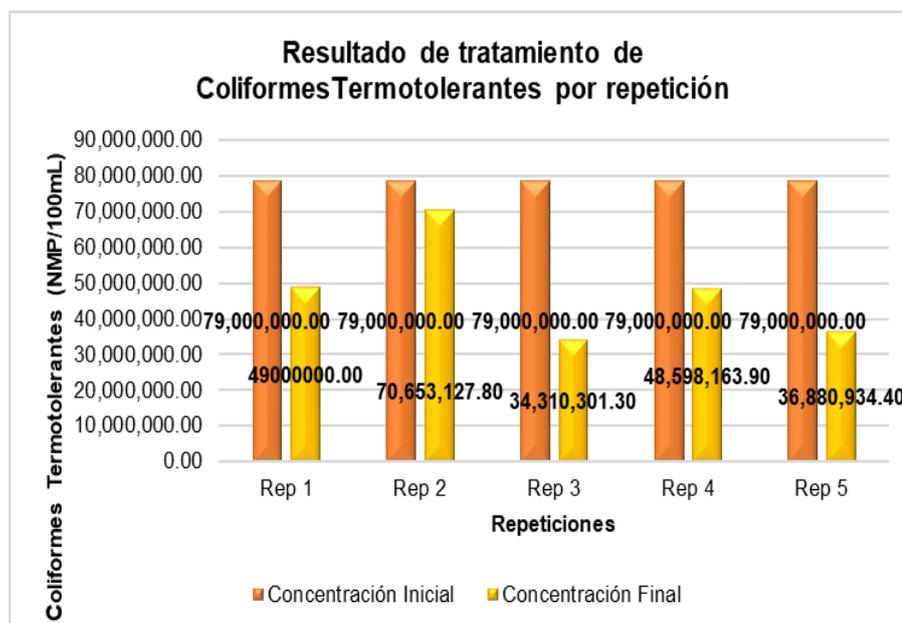


Figura 40. Diagrama de barras de la concentración de coliformes termotolerantes en función de la aplicación de coagulantes naturales por repetición

La figura 40 muestra el diagrama de barras que da a conocer el número de repeticiones de tratamientos por medio de la aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales (0.1 g/L) con relación a la reducción de coliformes termotolerantes y con un pH inicial de 7.75 (pH del agua residual municipal en condiciones normales, es decir, sin alterarlo) se determina que, la aplicación de la concentración de 0.1 g/L de los coagulantes naturales *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* (0.05 g/L de *Opuntia ficus-indica* y 0.05g/L de *Aloe vera*) reduce la concentración de coliformes termotolerantes presentes en el agua residual sometido a tratamiento, demostrando así la capacidad que tienen ambos coagulantes y en combinación para remover el parámetro coliforme termotolerante.

Tabla 24. Resultados de reducción de coliformes termotolerantes a un pH de 6

	pH modific.	Concentración inicial (NMP/100 mL)	Concentración postratamiento (NMP/100 mL)	Porcent. de reducción (%)	pH postratam.	Grupo control
Rep. 1	6	79x10 ⁶	1,619,968.7	97.95	6.9	79x10 ⁶
Rep. 2	6	79x10 ⁶	20,210,603.5	74.42	6.9	79x10 ⁶
Rep. 3	6	79x10 ⁶	32,935,046.6	58.31	6.9	79x10 ⁶

Rep. 4	6	79x10 ⁶	60,567,118.3	23.33	6.9	79x10 ⁶
Rep. 5	6	79x10 ⁶	37,339,806.9	52.73	6.9	79x10 ⁶

Como se da a conocer en la tabla 24, se analiza la capacidad de remoción de los coagulantes naturales en combinación con respecto al parámetro coliformes termotolerantes, a un pH de 6, que se logró aplicando ácido sulfúrico a la muestra de agua residual. En dichas condiciones se determina que el porcentaje mínimo de remoción fue en la cuarta repetición con el 23.33 %, por otro lado, la máxima remoción se dio en la primera repetición con un 97.95 % con relación a la concentración inicial de coliformes termotolerantes, asimismo, el pH se incrementa a 6.9 cercano al valor neutro. Además, se observa que el grupo control mantiene su concentración inicial.

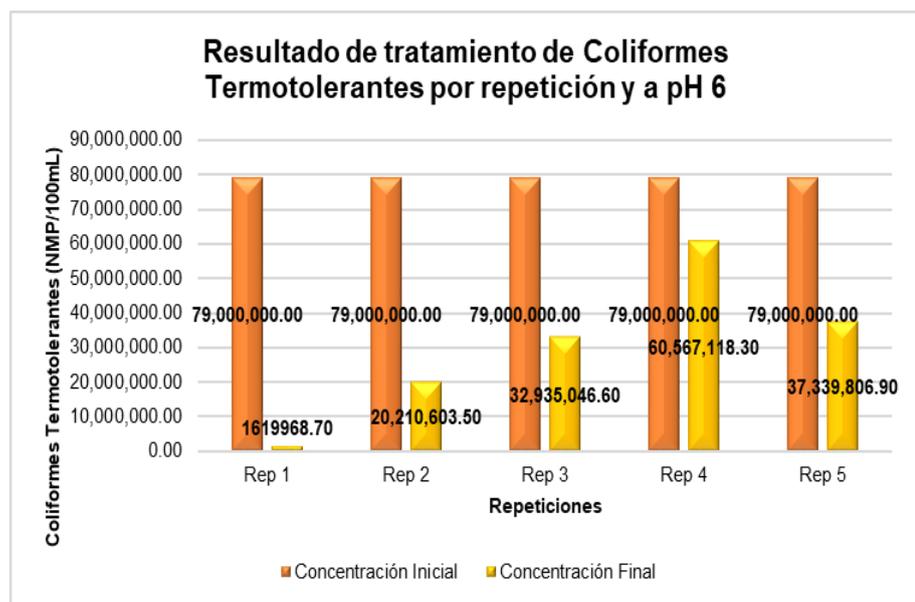


Figura 41. Diagrama de barras de la concentración de coliformes termotolerantes respecto a la aplicación de coagulantes naturales por repetición y a un pH de 6

La figura 40 muestra el diagrama de barras donde se muestra el número de repeticiones de tratamientos por medio de la aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales (0.1g/L) y la modificación del pH del agua residual municipal a 6, referente a la reducción del parámetro coliformes termotolerantes. Donde se observa que, en estas condiciones, la aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* en combinación reduce la concentración de coliformes termotolerantes, demostrando de esta manera su capacidad de remoción de este parámetro.

Tabla 25. Resultados de reducción de coliformes termotolerantes a un pH de 8.5

	pH modificado	Concentración inicial (NMP/100 mL)	Concentración postratam. (NMP/100 mL)	Porcentaje de reducción (%)	pH postratamiento	Grupo control
Rep. 1	8.5	79x10 ⁶	51,758,793.1	34.48	8.84	79x10 ⁶
Rep. 2	8.5	79x10 ⁶	45,124,958.8	42.88	8.84	79x10 ⁶
Rep. 3	8.5	79x10 ⁶	49,140,102.2	37.80	8.84	79x10 ⁶
Rep. 4	8.5	79x10 ⁶	38,789,729.8	50.90	8.84	79x10 ⁶
Rep. 5	8.5	79x10 ⁶	48,689,324.1	38.37	8.84	79x10 ⁶

Como se observa en la tabla 25, se analiza la capacidad de remoción de los coagulantes naturales *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* en combinación con respecto al parámetro coliformes termotolerantes y a un pH de 8.5 del agua residual municipal, que se logró aplicando solución de bicarbonato de sodio. En dichas condiciones se puede analizar que el porcentaje mínimo de remoción se produjo en la primera repetición con un 34.48 %, por otro lado, la máxima remoción se dio en la cuarta repetición con un 50.90 %, del mismo modo, se observa que existe un incremento del valor del pH a 8.84 y se determina que el grupo control mantiene su concentración inicial.

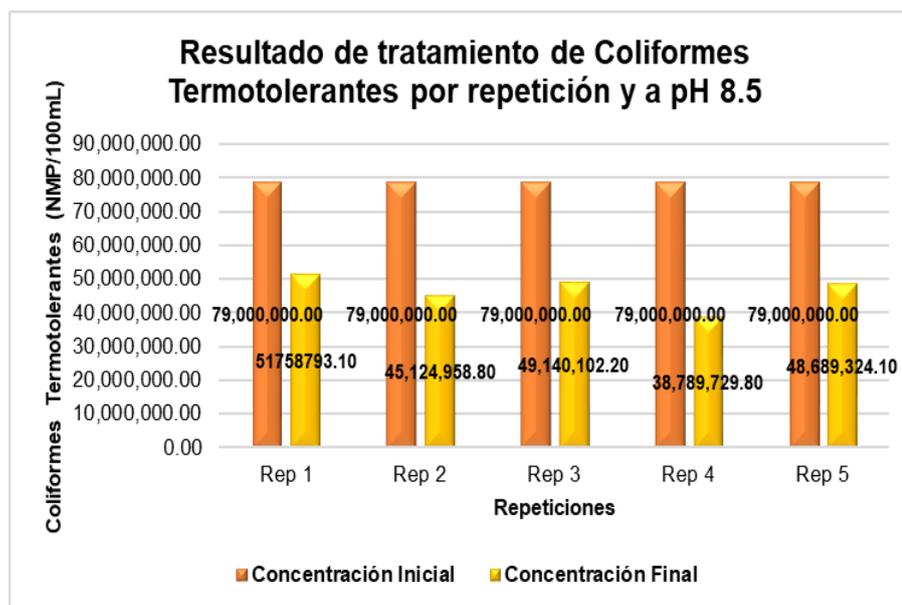


Figura 42. Diagrama de barras de la concentración de coliformes termotolerantes respecto a la aplicación de coagulantes naturales por repetición y a un pH de 8.5

En el siguiente diagrama de barras de la figura 42, se da a conocer el número de repeticiones de tratamientos por medio de la aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales (0.1g/L) y la modificación del pH del agua residual municipal a 8.5, referente a la reducción de coliformes termotolerantes. Donde se observa que, en estas condiciones, la aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* en combinación reduce la concentración de coliformes termotolerantes, demostrando de esta manera su capacidad de remoción de este parámetro.

4.1.2.4. Resultados del Tratamiento de la Turbidez

Los resultados de remoción de la turbidez del agua residual municipal luego de haber sido sometido a tratamiento por medio de la aplicación de los coagulantes naturales en combinación *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica*, se dan a conocer en la siguiente tabla:

Tabla 26. Resultados de reducción de la turbidez

	Concentración inicial (UNT)	Concentración postratamiento (UNT)	Porcentaje de reducción (%)	Grupo control
Rep.1	308	97	68.51	308
Rep.2	308	101.5	67.05	308
Rep.3	308	97.9	68.21	308

Rep.4	308	93.9	69.51	308
Rep.5	308	96.1	68.80	308

Como se observa en la tabla 26, en la segunda repetición se obtiene una mínima remoción de turbidez de 308 UNT a 101.5 UNT, que representa el 67.05 % de remoción. En la cuarta repetición se obtiene la máxima remoción del parámetro turbidez, con un porcentaje del 69.51 %. El grupo control mantiene la concentración inicial.

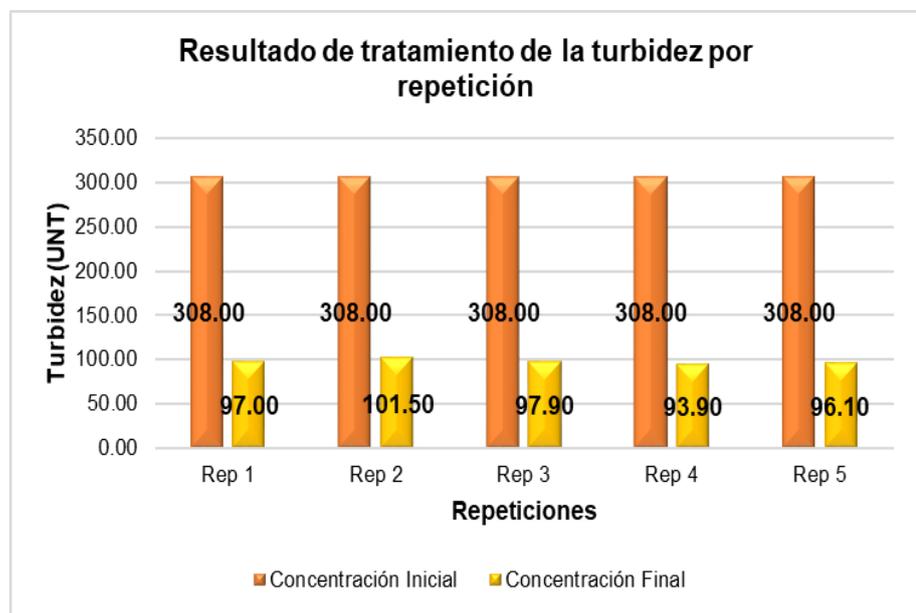


Figura 43. Diagrama de barras de la concentración de turbidez referente a la aplicación de coagulantes naturales por repetición

La figura 43 muestra el diagrama de barras donde se da a conocer el número de repeticiones de tratamientos por medio de la aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales (0.1 g/L) referente a la reducción de la turbidez y, donde se observa que la aplicación de 0.1 g/L de los coagulantes *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* en combinación reduce la concentración de la turbidez del agua residual municipal, por lo tanto, se determina que los coagulantes en combinación tienen la capacidad de remover el parámetro turbidez.

4.2. Prueba de Hipótesis

4.2.1. Hipótesis General

En esta investigación se planteó lo siguiente:

H₁: La aplicación combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* disminuye la presencia de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

H₀: La aplicación combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* no disminuye la presencia de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

Para comprobar la hipótesis planteada, en primer lugar, se determinó si la distribución de los datos es normal, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 27. Prueba de normalidad. Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua residual municipal

Coliformes termotolerantes removidos (NMP/100 ml)	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	<i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i>	,888	5	,349

Teniendo en consideración que la cantidad de datos es menor a 50, se aplica la prueba de Shapiro-Wilk. Del mismo modo, la tabla 27 muestra que el valor de Sig. es mayor a α ($\alpha = 0.05$), por tanto, se concluye que los datos tienen una distribución normal; por consiguiente, se realiza la prueba de *t-Student* de una población.

i. Hipótesis estadística

$$H_1: \mu_{pre} > \mu_{post}$$

$$H_0: \mu_{pre} \leq \mu_{post}$$

ii. Nivel de significancia

$$\text{Error tipo I} = \alpha = 0.05 = 5 \%$$

iii. Regla de decisión probabilística

Si valor $p < \alpha$ se rechaza la H₀

Si valor $p > \alpha$ se acepta la H₀

iv. Resultados

Tabla 28. Prueba t-Student de una población.

5	n
4	df
4.843	t
.0042	p-value (one-tailed, upper)

Según los resultados obtenidos en la tabla 28, se determina que valor p es menor a α ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0). De esta forma se valida la hipótesis de investigación planteada (H_1); es decir, al aplicar la concentración óptima de coagulantes naturales a base de *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación, esta muestra su capacidad de disminución respecto al parámetro coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo. La validez estadística de los resultados se muestra con un nivel de confianza del 95 %, que representa un resultado significativo de la investigación.

4.2.2. Hipótesis Específicas

4.2.2.1. Hipótesis Específica 1

En el estudio de investigación se planteó como primera hipótesis específica lo siguiente:

H_1 : El nivel inicial de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo supera el límite máximo permisible para efluentes de PTAR, ciudad La Merced, 2022.

H_0 : El nivel inicial de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo no supera el límite máximo permisible para efluentes de PTAR, ciudad La Merced, 2022.

Las muestras de análisis se tomaron a 200 metros aguas debajo de la descarga del agua residual municipal, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 29. Nivel inicial de coliformes termotolerantes a 200 metros aguas abajo del punto de descarga

Muestra	Concentración inicial de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	LMP para los efluentes de PTAR (NMP/100 mL)
A	3300	
B	4900	
C	49 000	
D	330 000	10 000
E	4 900 000	
F	130 000	

Para comprobar la hipótesis planteada, en primer lugar, se determinó si los datos obtenidos a los 200 m aguas abajo de la descarga de agua residual

municipal, tienen una distribución normal, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 30. Prueba de normalidad de la concentración inicial de coliformes termotolerantes a 200 m aguas abajo del punto de descarga

Concentración inicial de coliformes termotolerantes	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	Determinación de la concentración inicial de coliformes termotolerantes	,548	6	,000

Considerando que la cantidad de datos es menor a 50, se aplica la prueba de Shapiro-Wilk. Asimismo, la tabla 30 muestra que el valor de Sig. es menor a α ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se concluye que los datos no tienen una distribución normal.

Por ello, para comprobar la hipótesis planteada se realiza una prueba no paramétrica.

i. Hipótesis estadística

$$H_1: \mu > 10,000$$

$$H_0: \mu \leq 10,000$$

ii. Nivel de significancia

$$\text{Error tipo I} = \alpha = 0.05 = 5 \%$$

iii. Regla de decisión probabilística

Si valor $p < \alpha$ se rechaza la H_0

Si valor $p > \alpha$ se acepta la H_0

iv. Resultados

Tabla 31. Prueba no paramétrica

6	n
	<u>normal approximation</u>
0.41	z
.3415	p-value (one-tailed, upper)

Según los resultados obtenidos en la tabla 31, se determina que valor p es mayor a α ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0).

De esta forma se valida la hipótesis alterna (H_0); es decir, el nivel inicial de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, a 200 m agua abajo del punto de descarga, no supera el límite máximo permisible para efluentes de PTAR, ciudad La Merced, 2022. La validez estadística de los resultados se muestra con un nivel de confianza del 95 %, que representa un resultado significativo de la investigación.

4.2.2.2. Hipótesis Específica 2

En esta investigación se planteó como segunda hipótesis específica lo siguiente:

H_1 : La aplicación de concentración combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* reduce significativamente la DBO y la DQO del agua residual municipal descargado al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

H_0 : La aplicación de concentración combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* no reduce significativamente la DBO y la DQO del agua residual municipal descargado al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

A. DBO₅

Para comprobar la hipótesis planteada, en primer lugar, se determinó si los datos del parámetro DBO₅ tiene una distribución normal, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 32. Prueba de normalidad. Concentración de la DBO₅ en el agua residual municipal

Demanda bioquímica de oxígeno removidos (mg/l)	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	<i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i>	,984	5	,954

Teniendo en consideración que la cantidad de datos es menor a 50, se aplica la prueba de Shapiro-Wilk. En la tabla 32 se observa que el valor de Sig.

es mayor a α ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se concluye que los datos tienen una distribución normal; por consiguiente, se realiza la prueba de *t-Student* de una población.

i. Hipótesis estadística

$$H_1: \mu_{pre} > \mu_{post}$$

$$H_0: \mu_{pre} \leq \mu_{post}$$

ii. Nivel de significancia

$$\text{Error tipo I} = \alpha = 0.05 = 5 \%$$

iii. Regla de decisión probabilística

Si valor $p < \alpha$ se rechaza la H_0

Si valor $p > \alpha$ se acepta la H_0

iv. Resultados

Tabla 33. Prueba *t-Student* de una población

5	n
4	df
5.582	t
.0025	p-value (one-tailed, upper)

Según los resultados obtenidos en la tabla 33, se determina que valor p es menor a α ($\alpha = 0.05$), por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H_0).

De esta manera, se valida la hipótesis de investigación planteada (H_1); es decir, la aplicación de la concentración óptima de coagulantes naturales a base de *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación, muestra su capacidad de reducción respecto al parámetro demanda bioquímica de oxígeno (BDO_5) del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo. La validez estadística de los resultados se muestra con un nivel de confianza del 95 %, representando un resultado significativo de la investigación.

B. DQO

Para comprobar la hipótesis planteada, en primer lugar, se determinó si los datos del parámetro DQO tiene una distribución normal, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 34. Prueba de normalidad. Concentración de la DQO en el agua residual municipal

Demanda química de oxígeno removidos (mg/l)	Tratamiento <i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i>	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
		,956	5	,777

Teniendo en consideración que la cantidad de datos es menor a 50, se aplica la prueba de Shapiro-Wilk. En la tabla 34 se observa que el valor de Sig. es mayor a α ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se concluye que los datos tienen una distribución normal; por tanto, se realiza la prueba de *t-Student* de una población.

i. Hipótesis estadística

$$H_1: \mu_{pre} > \mu_{post}$$

$$H_0: \mu_{pre} \leq \mu_{post}$$

ii. Nivel de significancia

$$\text{Error tipo I} = \alpha = 0.05 = 5 \%$$

iii. Regla de decisión probabilística

Si valor $p < \alpha$ se rechaza la H_0

Si valor $p > \alpha$ se acepta la H_0

iv. Resultados

Tabla 35. Prueba *t-Student* de una población

5	n
4	df
13.752	t
.0001	p-value (one-tailed, upper)

Según los resultados obtenidos en la tabla 35, se determina que valor p es menor a α ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0).

De esta manera, se valida la hipótesis de investigación planteada (H_1); es decir, la aplicación de la concentración óptima de coagulantes naturales a base de *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación, muestra su capacidad de reducción respecto al parámetro demanda química de oxígeno (DQO) del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo. La validez estadística

de los resultados se muestra con un nivel de confianza del 95 %, representando un resultado significativo de la investigación.

4.2.2.3. Hipótesis Específica 3

En la presente investigación se planteó como tercera hipótesis específica lo siguiente:

H₁: La modificación del pH reduce los coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

H₀: La modificación del pH no reduce los coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

A. pH 6

Para comprobar la hipótesis planteada, en primer lugar, se determinó si los datos del parámetro pH 6 tiene una distribución normal, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 36. Prueba de normalidad. Concentración de coliformes termotolerantes a pH 6

Coliformes termotolerantes removidos (NMP/100ml)	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	<i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i> a un pH 6	,989	5	,976

Considerando que la cantidad de datos es menor a 50, se aplica la prueba de Shapiro-Wilk. En la tabla 36 se observa que el valor de Sig. es mayor a α ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se concluye que los datos tienen una distribución normal; por consiguiente, se realiza la prueba de *t-Student* de las medias poblacionales dependientes.

i. Hipótesis estadística

$$H_1: \mu_{pre} > \mu_{post}$$

$$H_0: \mu_{pre} \leq \mu_{post}$$

ii. Nivel de significancia

Error tipo I = $\alpha = 0.05 = 5 \%$

iii. Regla de decisión probabilística

Si valor $p < \alpha$ se rechaza la H_0

Si valor $p > \alpha$ se acepta la H_0

iv. Resultados

Tabla 37. Prueba t-Student de medias poblacionales dependientes

5	n
4	df
4.977	t
.0038	p-value (one-tailed, upper)

Según los resultados obtenidos en la tabla 37, se determina que valor p es menor a α ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0).

De esta manera se valida la hipótesis de investigación planteada (H_1), es decir, la modificación del pH del agua residual municipal a pH 6 y la aplicación de la concentración óptima de los coagulantes naturales a base de *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación, muestra su capacidad de reducción respecto al parámetro coliformes termotolerantes. La validez estadística de los resultados se muestra con un nivel de confianza del 95 %, representando un resultado significativo de la investigación.

ii. pH 8.5

Para comprobar la hipótesis planteada, en primer lugar, se determinó si los datos del parámetro pH 8.5 tiene una distribución normal, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 38. Prueba de normalidad. Concentración de coliformes termotolerantes a pH 8.5

Coliformes termotolerantes removidos (NMP/100 ml)	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	<i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i> a un pH 8.5	,914	5	,494

Considerando que la cantidad de datos es menor a 50, se aplica la prueba de Shapiro-Wilk. En la tabla 38 se observa que el valor de Sig. es mayor

a α ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se concluye que los datos tienen una distribución normal; por consiguiente, se realiza la prueba de *t-Student* de las medias poblacionales dependientes.

i. Hipótesis estadística

$$H_1: \mu_{pre} > \mu_{post}$$

$$H_0: \mu_{pre} \leq \mu_{post}$$

ii. Nivel de significancia

$$\text{Error tipo I} = \alpha = 0.05 = 5 \%$$

iii. Regla de decisión probabilística

Si valor $p < \alpha$ se rechaza la H_0

Si valor $p > \alpha$ se acepta la H_0

iv. Resultados

Tabla 39. Prueba *t-Student* de medias poblacionales dependientes

5	n
4	df
14.405	t
.0001	p-value (one-tailed, upper)

Según los resultados obtenidos en la tabla 39, se determina que valor p es menor a α ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0).

De esta manera, se valida la hipótesis de investigación planteada (H_1), es decir, la modificación del pH del agua residual municipal a pH 8.5 y la aplicación de la concentración óptima de los coagulantes naturales a base de *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación, muestra su capacidad de reducción respecto al parámetro coliformes termotolerantes. La validez estadística de los resultados se muestra con un nivel de confianza del 95 %, representando un resultado significativo de la investigación.

4.2.2.4. Hipótesis Específica 4

En esta investigación se planteó como cuarta hipótesis específica lo siguiente:

H₁: La aplicación de concentración combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* reduce la turbidez del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

H₀: La aplicación de concentración combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* no reduce la turbidez del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.

Para comprobar la hipótesis planteada, en primer lugar, se determinó si la distribución de los datos es normal, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 40. Prueba de normalidad. Turbidez en el agua residual municipal

Turbiedad removida (UNT)	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
	<i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i>	Estadístico	gl	Sig.
		,968	5	,862

Teniendo en consideración que la cantidad de datos es menor a 50, se aplica la prueba de Shapiro-Wilk. Del mismo modo, la tabla 40 muestra que el valor de Sig. es mayor a α ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se concluye que los datos tienen una distribución normal; por consiguiente, se realiza la prueba de *t-Student* de una población.

i. Hipótesis estadística

$$H_1: \mu_{Ti} > \mu_{Tf}$$

$$H_0: \mu_{Ti} \leq \mu_{Tf}$$

ii. Nivel de significancia

$$\text{Error tipo I} = \alpha = 0.05 = 5 \%$$

iii. Regla de decisión probabilística

Si valor $p < \alpha$ se rechaza la H₀

Si valor $p > \alpha$ se acepta la H₀

iv. Resultados

Tabla 41. Prueba t-Student de una población

5	n
4	df
169.015	t
3.68E-09	p-value (one-tailed, upper)

Según los resultados obtenidos en la tabla 41, se determina que valor p es menor a α ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0).

De esta forma, se valida la hipótesis de investigación planteada (H_1), es decir, al aplicar la concentración óptima de coagulantes naturales a base de *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación, esta muestra su capacidad de reducción respecto al parámetro Turbidez del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo. La validez estadística de los resultados se muestra con un nivel de confianza del 95 %, que representa un resultado significativo de la investigación.

4.3. Discusión de Resultados

Los parámetros sometidos a evaluación mostraron reducción en comparación a su concentración inicial al ser tratados mediante la aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales en combinación *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera*, demostrando su capacidad en la remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos.

El potencial coagulante de la *Opuntia ficus-indica* se debe a que contiene mucílago; el mucílago está conformado por complejas sustancias poliméricas lineales que a su vez están formados de polisacáridos que contienen «*L-arabinosa*, *D-galactosa*, *L-ramnosa*, *D-xilosa* y *ácido galacturónico*» (30), siendo considerado este último polisacárido como el principal responsable de su capacidad coagulante (30). De la misma manera, la capacidad coagulante del *Aloe vera* se debe a la presencia de polisacáridos en el mucílago, como el «acemanano (β -(1-4)-manano O-acetilados)» considerado como un polisacárido mucilaginoso, que muestra capacidad de «desestabilización de coloides» (49). Según Inga y Morales (29) el mecanismo de coagulación que se produce al utilizar un coagulante natural que contiene mucílago es de adsorción y formación de puente, debido a que las moléculas de los polímeros son largas y flexibles para adsorber partículas coloidales en sus extremidades y formar puentes, creando de esa manera flóculos ramificados y por acción de la gravedad se produce la sedimentación, con ello la remoción de microorganismos patógenos adheridos a las partículas, como el parámetro

microbiológico coliformes termotolerantes. Según Inga (21), los resultados en la disminución de coliformes totales, mediante la aplicación de 5 mg/L de *Opuntia ficus-indica*, fue del 89 % y los resultados de la presente investigación en la reducción de coliformes termotolerantes, mediante la aplicación de 0.1 g/L de los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación fue del 56.57 %, donde se comprueba la eficiencia de estos coagulantes en la disminución del parámetro coliformes termotolerantes.

Según la tabla 29, se muestra que la concentración inicial del parámetro coliformes termotolerantes en el punto de descarga del agua residual municipal es de 79×10^6 NMP/100 ml, cuyo valor supera a lo establecido en los límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR (10 000 NMP) esto debido a que el flujo del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo es una mezcla de diferentes fuentes como el agua residual domiciliaria, agua pluvial y agua residual industrial, por lo que el material particulado que se encuentra en suspensión crea un ambiente propicio para la presencia de microorganismos patógenos que alteran la calidad del agua (13).

Los parámetros físico-químicos que se evaluaron en la presente investigación fueron la turbiedad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y demanda química de oxígeno (DQO).

Para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), según Gabino (13) la eficiencia de remoción mediante la aplicación de *Opuntia ficus-indica* en gel y a una concentración de 50 ml/L fue del 29 % y el porcentaje de reducción de esta investigación fue del 12.64 % demostrando de esta manera la eficiencia de remoción de los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación; pero obteniendo un resultado inferior al porcentaje de remoción alcanzado por Gabino (13). Asimismo, según Camarena (25), la eficiencia de remoción, a una concentración de 2000 ppm de *Aloe vera*, fue de 72.5 %, que es un porcentaje mayor a lo alcanzado en la presente investigación donde se hizo uso de los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación. Según Mayhua y Quijada (26) la eficiencia de remoción de la DBO₅, mediante la aplicación de 8.5 mg/L de *Opuntia ficus indica* fue del 82.5 %, siendo un porcentaje mayor a lo obtenido en esta investigación donde se hizo uso del coagulante *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación. Además, según Diestra y Ramos (14) la eficiencia del *Aloe vera* en la remoción de la DBO₅ fue del 73.46 %, resultando un porcentaje superior obtenido en la presente investigación. Según Coronado (16) la eficiencia de remoción de *Agave* y *Aloe vera* en combinación fue del 75.84 %, obteniendo un resultado mayor al porcentaje de remoción de la presente investigación. Según Albuja (28) la eficiencia de remoción de la DBO₅, mediante la aplicación de la *Opuntia ficus-indica* más nanopartículas

de plata (AgNPs) fue de 56.88 %, siendo un porcentaje mayor a lo obtenido en esta investigación.

En el caso de la demanda química de oxígeno (DQO), según Gabino (13) la eficiencia de remoción aplicando la *Opuntia ficus-indica*, fue del 27.15 % y el porcentaje de remoción en la presente investigación fue del 14.24 %, que demuestra la capacidad de remoción de los coagulantes naturales, *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación; pero el porcentaje de reducción es inferior a lo obtenido por Gabino (13). Según Coronado (16), la eficiencia del *Agave* y *Aloe vera* en combinación en la remoción de la DQO fue de 77.33 % que es un porcentaje mayor a lo obtenido en la presente investigación. Además, según Albuja (28) la eficiencia de la *Opuntia ficus-indica* y nanopartículas de plata fue de 69.05 % y el porcentaje de reducción de esta investigación fue del 14.24 %, que demuestra la eficiencia de los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación.

La tabla 24, da a conocer el porcentaje de reducción de coliformes termotolerantes del agua residual municipal con un pH modificado a 6, según Morales (29) el tratamiento de aguas residuales con los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* requiere un pH entre el rango 6-7. Por lo tanto, el porcentaje de disminución del parámetro coliformes termotolerantes en esta investigación fue del 97.95 % demostrando la eficiencia de remoción de los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación. Asimismo, la tabla 25 da a conocer los resultados de la reducción de coliformes termotolerantes del agua residual municipal a un pH modificado a 8.5, donde la eficiencia de reducción de los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación fue del 50.90 %, demostrando la capacidad de los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación en la disminución de coliformes termotolerantes.

Asimismo, según Mayhua y Quijada (26), el tratamiento de agua residual vehicular con *Opuntia ficus indica* no varía considerablemente el pH, del mismo modo, según Albuja (28) el pH inicial fue de 8.54, luego del tratamiento con *Opuntia ficus-indica* y nanopartículas de plata fue de 7.19, es decir redujo el pH a un valor neutro. En los resultados de esta investigación, el valor inicial y postratamiento con los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* fueron 7.75 y 7.53 respectivamente; demostrando que los coagulantes naturales mantienen el pH en un valor neutro. Según la tabla 24 el resultado del pH modificado a 6 luego de haber sido tratado con los coagulantes naturales se incrementa a 6.9, logrando acercar el pH al valor neutro. Además, según la tabla 25, el pH modificado a 8.5, incrementa ligeramente su valor a 8.84 luego de haber sido tratado con los coagulantes naturales. Demostrando de esta manera que el tratamiento del agua residual municipal con los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y

Aloe vera en combinación no alteran considerablemente el valor del pH del agua tratada, coincidiendo con los resultados de los autores.

Los resultados para el parámetro turbiedad, según Gabino (13) se redujo en un 91 % del efluente proveniente del beneficio avícola, haciendo uso de una concentración óptima de 50 ml/L del coagulante *Opuntia ficus-indica* en forma de gel. Asimismo, Inga (21) haciendo uso de una concentración de 60 mg/L de *Opuntia ficus-indica* liofilizada logró disminuir la turbidez del agua del río Cunas en un 89.96 %. Según Mayhua y Quijada (26) logró reducir la turbidez del agua residual vehicular en un 98.75 % a una concentración de 7.5 mg/L de *Opuntia ficus* en polvo. Además, según Diestra y Ramos (14) la aplicación de 3000 ppm de *Aloe vera* en gel, reduce la turbidez del agua residual municipal en un 88.49 %. Asimismo, según Morales (29) haciendo uso de 1.8 g/L de mucílago de *Aloe vera* la turbiedad se redujo en un 60.14 %, resultado no suficiente para el tratamiento de agua potable. En el caso de la presente investigación, donde se hizo uso de los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y el *Aloe vera* en combinación y en forma de polvo, se removió la turbidez del agua residual municipal en un 69.51 % haciendo uso de 0.1 g/L, en una relación de 1:1, es decir 0.05 g/L de *Opuntia ficus-indica* más 0.05 g/L de *Aloe vera*, demostrando de esta manera la eficiencia de los coagulantes en combinación para la remoción del parámetro turbidez; pero con un porcentaje inferior a los resultados obtenidos por los autores.

CONCLUSIONES

1. La aplicación combinada de la *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* influyeron en la disminución de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, alcanzando a reducir en un 56.57 %, evidenciando de esta manera su eficiencia como coagulantes.
2. La concentración inicial de los coliformes termotolerantes en el punto de descarga del agua residual municipal supera el límite máximo permisible para efluentes de PTAR alcanzando los 79×10^6 NMP/100 mL, sin embargo, a 200 metros aguas abajo del punto de descarga no supera el límite máximo permisible para efluentes de PTAR.
3. La aplicación combinada de los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* logró disminuir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en un 12.64 % y la concentración de la demanda química de oxígeno (DQO) se logró una disminución significativa del 14.24 %.
4. El tratamiento a un pH de 6 del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, disminuye significativamente la concentración de coliformes termotolerantes en 97.95 % y con un pH de 8.5 alcanzó a reducir un 50.90 %. Asimismo, la aplicación combinada de los coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* no altera considerablemente el valor del pH del agua tratada, manteniendo un valor cercano al neutro.
5. La reducción de la turbidez del agua residual tratada con la *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación alcanzó un 69.51 % demostrando su capacidad coagulante.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar la eficiencia de la *Opuntia ficus-indica* y el *Aloe vera*, de manera individual, como coagulantes naturales para la remoción de los parámetros coliformes termotolerantes, DBO, DQO y turbidez del agua residual municipal y así generar información para mejorar la calidad del agua del distrito de Chanchamayo, la región y el país.
2. Realizar pruebas de eficiencia de los coagulantes naturales en combinación y en forma de gel, en el tratamiento de agua residual municipal y evaluar las variables que afectan el proceso de coagulación y floculación.
3. Utilizar otras plantas que cuenten con propiedades coagulantes similares a la *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* para complementar y mejorar los parámetros analizados en la presente investigación.
4. Se recomienda analizar la capacidad coagulante de la *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* en combinación en otros tipos de aguas residuales.
5. Utilizar los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y *Aloe vera* como coadyuvantes de otros coagulantes con la finalidad de mejorar el nivel de eficiencia de remoción en los parámetros coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO y turbidez.
6. La toma de muestras del agua residual municipal para las pruebas preliminar y de eficiencia deben de realizarse en época de estiaje, ya que la época de lluvias altera las características del agua.
7. Tomar las muestras de agua en una sola hora y lugar determinado debido a que las concentraciones de los parámetros se encuentran en constante cambio a lo largo del día.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Unesco.** *Las aguas residuales el recurso desaprovechado* Online. 2017. [Accessed 3 March 2022]. Available from: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_spa
2. _____. *¿Son las aguas residuales el nuevo 'oro negro'?* Online. 2017. [Accessed 18 July 2022]. Available from: <https://es.unesco.org/news/son-aguas-residuales-nuevo-oro-negro>
3. **Organización Mundial de la Salud, OMS.** *Saneamiento*. Online. 2022. [Accessed 18 July 2022]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>
4. **KONCAGÜL, Engin; TRAN, Michael; CONNOR, Richard.** *El valor del agua* Online. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2021. [Accessed 3 March 2022]. Available from: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_spa
5. **Banco Mundial.** *Un 70 % de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas*. Online. 2013. [Accessed 11 September 2020]. Available from: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>
6. **Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Sunass.** *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento* Online. Lima, 2015. Available from: <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>
7. **Autoridad Nacional del Agua, (ANA).** ANA difunde resultados de la calidad del agua superficial de la cuenca del río Perené. *ANA web - Autoridad Nacional del Agua*. Online. 2015. [Accessed 11 September 2020]. Available from: <http://www.ana.gob.pe/noticia/ana-difunde-resultados-de-la-calidad-del-agua-superficial-de-la-cuenca-del-rio-perene>
8. **Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI.** *Anuario de estadísticas ambientales*. Online. Lima, 2020. Available from: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1760/libro.pdf
9. **Gobierno Regional de Junín.** *Memoria descriptiva hidrobiológico del departamento de Junín a escala 1:100000*. Online. 2015. [Accessed 6 March 2022]. Available from: https://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/Junin/Memoria_Descriptiva_Hidrobiologia.pdf
10. **BULLÓN ALCALÁ, Víctor.** *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo*. Online. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. Available from:

[http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3462/Bull %C3 %B3n %20Alcala.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3462/Bull%C3%B3n%20Alcala.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

11. **CUSICHE PÉREZ, Leoncio Filiberto; MIRANDA ZAMBRANO, Gloria Amparo.** Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional Lago Junín, Perú. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Online. 2019. Vol. 10, no. 6. [Accessed 6 March 2022]. DOI 10.29312/remexca.v10i6.1870.
12. **SILVA CASAS, Megy.** *Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias*. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017.
13. **GABINO CURIÑAHUI, Rocío Lizeth.** *Opuntia ficus-indica como coagulante para remoción de sólidos suspendidos totales del efluente de beneficio en avícola La Chacra*. Online. Huancayo: Universidad Continental, 2018. [Accessed 11 October 2020]. Available from:
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5029/2/IV_FIN_107_TE_Gabino_Curinahui_2018.pdf
14. **DIESTRA RAMOS, Fredy Smit; RAMOS PAREDES, Issac Victor.** *Efecto de la concentración de Aloe vera (Sábila) y tiempo de floculación en la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica biodegradable de aguas residuales municipales sector el Cerrillo, Santiago de Chuco*. Pregrado. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2019.
15. **RODRÍGUEZ PIMENTEL, Héctor.** Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. Online. 2017. [Accessed 19 July 2022]. Available from:
<https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
16. **CORONADO VALDIVIA, Fiorella Milagros.** *Eficiencia del Agave y el Aloe vera en la remoción de materia orgánica de las aguas del río Lurín en el AA. HH Julio César Tello*. Online. Lima : Universidad César Vallejo, 2018. [Accessed 11 October 2020]. Available from:
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36217/Coronado_VFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
17. **Autoridad Nacional del Agua, ANA.** *Resolución Jefatural N.º056-2018-ANA. Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales*. Online. 2018. [Accessed 11 July 2022]. Available from:
http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._056-2018-ana_0.pdf
18. **Ministerio del Ambiente.** *Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Online. 2017. Available from: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

19. **Ministerio del Ambiente, Minam.** *límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.* Online. 2010. Available from: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-lmp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>
20. **RODRÍGUEZ, Roxana; RETAMOZO-CHAVEZ, Rocío; APONTE, Héctor; VALDIVIA, Elfer.** Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local. *Ecología Aplicada.* January 2017. Vol. 16, no. 1, p. 15–21. DOI 10.21704/rea.v16i1.899.
21. **INGA DÍAZ, Gilmer.** *Disminución de coliformes totales y turbidez mediante coagulantes naturales (Opuntia ficus indica) del rio cunas, provincia de Chupaca.* Online. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019. [Accessed 16 September 2020]. Available from: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5540/Inga %20Diaz %2c %20Gilmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5540/Inga%20Diaz%2c%20Gilmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
22. **SOTIL FLORES, Hugo Daniel.** *Análisis de indicadores de contaminación bacteriológica (coliformes totales y termotolerantes) en el lago de Morococha.* San Juan : Universidad Científica del Perú, 2017.
23. **DERBE, Tessema; DARGO, Hayelom; BATU, Worku.** *Cactus Potential in Heavy Metal (Pb and Cd) Removal in Water Sample Collected from Rural Area around Adigrat Town.* 2015. Vol. 7.
24. **MARTÍNEZ CRUZ, Alfredo.** *Método alternativo para tratar lixiviados maduros mediante el proceso de coagulación-floculación con mucílago de opuntia ficus-indica.* . Posgrado. Ciudad de México : Universidad Nacional Autónoma de Mexico, 2017.
25. **CAMARENA FLORES, Judith.** *Influencia de la concentración de Aloe vera, tiempo de coagulación y tiempo de floculación en la disminución de la demanda bioquímica de oxígeno en el tratamiento de agua residual doméstica.* Online. Maestría. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2022. Available from: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7732/T010_41280062_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y
26. **MAYHUA DAVIRAN, Víctor Domingo; QUIJADA CARO, Edgar Elías.** *Evaluación de la materia orgánica y turbidez del agua residual vehicular con Opuntia ficus en el proceso de coagulación.* Online. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019. [Accessed 16 July 2022]. Available from: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6026/T010_70163321_T_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
27. **HUAMÁN PICHARDO, Rocío Anabel.** *Evaluación de la adsorción de Cd,Pb y Zn medinate la utilización de la biomasa obtenida de la sábila (Aloe vera) en soluciones*

- acuosas*. Online. Pregrado. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015. [Accessed 24 September 2020]. Available from:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3734/Huaman%20Pichardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
28. **ALBUJAR QUISPE, Jossep Hernan.** *Rendimiento del nopal (Opuntia ficus - indica) con nanopartículas de plata (AgNPs) en la reducción de carga orgánica y escherichia coli en las aguas del Río Pisco 2018.* . Pregrado. Lima, 2018.
 29. **MORALES OSORIO, Jenny Angela.** *Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano – Oxapampa - 2018.* Online. Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019. [Accessed 2 October 2020]. Available from:
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1422/1/T026_70495263_T.pdf
 30. **LÓPEZ PÉREZ, Malena.** *Evaluación del uso de la cactácea Opuntia ficus-indica como coagulante natural para el tratamiento de aguas.* Online. Lima : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018. [Accessed 17 June 2022]. Available from:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3541/lopez-perez-malena.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 31. **Organización de las Naciones Unidas, ONU.** Agua. Online. 2018. [Accessed 20 July 2022]. Available from: <https://www.un.org/es/global-issues/water>
 32. **Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, OEFA.** *Fiscalización ambiental en aguas residuales.* Online. 2014. [Accessed 2 October 2020]. Available from:
https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
 33. **Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Unesco.** Aguas residuales el recurso desaprovechado. Online. 2017. [Accessed 20 July 2022]. Available from: <https://www.agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/04/Informe-Mundial-de-las-Naciones-Unidas-sobre-el-Desarrollo-de-los-Recursos-Hidricos-2017.pdf>
 34. **Fibras y Normas de Colombia S. A. S.** Aguas residuales: clasificación y característica. Online. 2018. [Accessed 20 July 2022]. Available from:
<https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/aguas-residuales-clasificacion-y-caracteristicas/#Agua-Residual-Domestica-ARD>
 35. **SAAVEDRA CASTILLO, Boris.** *Aplicación de macrofitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP.* Online. Piura : Universidad de Piura, 2017. Available from:
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2724/ING_573.pdf?sequence=1&isAllowed=y

36. **JIMÉNEZ CISNEROS, Blanca Elena.** *La Contaminación Ambiental en México*. Online. Editorial Limusa, 2001. ISBN 968-18-6040-X. Available from:
<https://books.google.com.pe/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA3&dq=La+contaminaci%C3%B3n+ambiental+en+M%C3%A9xico:+causas,+efectos+y+tecnolog%C3%ADa+apropiada&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj7mZmtvs75AhX3BbkGHXBnDgsQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q&f=false>Google-Books-ID: 8MVxlyJGokIC
37. **ANDÍA CÁRDENAS, Yolanda.** *Tratamiento de agua Coagulación y Floculación*. 2000. P. 44.
38. **BILLMEYER, Fred W.** *Ciencia de los polímeros*. Reverte, 2009. ISBN 978-84-291-9162-2. Google-Books-ID: Fe0FEAAAQBAJ
39. **QUISPE JIMÉNEZ, Haydee Gina.** *Aplicación del mucílago extraído de nopal (Opuntia ficus- indica) en la clarificación del agua del río Uchusuma*. Online. Tacna : Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2012. [Accessed 14 November 2022]. Available from:
<http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/529/TG0393.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
40. **AGUILA, M. I.; SÁENZ, J.; LLORENS, M.; SOLER, A.; ORTUÑO, J. F.** *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. Editum, 2002. ISBN 84-8371-308-X. Google-Books-ID: 8v1QBXpvhAUC
41. **VARGAS ESCOBAR, Jorge Antonio.** *Evaluación de la eficiencia de la tuna (opuntia ficus indica) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales*. Pregrado. Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018.
42. **PERICO GRANADOS, Néstor Rafael; MONTAÑA, Andrés Felipe; URICOECHEA, María José; VARGAS, Manuel Antonio; ARÉVALO ALGARRA, Heidy.** Propuesta alternativa de coagulantes naturales. . 2019. No. 1, pP. 127–142.
43. **MURILLO MONTOYA, Sergio Adrián; GALVIS, Gloria Matilde; PACHECO GONZÁLES, Sebastián Isaac.** *Manual técnico para la elaboración de coagulantes/floculantes a partir de productos naturales*. Online. 2020. [Accessed 24 August 2022]. Available from:
https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/6813/manual_coagulantes_floculantes.pdf?sequence=1&isAllowed=y
44. **Gerencia Regional Agraria La Libertad.** *Cultivo de tuna (Opuntia ficus indica)*. Online. 2009. [Accessed 25 August 2022]. Available from:
<http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf>
45. **VEGA G., Antonio; AMPUERO C., Nevenka, DÍAZ N., Luis; LEMUS M, Roberto.** El Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) como componente de alimentos funcionales. *Revista chilena de nutrición*. 2005. Vol. 32, no. 3, pp. 208–214.

46. **Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.** *Sabila. Aloe vera (L.) Burm.* Online. 1994. [Accessed 26 August 2022]. Available from: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/74/sabila.html>
47. **DOMÍNGUEZ FERNÁNDEZ, R. N.; ARZATE VÁZQUEZ, I.; CHANONA PÉREZ, J. J.; WELTI CHANES, J. S.; ALVARADO GONZÁLES, J. S.; CALDERÓN DOMÍNGUEZ, G.; GARIBAY FEBLES, V.; GUTIÉRREZ LÓPEZ, G. F.** *El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria.* Online. 2012. [Accessed 26 August 2022]. Available from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v11n1/v11n1a3.pdf>
48. **BABORA BORRI, Rodrigo; FREIRE, Rosane; DE OLIVEIRA BOINA, Welliton Leandro.** *Remoción de la turbidez del agua usando Aloe vera como coagulante natural.* Online. 2014. [Accessed 26 August 2022]. Available from: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/857/881
49. **RAZURI MALQUI, Kriss Estefany.** *Disminución del contenido de la DBO5 y la DQO mediante coagulantes naturales (Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica) en las aguas del canal de riego E-8 Chuquitanta-San Martín de Porres.* Online. Lima: Universidad César Vallejo, 2017. [Accessed 26 August 2022]. Available from: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3588/Razuri_MKE.pdf?sequence=1&isAllowed=y
50. **FERNÁNDEZ GONZÁLES, Jesús; DE MIGUEL BEASCOECHEA, Eduardo; DE MIGUEL MUÑOZ, José; CURT FERNÁNDEZ DE LA MORA, Dolores.** *Manual de fitodepuración.* Online. Madrid, 2005. [Accessed 9 November 2022]. Available from: https://issuu.com/eriborri/docs/manual_depuracion_macrofitas/7
51. **Estado Peruano.** *Constitución Política del Perú.* Online. 1993. [Accessed 10 November 2022]. Available from: <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H682678>
52. **Ministerio del Ambiente.** *Ley General del Ambiente, Ley N.º 28611.* Online. 2005. [Accessed 10 November 2022]. Available from: <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H901891>
53. **Autoridad Nacional del Agua, ANA.** *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.* 2016.
54. **Diseños y Construcciones Industriales, DISIN S. A.** *¿Qué es, para qué sirve y cuando se debe realizar una prueba de jarras? DISIN S.A. Plantas de Tratamiento de Agua. Colombia.* Online. 2018. [Accessed 31 August 2022]. Available from: <https://www.disin.com/que-es-para-que-sirve-y-cuando-se-debe-realizar-una-prueba-de-jarras/#:~:text=La%20prueba%20de%20jarras%20es,determinada%20calidad%20de%20agua%20final.>

55. **TARRILLO POTENCIANO, Harbin Kevin; TENORIO BERNILLA, Manuel Bladimiro.** *Eficiencia del coagulante-floculante (Opuntia ficus) para la clarificación de las aguas de la acequia El Pueblo de Ferreñache-2019.* Online. Chiclayo : Universidad de Lambayeque, 2019. [Accessed 31 August 2022]. Available from:
[https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/331/1/Tesis %20Tarrillo %20y %20Tenorio.pdf](https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/331/1/Tesis%20Tarrillo%20y%20Tenorio.pdf)
56. **Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, OEFA.** *Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental.* Online. 2015. [Accessed 30 August 2022]. Available from:
[https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978.8#:~:text=Los %20ECA %20son %20las %20medidas,personas %20ni %20para %20el %20ambiente2.](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978.8#:~:text=Los%20ECA%20son%20las%20medidas,personas%20ni%20para%20el%20ambiente2.)
57. **SIGLER, Adam; BAUDER, Jim.** Alcalinidad, pH y Sólidos Disueltos Totales. 2017.
58. **WEBER, Walter J.** *Control de la calidad del agua-Procesos fisicoquímicos.* Reverte, 1979. ISBN 978-84-291-7522-6. Google-Books-ID: TLpzh5HQYvgC
59. **CEGARRA SÁNCHEZ, José.** *Metodología de la investigación científica y tecnológica.* . Ediciones Díaz de Santos, 2011. ISBN 978-84-9969-027-8.
60. **ARROYO ALIAGA, Jacinto.** *¿Cómo ejecutar un plan de investigación?* Online. 2012. [Accessed 5 September 2022]. Available from:
https://drive.google.com/file/d/0B4MdQCIR0y1PbzR4ODJsWGZHNE0/view?resourcekey=0-pI1JFPZ_rjEVkRUOULz8eQFundación para el desarrollo y aplicación de las ciencias
61. **VARGAS CORDERO, Zoila Rosa.** La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación.* 31 July 2009. Vol. 33, no. 1, p. 155.
62. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, Pilar.** *Metodología de la investigación.* México, D. F. : McGraw-Hill Education, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.
63. **Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI.** *Junín, resultados definitivos, tomo I.* Online. Lima, 2018. [Accessed 13 October 2020]. Available from:
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1576/12TOMO_01.pdf
64. **SANZ ALARTA, Carmen Lucia.** *Prevalencia del parasitismo intestinal asociada a factores epidemiológicos, en escolares del nivel primario de la institución educativa N.º 30752 “Jerónimo Jiménez”, La Merced-Chanchamayo, Junín, 2019.* Online. Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2020. Available from:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/11616/BIsaalcl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo A

Tabla 42. Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables Independiente	Indicadores	Metodología
<p>¿Cómo la aplicación combinada de los coagulantes naturales <i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i> influyen en la disminución de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022?</p> <p>Específicos</p> <p>¿Cuál es el nivel inicial de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo referente al límite máximo permisibles para efluentes de PTAR, ciudad La Merced, 2022?</p>	<p>Determinar la influencia de la aplicación combinada de los coagulantes naturales <i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i> en la disminución de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced-2022.</p> <p>Específicos</p> <p>Determinar el nivel inicial de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo referente al límite máximo permisibles para efluentes de PTAR, ciudad La Merced, 2022.</p>	<p>La aplicación combinada de los coagulantes naturales <i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i> disminuye la presencia de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.</p> <p>Específicos</p> <p>El nivel inicial de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo supera el límite máximo permisibles para efluentes de PTAR, ciudad La Merced, 2022.</p>	<p><i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i></p> <p>Dependiente</p> <p>Coliformes termotolerantes</p>	<p>Concentración</p> <p>Nivel de presencia de cepas de bacteria en el agua (NMP/100 mL)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Método general: Científico • Método específico: Observacional-experimental • Investigación: aplicada • Nivel: correlacional • Diseño: cuasiexperimental
<p>¿Cómo la aplicación combinada de los coagulantes naturales <i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i> influyen en la reducción significativa de la DBO y la DQO del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022?</p>	<p>Determinar como la aplicación de concentración combinada de los coagulantes naturales <i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i> influyen en la reducción significativa de la DBO y la DQO del agua residual municipal descargada al río</p>	<p>La aplicación de concentración combinada de los coagulantes naturales <i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i> reduce significativamente la DBO y la DQO del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.</p>	<p>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</p> <p>Demanda química de oxígeno (DQO)</p>	<p>Oxígeno consumido por microorganismos para la degradación bioquímica de la materia orgánica.</p> <p>Cantidad de oxígeno necesario para oxidar la</p>	

<p>¿Cómo la modificación del pH influye en la reducción de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022?</p>	<p>Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.</p> <p>Determinar como la modificación del pH influye en la reducción de coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.</p>	<p>La modificación del pH reduce los coliformes termotolerantes del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.</p>	<p>Coliformes termotolerantes</p>	<p>materia orgánica mediante reacciones químicas.</p> <p>Nivel de presencia de cepas de bacterias en el agua (NMP/100 mL)</p>
<p>¿Cómo la aplicación combinada de los coagulantes naturales <i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i> influyen en la remoción de turbidez del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La merced-2022?</p>	<p>Determinar como la aplicación combinada de los coagulantes naturales <i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i> influyen en la remoción de turbidez del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La merced-2022.</p>	<p>La aplicación de concentración combinada de los coagulantes naturales <i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Aloe vera</i> reduce la turbidez del agua residual municipal descargada al río Chanchamayo, ciudad La Merced, 2022.</p>	<p>Turbidez</p>	<p>Nivel de presencia de partículas en suspensión que dispersan o adsorben la luz (UNT)</p>

Anexo B

Tabla 43. Cuadro de límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	10,000

Fuente: Decreto Supremo N.º 003-2010-Minam

Anexo C

Ficha de registro de datos en campo, ficha de registros de datos en laboratorio y cadenas de custodia

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO														
MUESTREO: _____							REALIZADO POR: _____							
Punto de Muestreo	Localidad	Distrito	Provincia	Depto.	Coordenadas (UTM)		Fecha	Hora	Parámetros muestreados				Envase	Preservante
					X	Y			Coliformes Termotolerantes	Turbidez	DBO	DQO		

Observaciones: _____

FICHA DE REGISTRO DE DATOS N° 01	
Fecha:	
Tratamiento:	
Descripción	Masa (Kg)
<i>Penca de Opuntia ficus-indica</i>	
<i>Opuntia ficus-indica pelado</i>	
Observaciones:	
Fecha:	
Nombre del coagulante:	
Descripción	Masa (Kg)
<i>Opuntia ficus-indica seco</i>	
<i>Opuntia ficus-indica tamizado</i>	
Observaciones:	

FICHA DE REGISTRO DE DATOS N° 01	
Fecha:	
Tratamiento:	
Descripción	Masa (Kg)
<i>Penca de Aloe vera</i>	
<i>Aloe vera pelado</i>	
Observaciones:	
Fecha:	
Nombre del coagulante:	
Descripción	Masa (Kg)
<i>Aloe vera seco</i>	
<i>Aloe vera tamizado</i>	
Observaciones:	

FICHA DE REGISTRO DE DATOS N° 02				
Fecha:				
Muestra N°:				
Tratamiento:				
Mediciones previas				
Turbidez (UNT)				
pH inicial				
Masa del coagulante (g)	Concentración 1	Concentración 2	Concentración 3	Concentración 4
<i>Opuntia ficus-indica</i>				
<i>Aloe vera</i>				
Masa Total (g/L)				
Mediciones después del tratamiento				
Turbidez (UNT)				
pH final				
Velocidad de agitación (RPM)	Agitación rápida:		Tiempo de sedimentación (minutos)	
	Agitación lenta:			
Observaciones:				

FICHA DE REGISTRO DE DATOS N° 02				
Fecha:				
Muestra N°:				
Tratamiento:				
Mediciones previas				
Sólidos Disueltos Totales (TDS) inicial				
Masa del coagulante (g)	Concentración 1	Concentración 2	Concentración 3	Concentración 4
<i>Opuntia ficus-indica</i>				
<i>Aloe vera</i>				
Masa Total (g/L)				
Mediciones post tratamiento				
Sólidos Disueltos Totales (TDS) final				
Porcentaje de remoción				
Velocidad de agitación (RPM)	Homogenización:		Tiempo de sedimentación (minutos)	
	Agitación rápida:			
	Agitación lenta:			
Observaciones:				

FICHA DE REGISTRO DE DATOS N° 03			
Fecha:			
Tratamiento:			
Mediciones previas			
Código:			
pH inicial			
Masa del coagulante (g)	-----	Dosis optima (g)	-----
<i>Opuntia ficus-indica</i>	-----		-----
<i>Aloe vera</i>	-----		-----
Masa Total (g/L)	-----		-----
Mediciones después del tratamiento			
pH final			
Velocidad de agitación (RPM)	Agitación rápida:		Tiempo de sedimentación (minutos)
	Agitación lenta:		
Observaciones:			



CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - CALIDAD DE AGUA Y SUELO

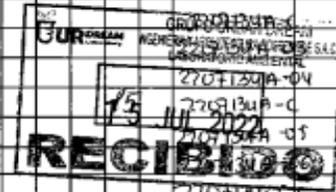
FR - 001
Versión: 01
FE: 08/2021
Página 01 de 02

Cliente: LISBETH CACSIRE Geitia Contacto: 916662003 E-mail: lisbecg@gmail.com Telef. (s) 916662003

Lugar: RIO CHANCHAMAYO Empresa: _____ Planta: _____ Proyecto: _____

Carta/Cotización: GUD - AC6 - 032 2022 MUESTREADO POR URDREAM MUESTREADO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO O CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU			ANÁLISIS DE LABORATORIO												N° Informe: <u>2207134A</u>	
	FECHA	HORA		Turbidez	DBO	Ciudades Termales													CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
RChyo-01	14/07/2022	10:37	ANSR		X														2207134A-09	
RChyo-01	14/07/2022	11:07	ANSR		X														2207134A-09	
RChyo-01	14/07/2022	10:53	ANSR			X													2207134A-10	
RChyo-C1	14/07/2022	18:42	ANSR			X													2207134A-09	
RChyo-C1	14/07/2022	18:47	ANSR			X													2207134A-09	
RChyo-C1	14/07/2022	18:49	ANSR		X														2207134A-09	
RChyo-C2	14/07/2022	18:53	ANSR			X													2207134A-09	
RChyo-C2	14/07/2022	19:02	ANSR		X														2207134A-09	
RChyo-C2	14/07/2022	19:04	ANSR		X														2207134A-09	
RChyo-C3	14/07/2022	19:08	ANSR			X													2207134A-09	
RChyo-C3	14/07/2022	19:11	ANSR			X													2207134A-09	
RChyo-C3	14/07/2022	19:13	ANSR		X														2207134A-09	



DATOS DEL MUESTREO: Registrar la información de campo en el siguiente recuadro:

CÓDIGO DEL CLIENTE	Descripción del punto de muestreo / Estación de muestreo	COORDENADA (UTM) (Sistema, Zona y Banda)	ALTITUD (m.s.n.m.)
RChyo	A 200 metros aguas abajo de la descarga de aguas residuales municipales	E 465092 N 8780168	721

OBSERVACIONES DE CAMPO

Apellido(s) y Nombre(s) del Responsable del Muestreo: LISBETH CACSIRE Geitia Firma(s) [Firma] Recibido en laboratorio por: A. Callejan
 Apellido(s) y Nombre(s) del Supervisor de Campo: _____ Firma(s) _____ hora y fecha: 8:00 am

Cliente: LISBETH CACSIRE GOITIA Contacto: 916662003 E-mail: lisbego@gmail.com Telef. (s) 916662003
Lugar: RIO CHANCHAMAYO Empresa: - Planta: - Proyecto: -

Carta/Cotización:

MUESTREO POR URDREAM MUESTREO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO / CODIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU				ANÁLISIS DE LABORATORIO										N° Informe: <u>2210047A</u>							
	FECHA	HORA		DBO	DQO	Turbiedad	Conductividad	Temperatura											CODIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES					
RChyo-O1r1	04/10/2022	10:36	ANSR	X																			2210047A-1		
RChyo-O1r1	04/10/2022	10:48	ANSR					X																2210047A-1	
RChyo-O1r1	04/10/2022	10:54	ANSR		X																			2210047A-1	
RChyo-O1r1	04/10/2022	11:00	ANSR						X															2210047A-1	
RChyo-Dep1r	04/10/2022	20:46	ANSR	X																				2210047A-2	
RChyo-Dep1r	04/10/2022	20:54	ANSR					X																2210047A-2	
RChyo-Dep1r	04/10/2022	20:58	ANSR		X																			2210047A-2	
RChyo-Dep1r	04/10/2022	21:02	ANSR						X															2210047A-2	
RChyo-GCr1	04/10/2022	21:04	ANSR	X																				2210047A-3	
RChyo-GCr1	04/10/2022	21:10	ANSR			X																		2210047A-3	
RChyo-GCr1	04/10/2022	21:12	ANSR		X																			2210047A-3	
RChyo-GCr1	04/10/2022	21:16	ANSR						X															2210047A-3	

GRUPO URBAN DREAM
INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO AMBIENTAL
05 OCT 2022
RECIBIDO

DATOS DEL MUESTREO: Registrar la información de campo en el siguiente recuadro

CODIGO DEL CLIENTE	Descripción del punto de muestreo / Estación de muestreo	COORDENADA (UTM) (Sistema UTM y Banda)	ALTITUD (m s.n.m.)
RChyo-O1r1	Observación inicial, primera repetición, muestreado a 200m aguas abajo de la descarga de AR municipales.	465042 8780168	721
RChyo-Dep1r	Aplicación de la dosis optima de coagulantes naturales, primera repetición, al agua muestreado a 200m	465042 8780168	721
RChyo-GCr1	Grupo control, primera repetición, del agua muestreado a 200m aguas abajo de la descarga de AR municipales.	465042 8780168	721

OBSERVACIONES DE CAMPO

Apellido(s) y Nombre(s) del Responsable del Muestreo: CACSIRE GOITIA LISBETH Firma:  Recibido en laboratorio por: A. Calderon
Apellido(s) y Nombre(s) del Supervisor de Campo: _____ Firma: _____ Hora y fecha: 04/10/2022 8:00am.



CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - CALIDAD DE AGUA Y SUELO

FR - 001
Versión: 01
FE: 08/2021
Página ...1... de ...1...

Cliente: LISBETH CACSIRE GAITA Contacto: 916662003 E-mail: lisbcgs@gmail.com Telef. (s) 916662003
Lugar: RÍO CHANCHAMAYO Empresa: - Planta: - Proyecto: -

Carta/Cotización:

MUESTREO POR URDREAM

MUESTREO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU					ANÁLISIS DE LABORATORIO										N° Informe: <u>2210068A</u>					
	FECHA	HORA		DBO	Turbidez	ODCO	Coliformos	Término de Reactivos											CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES				
RChyo-Drr3	06/10/2022	10:50	DNSR	X																		2210068A-1		
RChyo-Drr3	06/10/2022				X																		2210068A-1	
RChyo-Drr3	06/10/2022						X																2210068A-1	
RChyo-Drr3	06/10/2022							X															2210068A-1	
RChyo-Dop13	06/10/2022	20:17	DNSR	X																			2210068A-2	
RChyo-Dop13	06/10/2022				X																		2210068A-2	
RChyo-Dop13	06/10/2022					X																	2210068A-2	
RChyo-Dop13	06/10/2022						X																2210068A-2	
RChyo-GC13	06/10/2022	20:25	DNSR	X																			2210068A-3	
RChyo-GC13	06/10/2022				X																		2210068A-3	
RChyo-GC13	06/10/2022					X																	2210068A-3	
RChyo-GC13	06/10/2022						X																2210068A-3	



DATOS DEL MUESTREO: Registrar la información de campo en el siguiente recuadro:

CÓDIGO DEL CLIENTE	Descripción del punto de muestreo / Estación de muestreo	GEOREFERENCIA (UTM) (Sistema, Zona y Banda)		ALTITUD (m.s.n.m.)
RChyo-Drr3	Observación inicial, tercera repetición, muestreado a 200 m aguas abajo de la descarga de aguas residuales municipales.	E: 465042	N: 8780168	721
RChyo-Dop13	Aplicación de la dosis máxima de coagulantes e floculantes, tercera repetición, el agua muestreada a 200 m aguas abajo de la descarga de AR.	465042	8780168	721
RChyo-GC13	Grupo control, tercera repetición, del agua muestreada a 200 m aguas abajo de la descarga de aguas residuales municipales.	E: 465042	N: 8780168	721

OBSERVACIONES DE CAMPO

--

Apellido(s) y Nombre(s) del Responsable del Muestreo: CACSIRE GAITA LISBETH Firma(s): [Signature] Recibido en laboratorio por: A. Calderin
Apellido(s) y Nombre(s) del Supervisor de Campo: _____ Firma(s): _____ hora y fecha: 07/10/2022

Cliente: LISBETH CACSIRE GOITIA Contacto: 916662003 E-mail: lisbgo@gmail.com Telef. (s) 916662003
 Lugar: RÍO CHANCHAHAYO Empresa: - Planta: - Proyecto: -

Carta/Cotización: MUESTREO POR URDREAM MUESTREO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU		ANÁLISIS DE LABORATORIO										N° Informe: <u>2210114 A</u>		
	FECHA	HORA															CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
<u>RChyo-Gr4</u>	<u>11/10/2022</u>	<u>10:28</u>	<u>ANSR</u>															<u>2210114A-1</u>
<u>RChyo-Dep.r4-6</u>	<u>11/10/2022</u>	<u>21:03</u>	<u>ANSR</u>															<u>2210114A-2</u>
<u>RChyo-Dep.r4-9</u>	<u>11/10/2022</u>	<u>21:03</u>	<u>ANSR</u>															<u>2210114A-3</u>
<u>RChyo-Gr4</u>	<u>11/10/2022</u>	<u>21:03</u>	<u>ANSR</u>															<u>2210114A-4</u>

GRUPO URDREAM
 LABORATORIO AMBIENTAL
 12 OCT 2022
 RECIBIDO

DATOS DEL MUESTREO: Registrar la información de campo en el siguiente recuadro:

CÓDIGO DEL CLIENTE	Descripción del punto de muestreo / Estación de muestreo	GEOREFERENCIA (UTM) (Sistema, Zona y Banda)		ALTITUD (m.s.n.m.)
<u>RChyo-Gr4</u>	<u>Observación inicial, cuarta repetición, muestreado a 200m aguas abajo de la descarga de Aguas residuales municipales.</u>	<u>E: 4650 42</u>	<u>N: 8780 168</u>	<u>721</u>
<u>RChyo-Dep.r4-6</u>	<u>Aplicación de la dosis optimo de los coagulantes naturales, cuarta repetición, y modificación del pH del volumen de agua muestreada.</u>	<u>4650 42</u>	<u>8780 168</u>	<u>721</u>
<u>RChyo-Gr4</u>	<u>Grupo Control, cuarta repetición, del agua muestreada a 200m aguas abajo de la descarga de aguas residuales municipales.</u>	<u>E: 4650 42</u>	<u>N: 8780 168</u>	<u>721</u>

OBSERVACIONES DE CAMPO

Observaciones de campo area (empty)

Apellido(s) y Nombre(s) del Responsable del Muestreo: CACSIRE GOITIA LISBETH Firma(s): [Signature] Recibido en laboratorio por: J.C. Maldonado
 Apellido(s) y Nombre(s) del Supervisor de Campo: _____ Firma(s): _____ hora y fecha: 12/10 8:00 PM



CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - CALIDAD DE AGUA Y SUELO

FR - 001
Versión: 01
F.E: 08/2021
Página ... 1 ... de ... 7 ...

Cliente: LISBETH CACSIRE GOÑIA Contacto: 916662003 E-mail: lisbeco@gmail.com Telef. (s) 916662003
 Lugar: RÍO CHANCHAMAYO Empresa: — Planta: — Proyecto: —

Carta/Cotización:

MUESTREADO POR URDREAM

MUESTREADO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO			PARAMETROS IN SITU	ANÁLISIS DE LABORATORIO	N° Informe: <u>2210115 A</u>	CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
	FECHA	HORA	TIPO DE MATRIZ					
<u>RChyo-01r5</u>	<u>12/10/2022</u>	<u>10:33</u>	<u>ANSR</u>	<u>X</u>			<u>2210115A-1</u>	
<u>RChyo-Dep.r5-6</u>	<u>12/10/2022</u>	<u>20:50</u>	<u>ANSR</u>	<u>X</u>			<u>2210115A-2</u>	
<u>RChyo-Dep.r5-9</u>	<u>12/10/2022</u>	<u>20:50</u>	<u>ANSR</u>	<u>X</u>			<u>2210115A-3</u>	
<u>RChyo-GC.r5</u>	<u>12/10/2022</u>	<u>20:50</u>	<u>ANSR</u>	<u>X</u>			<u>2210115A-4</u>	



DATOS DEL MUESTREO: Registrar la información de campo en el siguiente recuadro:

CÓDIGO DEL CLIENTE	Descripción del punto de muestreo / Estación de muestreo	COORDENADA (UTM) (Sistema, Zona y Banda): <u>18L</u>		ALTITUD (m.s.n.m.)
<u>RChyo-01r5</u>	<u>Observación inicial, quinta repetición, muestreado a 200m aguas abajo de la descarga de Aguas residuales municipales.</u>	E: <u>465042</u>	N: <u>8780168</u>	<u>721</u>
<u>RChyo-01r5-6</u>	<u>Aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales, quinta repetición, y medición del pH del volumen de agua muestreada.</u>	E: <u>465042</u>	N: <u>8780168</u>	<u>721</u>
<u>RChyo-GC.r5</u>	<u>Grupo Control, quinta repetición, del agua muestreado a 200m aguas abajo de la descarga de aguas residuales municipales.</u>	E: <u>465042</u>	N: <u>8780168</u>	<u>721</u>
OBSERVACIONES DE CAMPO				
Apellido(s) y Nombre(s) del Responsable del Muestreo: <u>CACSIRE GOÑIA LISBETH</u>		Firma(s):		Recibido en laboratorio por: <u>A Calderón</u>
Apellido(s) y Nombre(s) del Supervisor de Campo:		Firma(s):		hora y fecha: <u>21/10/22 8:00am</u>



CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - CALIDAD DE AGUA Y SUELO

FR - 001
Versión: 01
F.E: 08/2021
Página ... de ...

Cliente: LISBETH CACSIRE GOITIA Contacto: 916662003 E-mail: lisbcgo@gmail.com Telef. (s) 916662003
 Lugar: RÍO CHARCACHAYO Empresa: - Planta: - Proyecto: -

Carta/Cotización:

MUESTREO POR URDREAM

MUESTREO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU	ANÁLISIS DE LABORATORIO												N° Informe: <u>2210129A</u>	
	FECHA	HORA			CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES												
<u>RChyo-Ocr6</u>	<u>13/10/2022</u>	<u>10:35</u>	<u>ANS R</u>	<u>X</u>													<u>2210129A-1</u>	
<u>RChyo-Dop6-6</u>	<u>13/10/2022</u>	<u>20:55</u>	<u>ANS R</u>	<u>X</u>													<u>2210129A-2</u>	
<u>RChyo-Dop6-9</u>	<u>13/10/2022</u>	<u>20:55</u>	<u>ANS R</u>	<u>X</u>													<u>2210129A-3</u>	
<u>RChyo-GC6</u>	<u>13/10/2022</u>	<u>20:55</u>	<u>ANS R</u>	<u>X</u>													<u>2210129A-4</u>	

GRUPO URBAN DREAM
INGENIERIA Y ARQUITECTURA SOSTENIBLE S.A.C.
LABORATORIO AMBIENTAL

14 OCT 2022

RECIBIDO

DATOS DEL MUESTREO: Registrar la información de campo en el siguiente recuadro:

CÓDIGO DEL CLIENTE	Descripción del punto de muestreo / Estación de muestreo	COORDENADA (UTM) (Sistema, Zona y Banda):	ALTITUD (m.s.n.m.)
<u>RChyo-Ocr6</u>	<u>Observación inicial, sexta repetición, muestreado a 200m aguas abajo de la descarga de Aguas Residuales municipales.</u>	<u>E: 465042 N: 8780168</u>	<u>721</u>
<u>RChyo-Dop6-6</u>	<u>Aplicación de la dosis optima de los regulantes naturales, sexta repetición, y medición del pH del volumen de agua muestreada.</u>	<u>E: 465042 N: 8780168</u>	<u>721</u>
<u>RChyo-GC6</u>	<u>Grupo Control, sexta repetición del agua muestreado a 200m aguas abajo de la descarga de aguas residuales municipales.</u>	<u>E: 465042 N: 8780168</u>	<u>721</u>
OBSERVACIONES DE CAMPO			
Apellido(s) y Nombre(s) del Responsable del Muestreo: <u>CACSIRE GOITIA LISBETH</u>		Firma(s):	Recibido en laboratorio por: _____
Apellido(s) y Nombre(s) del Supervisor de Campo: _____		Firma(s): _____	hora y fecha: <u>18:00 14/10</u>



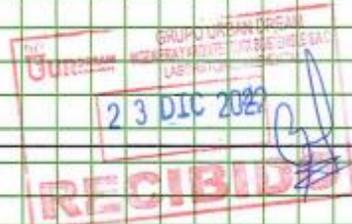
CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - CALIDAD DE AGUA Y SUELO

FR - 001
Versión: 01
F.E: 08/2021
Página ... 4 ... de 4 ...

Cliente: LISBETH CACSIRE GOITIA Contacto: 916662003 E-mail: lisbcgo@gmail.com Telef. (s) 916662003
 Lugar: DESCARGA DE AGUA RESIDUAL MUN. - LA MERCED - CHYO Empresa: — Planta: — Proyecto: —

Carta/Cotización:
 MUESTREO POR URDREAM MUESTREO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU				ANÁLISIS DE LABORATORIO												N° Informe: <u>2212291A</u>	
	FECHA	HORA		Turbidez	OD0	ODO	Conformidad Termobio													CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
ARM-O1r1	22/12/2022	08:34	ARM	X																2212291A	-01
ARM-O1r1	22/12/2022	08:34	ARM		X															2212291A	-01
ARM-O1r1	22/12/2022	08:34	ARM			X														2212291A	-01
ARM-O1r1	22/12/2022	08:34	ARM				X													2212291A	-01
ARM-Dop.r1	22/12/2022	18:30	ARM	X																2212291A	-02
ARM-Dop.r1	22/12/2022	18:30	ARM		X															2212291A	-02
ARM-Dop.r1	22/12/2022	18:30	ARM			X														2212291A	-02
ARM-Dop.r1	22/12/2022	18:30	ARM				X													2212291A	-02



DATOS DEL MUESTREO: Registrar la información de campo en el siguiente recuadro:

CÓDIGO DEL CLIENTE	Descripción del punto de muestreo / Estación de muestreo	GEOREFERENCIA (UTM) (Sistema, Zona y Banda): <u>UTM</u>		ALTITUD (m.s.n.m.)
ARM-O1r1	Observación inicial, primera repetición, muestreado en la descarga de aguas residuales municipales	E: 464918	N: 8780015	721
ARM-Dop.r1	Aplicación de la dosis optima de los coagulantes naturales a agua residual municipal, primera repetición.	E: 464918	N: 8780015	721

OBSERVACIONES DE CAMPO

Apellido(s) y Nombre(s) del Responsable del Muestreo: CACSIRE GOITIA LISBETH Firma(s): Recibido en laboratorio por: A Corderon
 Apellido(s) y Nombre(s) del Supervisor de Campo: _____ Firma(s): _____ hora y fecha: 23/12/22 8:00am

Anexo D
Resultados de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-103



Registro N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INFORME DE ENSAYO
N° 2207134A

Cliente	: LISBETH CACSIRE GOITIA		
Dirección del Cliente	: AVENIDA LAS CUCARDAS 616, LA MERCED-CHANCHAMAYO		
(1) Usuario	: LISBETH CACSIRE GOITIA		
Lugar de Muestreo	: RÍO CHANCHAMAYO		
N° de Orden de Trabajo	: 2207035		
Tipo de Matriz y/o Producto	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO		
Muestreo Realizado por	: CLIENTE		
Procedimiento de Muestreo	: NO APLICA		
Instructivo de Muestreo	: NO APLICA		
Referencia al Plan de Muestreo	: NO APLICA		
Número de Muestras	: 10		
Fecha de Recepción	: 15-07-2022		
Fecha de Inicio y Término de Ensayo	: 15-07-2022	al	23-07-2022

Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

(1) Dato proporcionado por el cliente

Fecha de emisión : 25-07-2022



 Leonor Lucía Morigoña Yulo
 JEFE DE LABORATORIO DE R-LAB S.A.C.



 Paola del Pilar Illasca Visarraga
 JEFE DE LABORATORIO DE MH
 CBP 8953

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 2858430 / 3514198 / Móviles: 972 733 385
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2207134A

Codigo de Laboratorio		2207134A-01	2207134A-02	2207134A-03	2207134A-04
(1) Identificación de la Muestra		RCHYO - C1	RCHYO - C1	RCHYO - C2	RCHYO - C2
(1) Descripción del Punto de Muestreo		A 200 m aguas debajo de las descargas de aguas residuales municipales	A 200 m aguas debajo de las descargas de aguas residuales municipales	A 200 m aguas debajo de las descargas de aguas residuales municipales	A 200 m aguas debajo de las descargas de aguas residuales municipales
(1) Fecha y hora de muestreo		14-07-2022 18:42	14-07-2022 18:47	14-07-2022 18:53	14-07-2022 19:02
(1) Ubicación Geográfica (WGS-84)		N: 8780188 E: 0465042	N: 8780188 E: 0465042	N: 8780188 E: 0465042	N: 8780188 E: 0465042
Tipo de Muestra y Producto		AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RIO			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.C.M.	Resultados	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0.1	0.4	-	674.0
	mg/L	incertidumbre de la Medición ±		-	52.3
Cultivos Fecales por número más probable (NMP)	NMP/100mL	1.8	-	49x10 ⁴	23x10 ⁴
	NMP/100mL	incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A

Codigo de Laboratorio		2207134A-05	2207134A-06	2207134A-07	2207134A-08
(1) Identificación de la Muestra		RCHYO - C3	RCHYO - C3	RCHYO - C2	RCHYO - C2
(1) Descripción del Punto de Muestreo		A 200 m aguas debajo de las descargas de aguas residuales municipales	A 200 m aguas debajo de las descargas de aguas residuales municipales	A 200 m aguas debajo de las descargas de aguas residuales municipales	A 200 m aguas debajo de las descargas de aguas residuales municipales
(1) Fecha y hora de muestreo		14-07-2022 19:08	14-07-2022 19:11	14-07-2022 19:17	14-07-2022 19:21
(1) Ubicación Geográfica (WGS-84)		N: 8780188 E: 0465042	N: 8780188 E: 0465042	N: 8780188 E: 0465042	N: 8780188 E: 0465042
Tipo de Muestra y Producto		AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RIO			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.C.M.	Resultados	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0.1	0.4	-	807.0
	mg/L	incertidumbre de la Medición ±		-	67.2
Cultivos Fecales por número más probable (NMP)	NMP/100mL	1.8	-	78x10 ⁴	49x10 ⁴
	NMP/100mL	incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A

Nota

Condición y estado de la Muestra (s): Ensayado (s): Las muestras fueron refrigeradas y preservadas en laboratorio.
 La (s) muestra(s) se(s) almacenó(en) en frasco de polietileno y estanco(s).
 La (s) muestra(s) se(s) mantendrá(n) guardada(s) en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
 L.C.M. Límite de Cuantificación del método. L.D.M. Límite de detección del método.
 N/A. No Aplica por ser ensayo semicuantitativo.
 Los resultados de ensayo se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido autorizadas por el cliente.
 (*) Datos proporcionados por el cliente.

Leonora Lucía Margarita Yula
JEFE DE LABORATORIO DE AQ
R-LAB S.A.C.

Paola del Pilar Illescas Vismara
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CRP 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
 Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".
 Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ B, Lote G4 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf +51 2858430 / 3514198 / Móviles. 972 733 385
 Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitarnos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



Registro N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 2207134A

Código de Laboratorio	22070134A-09		22070134A-10	
(1) Identificación de la Muestra	RCHYO 01		RCHYO 01	
(1) Descripción del Punto de Muestreo	A 200 m aguas debajo de las descargas de aguas residuales municipales		A 200 m aguas debajo de las descargas de aguas residuales municipales	
(1) Fecha y hora de muestreo	14-07-2022 10:37		14-07-2022 10:53	
(1) Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: 8780168 E: 0465042		N: 8780168 E: 0465042	
Tipo de Matriz y/o Producto	AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.C.M.	Resultados
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	+0,1
	mg/L	Incidumbre de la Medición a		N/A
Cáliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1,8	-	-
	NMP/100mL	Incidumbre de la Medición a		79x10 ⁶

Nota:
 Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.
 La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.
 La (s) muestra(s) se mantendrá guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
 L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.
 N/A: No Aplica, por ser resultados menores al límite de detección, por ser ensayo semicuantitativo.
 Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
 (1) Datos proporcionados por el cliente.

Leonor Lucía Morcconia Yulo
 JEFE DE LABORATORIO DE QA
 R-LAB S.A.C.

Paola del Pilar Macas Vizarraga
 JEFE DE LABORATORIO DE MH
 CBP 8953

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
 Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
 Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 2858430 /3514198 / Móviles: 972 733 385
 Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2207134A

Norma de Referencia			
Tipo de Ensayo	Código	Título	Año de Versión o Edición
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMWW-APHA/WWA-WEP Part 5210 B 23rd Ed	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test	2017
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	SMWW-APHA /AWWA-WEP Part 9221 E-1, 23rd Ed	Multiple –Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	2017

(1) Datos proporcionados por el cliente

Identificación de la muestra	(1) Turbidez (UNT)
RCHYO - C1	143,0
RCHYO - C2	42,3
RCHYO - C3	109,0
RCHYO GC	2,2
RCHYO D1	3,7

Fin del documento

Leonor Lucía Morcoquite Yuto
JEFE DE LABORATORIO DE PQ
R-LAB S.A.C.

Paola del Pilar Huescos Vicomaga
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CRP 5050

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Tel: +51 2858430 /3514198 / Móviles: 972 733 385
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2210047A

Cliente	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Dirección del Cliente	: AV. LAS CUCARDAS N° 616, LA MERCED, CHANCHAMAYO
(1) Usuario	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Lugar de Muestreo	: RÍO CHANCHAMAYO
N° de Orden de Trabajo	: 2209062
Tipo de Matriz y/o Producto	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO
Muestreo Realizado por	: CLIENTE
Procedimiento de Muestreo	: NO APLICA
Instructivo de Muestreo	: NO APLICA
Referencia al Plan de Muestreo	: NO APLICA
Número de Muestras	: 03
Fecha de Recepción	: 05-10-2022
Fecha de Inicio y Término de Ensayo	: 05-10-2022 al 14-10-2022

Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

Fecha de emisión : 17-10-2022

Paola del Pilar Hincapié Vizcarra
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CBP 8950

Leonor Lucía Morcoteña Yulo
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2210047A

Código de Laboratorio	2210047A-01	2210047A-02	2210047A-03			
(1) Identificación de la Muestra	RCHy-D1r1 (Observación inicial primera repetición)	RCHy-DaP.r1 (Aplicación de la dosis óptima de coagulantes naturales, primera repetición)	RCHy-GC1r1 (grupo control, primera repetición)			
(1) Descripción del Punto de Muestreo	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal			
(1) Fecha y hora de muestreo	04-10-2022 10:45	04-10-2022 20:50	04-10-2022 21:10			
(1) Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: 8780168 E: 0465042	N: 8780168 E: 0465042	N: 8780168 E: 0465042			
Tipo de Matriz y/o Producto	AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RIO					
Tipo de Ensayo	Unidad	L.O.M.	L.C.M.	Resultados		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	12,1	184,1	8,1
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		1,0	14,3	0,8
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1,2	5,0	27,7	386,3	17,7
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		2,8	39,9	1,8
Céliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/ 100mL	1,8	-	33x10 ⁶	33x10 ⁶	130x10 ⁶
	NMP/ 100mL	Incertidumbre de la Medición ±		NA	NA	NA

Nota:
 Condición y estado de la Muestra (x) Ensayada (x) Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.
 La (x) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.
 La (x) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
 L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.O.M: Límite de detección del método.
 N/A: No Aplica, por ser ensayo semicuantitativo.
 Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
 (1) Datos proporcionados por el cliente.

Paola del Pilar Illescas Visirayaga
 JEFE DE LABORATORIO DE MH
 C.B.P. 1950

Leonor Lucía Montecilla Yuto
 JEFE DE LABORATORIO DE FQ
 R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
 Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
 Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, M.Z. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
 Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2210047A

Norma de Referencia			
Tipo de Ensayo	Código	Título	Año de Versión o Edición
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMWW-APHA/AWWA-WEPF Part. 5210 B 23rd Ed	Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test	2017
Demanda Química de Oxígeno	SMWW-APHA- AWWA-WEF Part 5220D, 23rd Ed	Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method	2017
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	SMWW-APHA- AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Thiomoliant (Fecal) Coliform Procedure, Thiomoliant Coliform Test (SC Medium)	2017

(1) Datos proporcionados por el cliente

Identificación de la muestra	Turbidez (NTU)
Rchy-01r1	1.83
Rchy-02r1	11.20
Rchy-03r1	1.82

Fin del documento


Paola
Jefa de Laboratorio de Inj


Leonor Lucía Morcoccia Yuto
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



Registro N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 2210056A

Cliente	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Dirección del Cliente	: AV. LAS CUCARDAS N° 616, LA MERCED, CHANCHAMAYO
(1) Usuario	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Lugar de Muestreo	: RÍO CHANCHAMAYO
N° de Orden de Trabajo	: 2209062
Tipo de Matriz y/o Producto	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO
Muestreo Realizado por	: CLIENTE
Procedimiento de Muestreo	: NO APLICA
Instructivo de Muestreo	: NO APLICA
Referencia al Plan de Muestreo	: NO APLICA
Número de Muestras	: 03
Fecha de Recepción	: 06-10-2022
Fecha de Inicio y Término de Ensayo	: 06-10-2022 al 15-10-2022

"Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".

(1) CMO proporcionado por el cliente.

Fecha de emisión : 18-10-2022


Paola Yuta
Jefa de Laboratorio de FQ
R-LAB S.A.C.


Leonor Lucla Marccolla Yuta
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 365 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2210056A

Código de Laboratorio	2210056A-01	2210056A-02	2210056A-03			
(1) Identificación de la Muestra	RChyo-01Q (Observación inicial, segunda repetición)	RChyo-Dop/2 (Aplicación de la dosis óptima de coagulantes naturales, segunda repetición)	RChyo-GD2 (grupo control, segunda repetición)			
(1) Descripción del Punto de Muestreo	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal			
(1) Fecha y hora de muestreo	05-10-2022 11:30	05-10-2022 20:10	05-10-2022 20:21			
(1) Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: 8780188 E: 0465042	N: 8780188 E: 0465042	N: 8780188 E: 0465042			
Tipo de Muestra y Producto	AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RIO					
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	14,5	183,2	13,1
	mg/L	Incidumbre de la Medición 2		1,1	14,2	1,0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1,2	5,0	34,9	378,7	28,8
	mg/L	Incidumbre de la Medición 2		2,5	38,3	2,8
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1,8	-	48x10 ⁴	23x10 ⁴	133x10 ⁴
	NMP/100mL	Incidumbre de la Medición 2		N/A	N/A	N/A

Nota

Condición y estado de la Muestra (x) Ensayos (y): Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio

La (x) muestra(s) según en frasco de polietileno y esterilizado.

La (x) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.

N/A. No aplica, por ser ensayo semicuantitativo.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

Paola del Pilar Huesca Visarraga
JEFE DE LABORATORIO DE MQ

Leonor Lucía Morcote Yuto
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítanos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2210056A

Norma de Referencia			
Tipo de Ensayo	Código	Título	Año de versión o Edición
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA/AWWA-WEF Part. 5210 B 23rd Ed.	Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test	2017
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 5220D, 23rd Ed.	Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Colorimetric Method	2017
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	2017

(1) Datos proporcionados por el cliente

Identificación de la muestra	Turbidez (NTU)
Rdhy-O1r2	28,50
Rdhy-Dop.r2	17,40
Rdhy-GC2	9,94

Fin del documento

Paola del Pilar Biscaya Visarraga
JEFE DE LABORATORIO DE MN
CBP 8950

Leonor Lucía Morcilla Yuto
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro IP LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2210068A

Cliente	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Dirección del Cliente	: AV. LAS CUCARDAS N° 616, LA MERCED, CHANCHAMAYO
(1) Usuario	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Lugar de Muestreo	: RÍO CHANCHAMAYO
N° de Orden de Trabajo	: 2209062
Tipo de Matriz y/o Producto	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO
Muestreo Realizado por	: CLIENTE
Procedimiento de Muestreo	: NO APLICA
Instructivo de Muestreo	: NO APLICA
Referencia al Plan de Muestreo	: NO APLICA
Número de Muestras	: 03
Fecha de Recepción	: 07-10-2022
Fecha de Inicio y Término de Ensayo	: 07-10-2022 al 14-10-2022

Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

(1) Datos proporcionado por el cliente

Fecha de emisión : 20-10-2022

Pamela del Pilar Mancos Vizcarra
JEFE DE LABORATORIO DE EQ
R-LAB S.A.C.

Leonor Lucía Morcubilla Yuto
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE -103

INFORME DE ENSAYO N° 2210068A

Código de Laboratorio	2210068A-01	2210068A-02	2210068A-03			
(1) Identificación de la Muestra	RChyo-C10 (Observación inicial, tercera repetición)	RChyo-Dop/3 (Aplicación de la dosis optima de coagulantes naturales, tercera repetición)	RChyo-G03 (grupo control, tercera repetición)			
(1) Descripción del Punto de Muestreo	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal			
(1) Fecha y hora de muestreo	06-10-2022 10:50	06-10-2022 20:17	06-10-2022 20:25			
(1) Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: 8780168 E: 0465042	N: 8780168 E: 0465042	N: 8780168 E: 0465042			
Tipo de Matriz y/o Producto	AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO					
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	16,4	194,7	17,2
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		1,3	15,1	1,3
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1,2	5,0	33,2	386,3	34,9
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		3,4	33,9	3,5
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1,8	-	48x10 ⁶	130x10 ⁶	23x10 ⁶
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A

Note:

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.

La (s) muestra(s) llegaron en fresco de polietileno y esterilizado.

La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.

N/A: No Aplica, por ser ensayo semicuantitativo.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

Paola del Pilar Illescas Vitarroaga
JEFE DE LABORATORIO DE MN
CSP 89%

Leonor Lucia Morcilla Yuto
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítanos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2210068A

Norma de Referencia			
Tipo de Ensayo	Código	Título	Año de Versión o Edición
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA/AWWA-WEF Part. 5210 B 23rd Ed.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	2017
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 5220D, 23rd Ed.	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2017
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 9221 B-1, 23rd Ed.	Multiple -Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (FC Medium)	2017

(1) Datos proporcionados por el cliente

Identificación de la muestra	Turbidez (NTU)
Rchy-01r3	2,31
Rchy-0op.r3	10,50
Rchy-GCR3	1,74

Fin del documento

Paola de Pilar Illiescas Visurraga
JEFE DE LABORATORIO DE MN
CRP 8950

Leonor Lucía Morcoola Yuta
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2210114A

Cliente	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Dirección del Cliente	: AV. LAS CUCARDAS N° 616, LA MERCED, CHANCHAMAYO
(1) Usuario	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Lugar de Muestreo	: RÍO CHANCHAMAYO
N° de Orden de Trabajo	: 2209062
Tipo de Matriz y/o Producto	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO
Muestreo Realizado por	: CLIENTE
Procedimiento de Muestreo	: NO APLICA
Instructivo de Muestreo	: NO APLICA
Referencia al Plan de Muestreo	: NO APLICA
Número de Muestras	: 04
Fecha de Recepción	: 12-10-2022
Fecha de Inicio y Término de Ensayo	: 12-10-2022 al 15-10-2022

Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

Fecha de emisión : 21-10-2022


Paola del Rial
Paola del Rial Mestas Visuraga
JEFE DE LABORATORIO DE MH
COP 0090

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: laboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



INFORME DE ENSAYO N° 2210114A

Código de Laboratorio	2210114A-01	2210114A-02	2210114A-03	2210114A-04			
(1) Identificación de la Muestra	RCryo-01st (Observación Inicial, cuarta repetición)	RCryo-Dup-H-8 (Aplicación de la dosis optima de coagulantes naturales, cuarta repetición y modificación del pH del volumen de agua muestreada)	RCryo-Dup-H-8	RCryo-GC04 (guaya control, cuarta repetición)			
(2) Descripción del Punto de Muestreo	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal			
(3) Fecha y hora de muestreo	11/10/2022 10:28	11/10/2022 21:03	11/10/2022 21:03	11/10/2022 21:03			
(4) Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: 8780188 E: 0465542	N: 8780188 E: 0465542	N: 8780188 E: 0465542	N: 8780188 E: 0465542			
Tipo de Muestra y Producto	AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RIO						
Tipo de Ensayo	Unidad	L.O.M.	L.C.M.	Resultados			
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/ 100mL	1,8	-	33x10 ⁰	79x10 ⁰	33x10 ⁰	33x10 ⁰
NMP/ 100mL	Interferencia de la Medición 1			NA	NA	NA	NA

Nota:

Condición y estado de la Muestra (S) Ensayada (N): Las muestras fueron refrigeradas al laboratorio.

La (S) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.

La (S) muestra(s) se mantendrá guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.O.M. Límite de detección del método.

NA: No Aplica, por ser ensayo semicuantitativo.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente

Norma de Referencia			
Tipo de Ensayo	Código	Título	Año de Versión o Edición
Coliformes Fecales por número más probable (NMP)	SMEWW-AP19- AWWA-WEF Pat 921 E-1, 23rd Ed	Multiple -Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	2017

Fin del documento

Paula del Pilar Alvarado Vivero
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CRP 2950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C. Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.riabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2210115A

Cliente	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Dirección del Cliente	: AV. LAS CUCARDAS N° 616, LA MERCED, CHANCHAMAYO
(1) Usuario	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Lugar de Muestreo	: RÍO CHANCHAMAYO
N° de Orden de Trabajo	: 2209062
Tipo de Matriz y/o Producto	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO
Muestreo Realizado por	: CLIENTE
Procedimiento de Muestreo	: NO APLICA
Instructivo de Muestreo	: NO APLICA
Referencia al Plan de Muestreo	: NO APLICA
Número de Muestras	: 04
Fecha de Recepción	: 13-10-2022
Fecha de Inicio y Término de Ensayo	: 13-10-2022 al 16-10-2022

Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

(1) Dato proporcionado por el cliente.

Fecha de emisión : 22-10-2022

Paola del Pilar Bascas Vasmiraga
LABORATORIO DE ENSAYO

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B. Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2210115A

Código de Laboratorio	2210115A-01	2210115A-02	2210115A-03	2210115A-04
(1) Identificación de la Muestra	RChyo-01r1 (Observación Inicial, quinta repetición)	RChyo-Dep r5-6 (Aplicación de la dosis óptima de coagulantes naturales, quinta repetición y modificación del pH del volumen de agua muestrada)	RChyo-Dep r5-9	RChyo-GC05 (grupo control, quinta repetición)
(2) Descripción del Punto de Muestreo	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal
(3) Fecha y hora de muestreo	12-10-2022 10:33	12-10-2022 20:59	12-10-2022 20:50	12-10-2022 20:50
(4) Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: 8780168 E: 0465042	N: 8780168 E: 0465042	N: 8780168 E: 0465042	N: 8780168 E: 0465042
Tipo de Matriz y/o Producto	AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RIO			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	LCM	Resultados
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1,8	-	48x10 ² 33x10 ² 130x10 ² 23x10 ²
NMP/100mL	Inferior a la Medición		N/A	N/A N/A N/A N/A

Nota:
Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.
La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.
La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 15 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.
N/A: No Aplica, por ser ensayo semicuantitativo.
Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
(1) Datos proporcionados por el cliente.

Norma de Referencia			
Tipo de Ensayo	Código	Título	Año de versión o Edición
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	SMEWW/APHA: AMWA-WEF Part 8221 E-1, 23rd Ed	Multiphase Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	2017

Fin del documento

Paola del Pilar Miescas Fisarrayuga
JEFE DE LABORATORIO DE N.M.
CBP 6950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



Registro N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 2210129A

Cliente	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Dirección del Cliente	: AV. LAS CUCARDAS N° 616, LA MERCED, CHANCHAMAYO
(1) Usuario	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Lugar de Muestreo	: RÍO CHANCHAMAYO
N° de Orden de Trabajo	: 2209062
Tipo de Matriz y/o Producto	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO
Muestreo Realizado por	: CLIENTE
Procedimiento de Muestreo	: NO APLICA
Instructivo de Muestreo	: NO APLICA
Referencia al Plan de Muestreo	: NO APLICA
Número de Muestras	: 04
Fecha de Recepción	: 14-10-2022
Fecha de Inicio y Término de Ensayo	: 14-10-2022 al 17-10-2022

Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

Fecha de emisión : 26-10-2022

Paulo del Pilar Escobedo Visarraga
JEFE DE LABORATORIO DE M.M.
CBP 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B. Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



Registro N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 2210129A

Código de Laboratorio	2210129A-01	2210129A-02	2210129A-03	2210129A-04			
(1) Identificación de la Muestra	RCryo-018 (Observación Inicial, sexta repetición)	RCryo-018 (Aplicación de la dosis óptima de coagulantes naturales, sexta repetición y modificación del pH del volumen de agua suministrada)	RCryo-018-9	RCryo-018 (sexta repetición)			
(1) Descripción del Punto de Muestras	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal	200 m aguas abajo de la descarga de AR municipal			
(1) Fecha y hora de muestreo	13-10-2022 10:35	13-10-2022 20:55	13-10-2022 20:55	13-10-2022 20:55			
(1) Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: 8780168 E: 0485042	N: 8780168 E: 0485042	N: 8780168 E: 0485042	N: 8780168 E: 0485042			
Tipo de Matriz y/o Producto	AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RIO						
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.C.M.	Resultados			
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1,8	-	13x10 ³	79x10 ³	79x10 ³	48x10 ³
	NMP/100mL	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A	N/A

Nota:
 Condición y estado de la Muestra (x) Ensayada (o) Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.
 La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.
 La (s) muestra(s) se mantendrá guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
 L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.O.M. Límite de detección del método.
 N/A: No Aplica, por ser ensayo semicuantitativo.
 Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
 (1) Datos proporcionados por el cliente.

Bola JH
 Paola del Pilar Mescua Vizcarra
 JEFE DE LABORATORIO DE MH
 CBP 6050

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
 Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".
 Asoc. de Vivienda Cruz de Molupe, MZ. B. Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
 Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visítanos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2210129A

Norma de Referencia			
Tipo de Ensayo	Código	Título	Año de Versión e Edición
Coliformos Fecales por Número más probable (NMP)	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	2017

Fin del documento

Paola del Pilar Alencas Visurroga
JEFE DE LABORATORIO DE MN
CBP 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Tel: +51 677 6533 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN
INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



Registro N° LE -103

INFORME DE ENSAYO N° 2212291A

Cliente	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Dirección del Cliente	: AV. LAS CUCARDAS 616, LA MERCED - CHANCHAMAYO
(1) Usuario	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Lugar de Muestreo	: DESCARGA DE AGUA RESIDUAL MUNICIPALIDAD - LA MERCED - CHANCHAMAYO
N° de Orden de Trabajo	: 2212049
Tipo de Matriz y/o Producto	: AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Muestreo Realizado por	: LISBETH CACSIRE GOITIA
Procedimiento de Muestreo	: NO APLICA
Instructivo de Muestreo	: NO APLICA
Referencia al Plan de Muestreo	: NO APLICA
Número de Muestras	: 02
Fecha de Recepción	: 23-12-2022
Fecha de Inicio y Término de Ensayo	: 23-12-2022 al 28-12-2022

Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

(1): Dato proporcionado por el cliente.

Fecha de emisión : 31-12-2022

Leonor Lucía Morúa Colla Yuto
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
R-LAB S.A.C.

Paula del Pilar Mescas Visurraga
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CBP 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 2858430 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com

F-01-03, Revisión: 02, Fecha: 17-05-2013

Página 1 de 1



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN
INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2212291A

Código de Laboratorio		2212291A-01	2212291A-02		
(1) Identificación de la Muestra		ARM-01r1 (observación visual, primera repetición)	ARM-Dop r1 (aplicación de la dosis óptima de los coagulantes naturales al agua residual municipal, primera repetición)		
(1) Descripción del Punto de Muestreo		Descarga de aguas residuales municipales	Descarga de aguas residuales municipales		
(1) Fecha y hora de muestreo		22/12/2022 08:34	22/12/2022 18:30		
(1) Ubicación Geográfica (WGS-84)		N: 8780015 E: 0464918	N: 8780015 E: 0464918		
Tipo de Matriz y/o Producto		AGUA RESIDUAL MUNICIPAL			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
(M) Turbidez	UNT	0,5	1,5	308,0	97,0
		Incertidumbre de la Medición z		37,8	12,8
(Q) Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	292,5	188,0
		Incertidumbre de la Medición a		15,7	14,8
(Q) Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1,2	5,0	410,7	364,0
		Incertidumbre de la Medición z		61,4	38,7
(C) Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1,8	-	79x10 ⁶	49x10 ⁶
		Incertidumbre de la Medición a		N/A	N/A

Nota

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.

La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y esterilizado.

La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.

(Q) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL-DA.

(M) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAS.

N/A: No Aplica, por ser ensayo semicuantitativo.

Los resultados de ensayo se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

Leonor Lucia Micaela Yulo
JEFE DE LABORATORIO DE FU
R-LAB S.A.C.

Paola del Pilar Illiscas Pisurraga
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CSP 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".
Asoc. de Vivienda Cruz de Molupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 2858430 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN
INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2212291A

Norma de Referencia			
Tipo de Ensayo	Código	Título	Año de Versión o Edición
Turbidity Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed	Nephelometric Method Sampling & Analysis	2017
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B 23rd Ed	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test	2017
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220, 23rd Ed	Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method	2017
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed	Multiple -Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	2017

Fin del documento

Leonor Lucía Morecocha Yuto
JEFE DE LABORATORIO DE PQ
R-LAB S.A.C.

Paola del Pilar Illescas Hsurruga
JEFE DE LABORATORIO DE MH
CSP 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 2858430 / Móviles: 972 733 385 / 913 012 298
F-10-01, Revisión: 08, Fecha: 02-09-2018
Correo: rlaboratorio1@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com

Página 1 de 1

Anexo E
Panel fotográfico



Reconocimiento de campo



Determinación del punto 200 metros aguas debajo de la descarga



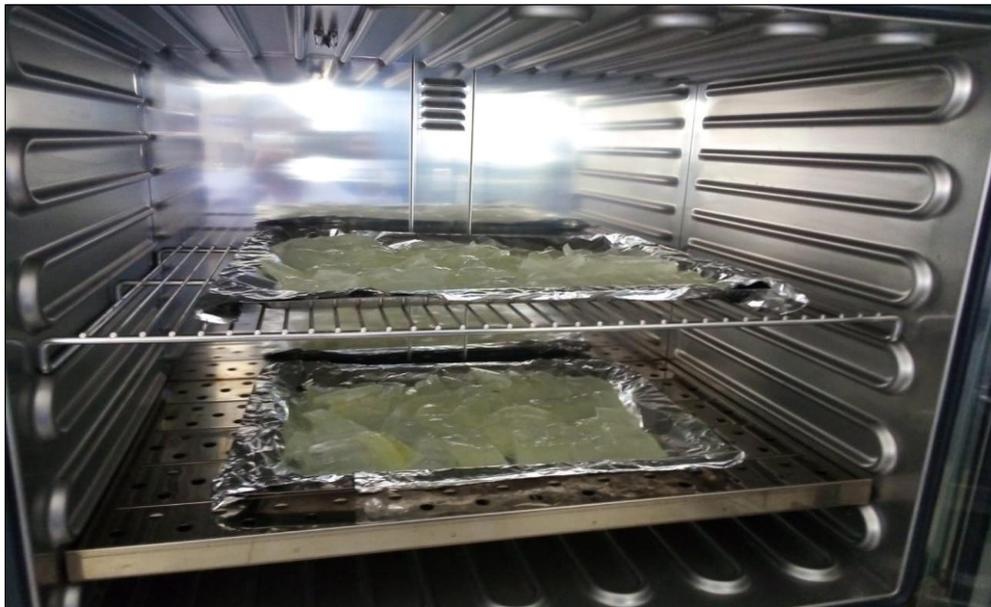
Extracción y lavado de las pencas de tuna



Trozado y secado de las pencas de tuna en la estufa a 120 °C por 48 horas



Extracción y lavado de las hojas de sábila



Trozado y secado del gel de la sábila en la estufa a 60°C por 48 horas



Triturado de la pulpa de tuna y sábila seca



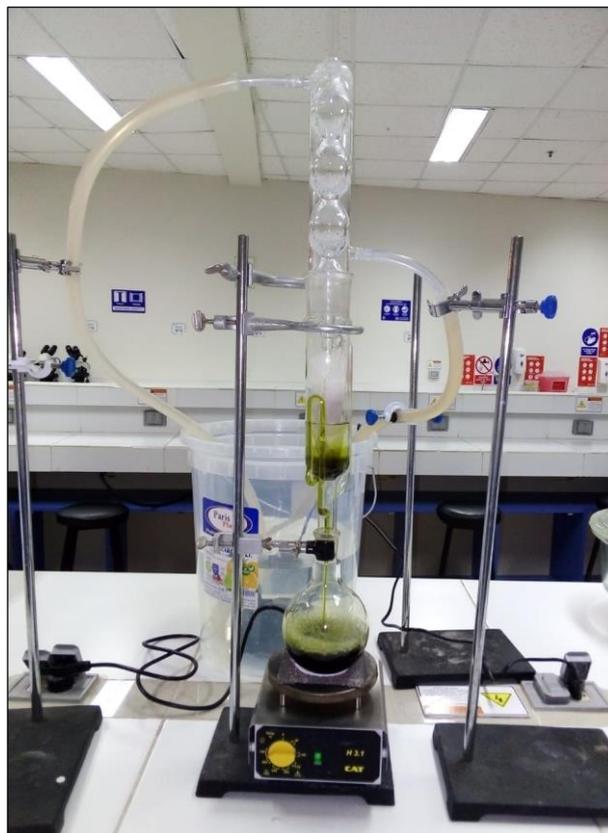
Tamizado del coagulante en polvo haciendo uso de un tamiz de 0.3mm



Pesado de la masa de coagulante obtenido



Obtención de los coagulantes naturales en polvo



Extracción de pigmento de los coagulantes en polvo haciendo uso del equipo Soxhlet



Toma de muestras a 200 metros abajo del punto de descarga



Toma de muestras en el punto de descarga de aguas residuales municipales



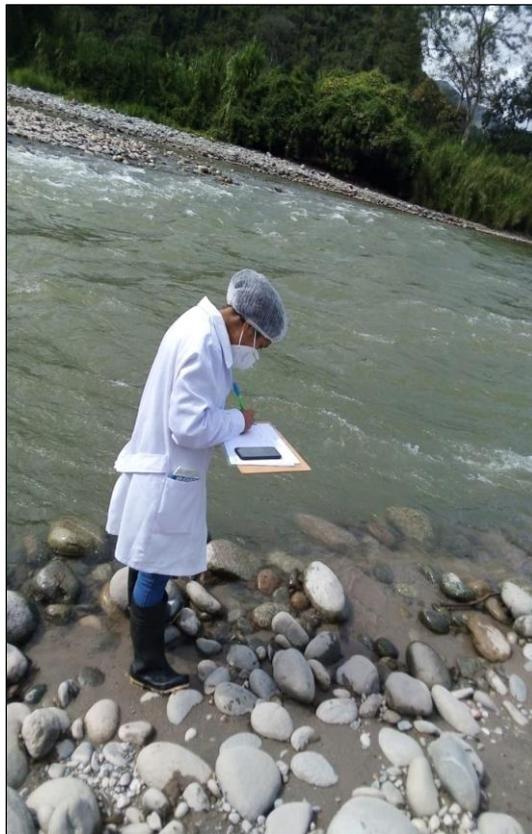
Toma de muestras de concentraciones iniciales de los parámetros coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO y turbiedad



Aplicación del preservante ácido sulfúrico para el parámetro DQO



Rotulado y acondicionamiento de las muestras tomadas



Rellenado de la cadena de custodia



Esterilización de los vasos de precipitación del equipo Jar-Test



Primera prueba preliminar de determinación de la dosis óptima de los coagulantes naturales en el equipo Jar-Test



Segunda prueba preliminar de determinación de la dosis optima de los coagulantes naturales en el equipo Jar-Test



Turbidímetro, marca Pasco, para determinar la dosis optima en función a la reducción de turbidez del agua residual municipal sometido a tratamiento



Medición de sólidos disueltos totales para determinar la dosis óptima de los coagulantes naturales



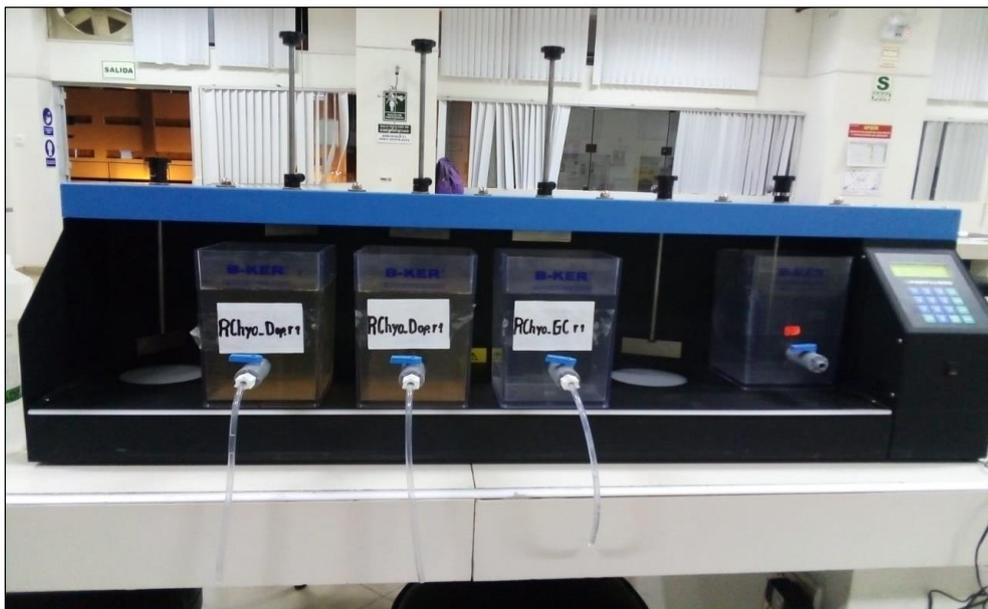
pHTestr usado para medir el pH de las muestras de agua residual sometido a tratamiento



Preparación de solución de bicarbonato de sodio, para incrementar el pH del agua residual municipal a 8.5



Uso de ácido sulfúrico para reducir el pH de la muestra de agua residual a 6



Prueba de eficiencia de los coagulantes naturales en la remoción de coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO y turbiedad, a nivel de laboratorio, haciendo uso del equipo Jar-Test