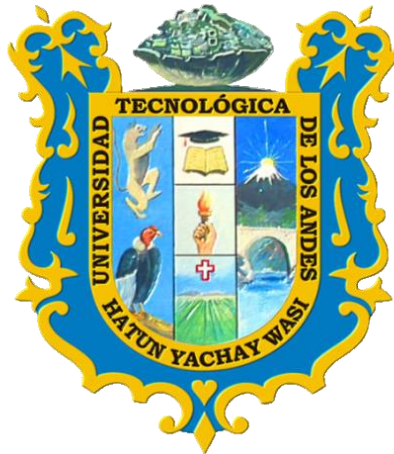


**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y  
RECURSOS NATURALES**



**Tesis**

**Estudio comparativo de la efectividad del Soccomporo (*Corryocactus ayacuchoensis* R.), Molle (*Schinus molle* L.) y Chicle pupa (*Ligaria cuneifolia* R.) como coagulantes naturales frente al sulfato de aluminio en la remoción de parámetros físico-químicos en el tratamiento primario del agua, con muestras del río Yanamayo del distrito Poroy de la Provincia Cusco 2024**

Asesor:

Mag. Pozo Gonzales, José Salustio

Autores:

Ccallo Cusi, Yohan Carlos

Pauccara Alderete, Frank Clinton

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental

Cusco – Perú

2025



**ACTA DE SUSTENTACIÓN ORAL DE LA TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

**Modalidad de titulación: Presentación, Sustentación y Aprobación de Tesis Profesional.**

En la ciudad del Cusco siendo las 11:00 horas del día 14 de enero del año dos mil veinticinco, en concordancia con el Reglamento General de Grado Académico y Título de la Universidad Tecnológica de los Andes, y en mérito a la Resolución Sub Directoral N° RSD- 001 - 2025-UTEA-FI-EPIARN-SD del 07 de enero del 2025, se realiza el acto académico de sustentación de la tesis, intitulada "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFECTIVIDAD DEL SOCCOMPORO (CORRYOACTUS AYACUCHOENSIS), MOLLE (SCHINUS MOLLE) Y CHICLE PUPA (LIGARIA CUNEIFOLIA) COMO COAGULANTES NATURALES FRENTE AL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL TRATAMIENTO PRIMARIO DEL AGUA, CON MUESTRAS DEL RIO YANAMAYO DEL DISTRITO DE POROY DE LA PROVINCIA CUSCO 2024", presentado por los bachilleres señores CCALLO CUSI YOHAN CARLOS Y PAUCCARA ALDERETE FRANK CLINTON; como asesor del trabajo de investigación Mag. José Salustio Pozo Gonzales.

Habiéndose nombrado al jurado con resolución Sub directoral RSD- 001 - 2025-UTEA-FI-EPIARN-SD, que está conformada por los señores docentes:

- Presidente: Mag. Paul Gerardo Vargas Meza
- Replicante: Blga. Ing. Gladys Allende Ramos
- Dictaminante: Mg. Helidia Hanco Loayza

El acto académico se realizó de la siguiente manera:

Primero: El docente secretario designado dio lectura de la resolución sub Directoral N° RSD- 001 - 2025-UTEA-FI-EPIARN-SD, en el que se señala la fecha, hora y el jurado correspondiente para la sustentación de la tesis antes mencionada, así como los artículos 18 y 19 del Reglamento General de Grados Académicos y títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes.

Segundo: Se procedió con la sustentación de los tesisistas señores bachilleres aspirantes al título de Ingenieros Ambientales y Recursos Naturales.


Tercero: Se procedió con las preguntas y repreguntas por parte del jurado calificador quienes en una ficha de observaciones hacen conocer por escrito sus apreciaciones y observaciones al trabajo de investigación(tesis).

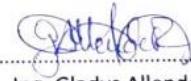
Cuarto: El presidente del jurado invitó a los señores bachilleres y al público en general para que se sirvan desocupar el salón de grados para que el jurado dilucide las calificaciones y determine la nota calificadora de cada uno de los aspirantes al título profesional.


Quinto: Culminada con la calificación de parte de los señores integrantes del jurado se dio a conocer públicamente la nota obtenida por los señores bachilleres, la misma que fue de Dieciocho (18) puntos.

El presidente del jurado calificador hará llegar a los bachilleres las fichas de observaciones para que puedan levantar las observaciones en los plazos previstos.


Siendo las 13:10 pm horas se dio por concluido el acto de sustentación, firmando los señores integrantes del jurado, los señores bachilleres en señal de conformidad.

  
Mag. Paul Gerardo Vargas Meza  
Presidente

  
Blga. Ing. Gladys Allende Ramos  
Replicante

  
Mag. Helidia Hanco Loayza  
Dictaminante

  
Bach. Ccallo Cusi Yohan Carlos

  
Bach. Paucara Alderete Frank Clinton

## Estudio comparativo de la efectividad del Soccomporo (Corryocactus ayacuchoensis R.), Molle (Schi.doc)

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>21</b> %	<b>11</b> %	<b>3</b> %	<b>16</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes</b> Trabajo del estudiante	<b>14</b> %
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>qdoc.tips</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Europea de Madrid</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>6</b>	<b>repositorio.unh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>7</b>	<b>repositorio.ug.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>9</b>	<b>revistas.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>10</b>	<b>repositorio.unp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>11</b>	<b>repositorio.usil.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>12</b>	<b>dergipark.org.tr</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %

## Metadatos

<b>Datos del Autor</b>	
Apellidos y nombres	: Ccallo Cusi, Yohan Carlos
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Numero de Documento de Identidad	: 70683220
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0009-0002-7899-9283">https://orcid.org/0009-0002-7899-9283</a>
Apellidos y nombres	: Pauccara Alderete, Frank Clinton
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Numero de Documento de Identidad	: 70255349
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0009-0004-0541-1754">https://orcid.org/0009-0004-0541-1754</a>
<b>Datos del Asesor</b>	
Apellidos y nombres	: Mag. Pozo Gonzales, José Salustio
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Numero de Documento de Identidad	: 23964591
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0000-0002-4560-0072">https://orcid.org/0000-0002-4560-0072</a>
<b>Datos de la Investigación</b>	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales
Línea de Investigación	: Calidad Ambiental
Rango de años en que se realizó la investigación	: octubre 2023 – junio 2024
Fuente de financiamiento	: Autofinanciado
Porcentaje de similitud	: 21%
URI OCDE	: <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01</a>

## **Dedicatoria**

Este presente estudio va dedicado en primer lugar a Dios que siempre está presente en cada momento de mi vida, a mi madre la Lic. Olga Cusi Espinoza que es mi motor a seguir adelante, a mi padre el Lic. Ramón Juan Ccallo Quispe por su gran apoyo y a mis queridos hermanos.

**Yohan Carlos Ccallo Cusi**

Dedico este trabajo de investigación con todo el cariño para mi madre la Sra. Frida María Alderete B., mis dos preciadas hermanas y mi padre el Sr. Francisco Pauccara C. por el constante apoyo que me brindaron para lograr culminar mi carrera profesional.

**Frank Clinton Pauccara Alderete**

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por ayudarme a concluir esta meta en mi vida profesional, igualmente a los Ingenieros Hernán Ataucusi y Miguel A. Canal por su gran apoyo incondicional, a mi Asesor y docentes de mi facultad de la UTEA a quienes tengo mucho respeto porque fueron pieza fundamental en mi educación profesional.

**Yohan Carlos Ccallo Cusi.**

Primeramente, doy gracias a Dios por la vida, la salud y el amor, que me permite continuar frente a las adversidades y obstáculos de mi camino.

Seguidamente agradezco a mis familiares y amistades por las palabras de aliento en momentos difíciles.

También agradezco a nuestro asesor y docentes de la universidad por inculcar valores y conocimientos que forman base de mi carrera profesional.

Con mucha estima y respeto.

**Frank Clinton Pauccara Alderete**

## Resumen

Una de las principales problemáticas de nuestra actualidad abarca el tema del agua, por ende, la investigación tiene como objetivo evaluar la efectividad del Soccomporo, Molle y Chicle pupa, como coagulantes naturales frente al sulfato de aluminio en la remoción de parámetros fisicoquímicos, en el tratamiento primario del agua con muestras del río Yanamayo. Se tomó la metodología de Pastrana para obtener los coagulantes naturales, se recolectaron 7kg del fruto del Soccomporo, 350g de resina de Molle y 300g del fruto del Chicle, que fueron secados, triturados y almacenados en bolsas de Polietileno con cierre hermético, la toma de muestra del agua residual fue de 1L (enviado a laboratorio acreditado por INACAL) y 20L para el trabajo de experimentación, se empleó un muestreo simple no probalístico basados en el protocolo N°010-2016-ANA, las dosificaciones fueron 25, 40, 55, 70, 85 y 100mg/l a una concentración del 2% de acuerdo a un criterio analítico y el sulfato de aluminio empleado en 3 diferentes aplicaciones. Los resultados en pH fueron aguas ligeramente más alcalinas con ambos coagulantes; el color logró 74% con tratamiento natural y 87% con el sulfato; la turbiedad fue 87% con lo natural y 97% con el inorgánico, finalmente para los SDT las plantas lograron el 1.2% y el inorgánico 0.5%. Concluyendo que los coagulantes naturales logran un 89% de efectividad, frente al 97% del sulfato de aluminio en la remoción de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua del río Yanamayo, resaltando la inocuidad del tratamiento natural.

**Palabras clave:** *Coagulantes naturales, sulfato de aluminio, parámetros fisicoquímicos y Efectividad.*

## Abstract

One of the main problems of our time covers the issue of water, therefore, the research aims to determine the effectiveness of Soccomporo, Molle and Chicle pupa, as natural coagulants against aluminum sulfate in the removal of physicochemical parameters, in the primary water treatment with samples from the Yanamayo River. Pastrana's methodology was used to obtain the natural coagulants, 7kg of the Soccomporo fruit, 350g of Molle resin and 300g of the Chicle fruit were collected, which were dried, crushed and stored in Polyethylene bags with hermetic closure, the The residual water sample was 1L (sent to a laboratory accredited by INACAL) and 20L for the experimental work, simple sampling was used. probalistic based on protocol N°010-2016-ANA, the dosages were 25, 40, 55, 70, 85 and 100mg/l at a concentration of 2% according to an analytical criterion and the aluminum sulfate used in 3 different applications. The pH results were slightly more alkaline waters with both coagulants; the color achieved 74% with natural treatment and 87% with sulfate; The turbidity was 87% with the natural and 97% with the inorganic, finally for the SDT the plants achieved 1.2% and the inorganic 0.5%. Concluding that natural coagulants achieve 89% effectiveness, compared to 97% of aluminum sulfate in the removal of physicochemical parameters from water samples from the Yanamayo River, highlighting the safety of the natural treatment.

**Keywords:** *Natural coagulants, aluminum sulfate, physicochemical parameters and Effectiveness.*



## Índice

Portada.....	i
Acta de sustentación .....	ii
Reporte de similitud.....	iii
Metadatos .....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimientos.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Índice de tablas .....	xii
Índice de figuras.....	xv
Acrónimos .....	xvii
<b>I. Introducción .....</b>	<b>18</b>
<b>II. Planteamiento del problema .....</b>	<b>21</b>
2.1. Descripción y formulación del problema.....	21
2.2. Objetivos.....	25
2.2.1. Objetivo General.....	25
2.2.2. Objetivos Específicos.....	25
2.3. Justificación e importancia.....	26
2.4. Hipótesis.....	28
2.4.1. Hipótesis General.....	28

2.4.2. Hipótesis Específicas.....	28
2.5. Variables .....	29
<b>III. Marco Teórico .....</b>	<b>31</b>
3.1. Antecedentes .....	31
3.2. Bases teóricas.....	52
3.3. Definición de términos.....	67
<b>IV. Metodología.....</b>	<b>71</b>
4.1. Tipo y nivel de investigación .....	71
4.1.2. Tipo de investigación. ....	71
4.1.3. Nivel o alcance de investigación.....	72
4.2. Ámbito temporal y espacial .....	72
4.3. Población, muestra y muestreo.....	73
4.4. Instrumentos. ....	75
4.5. Procedimientos .....	76
4.6. Análisis de datos. ....	87
4.7. Consideraciones éticas. ....	87
<b>V. Resultados y discusión.....</b>	<b>88</b>
5.1. Resultados. ....	88
5.2. Discusión de resultados. ....	131
<b>VI. Conclusiones .....</b>	<b>142</b>
<b>VII. Recomendaciones .....</b>	<b>145</b>
<b>VIII. Referencias .....</b>	<b>147</b>

IX. Anexos.....	154
-----------------	-----

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Dosificación y uso del test de jarras.....</i>	82
<b>Tabla 2</b> <i>Preparación para el test de jarras.....</i>	84
<b>Tabla 3</b> <i>Preparación del coagulante inorgánico para la comparación.....</i>	85
<b>Tabla 4</b> <i>Preparación del sulfato de aluminio de acuerdo a una dosis comercial..</i>	85
<b>Tabla 5</b> <i>Concentración inicial en los parámetros fisicoquímicos.....</i>	88
<b>Tabla 6</b> <i>Estándar de Calidad Ambiental para el Agua de los p. fisicoquímicos establecidos. ....</i>	89
<b>Tabla 7</b> <i>Resultados obtenidos a diferentes dosis con la aplicación del Soccomporo. ....</i>	90
<b>Tabla 8</b> <i>Intervalo de confianza para la media del pH del tratamiento con Soccomporo. ....</i>	92
<b>Tabla 9</b> <i>Prueba de normalidad para el color, turbiedad y SDT con Soccomporo.</i>	93
<b>Tabla 10</b> <i>Prueba t - Student para el color del tratamiento con Soccomporo. ....</i>	94
<b>Tabla 11</b> <i>Prueba T- Student para la turbiedad del tratamiento con Soccomporo.</i>	95
<b>Tabla 12</b> <i>Prueba T- Student para los SDT del tratamiento con Soccomporo. ....</i>	96
<b>Tabla 13</b> <i>Comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del Soccomporo en su dosis adecuada de 100 mg/l. ....</i>	97
<b>Tabla 14</b> <i>Resultados obtenidos a diferentes dosis con la aplicación del Molle... </i>	98
<b>Tabla 15</b> <i>Intervalo de confianza para la media del pH del tratamiento con Molle. .....</i>	100
<b>Tabla 16</b> <i>Prueba de normalidad para el color, turbiedad y los SDT con Molle. .</i>	101
<b>Tabla 17</b> <i>T - Student para el color del tratamiento con Molle.....</i>	102
<b>Tabla 18</b> <i>Prueba T- Student para la turbiedad del tratamiento con Molle. ....</i>	102
<b>Tabla 19</b> <i>Prueba T- Student para los SDT del tratamiento con Molle.....</i>	103

<b>Tabla 20</b> <i>Comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del Molle con dosis adecuada de 25 mg/l.....</i>	104
<b>Tabla 21</b> <i>Resultados obtenidos a diferentes dosis con la aplicación del Chicle pupa. ....</i>	105
<b>Tabla 22</b> <i>Intervalo de confianza para la media del pH del tratamiento con Chicle pupa. ....</i>	107
<b>Tabla 23</b> <i>Prueba de normalidad para el color, turbiedad y los SDT con Chicle pupa. ....</i>	108
<b>Tabla 24</b> <i>T - Student para el color del tratamiento con Chicle pupa. ....</i>	109
<b>Tabla 25</b> <i>Prueba T-Student para la turbiedad del tratamiento con el Chicle pupa. ....</i>	110
<b>Tabla 26</b> <i>Prueba T-Student para los SDT del tratamiento con Chicle pupa.....</i>	110
<b>Tabla 27</b> <i>Comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del Chicle pupa con dosis adecuada de 100 mg/l. ....</i>	111
<b>Tabla 28</b> <i>Preparación para la combinación de los coagulantes naturales. ....</i>	113
<b>Tabla 29</b> <i>Resultados obtenidos a diferentes dosis con la aplicación de la combinación de los coagulantes naturales Soccomporo, Molle y el Chicle pupa. ....</i>	113
<b>Tabla 30</b> <i>Intervalo de confianza para la media del pH del tratamiento con la combinación de las especies naturales.....</i>	115
<b>Tabla 31</b> <i>Prueba de normalidad para el color, turbiedad y los SDT con la combinación de las tres especies.....</i>	116
<b>Tabla 32</b> <i>T - Student para el color del tratamiento con la combinación de las tres especies.....</i>	117

<b>Tabla 33</b> <i>Prueba T-Student para la turbiedad del tratamiento con la combinación de las tres especies.....</i>	118
<b>Tabla 34</b> <i>Prueba T-Student para los SDT del tratamiento con la combinación de las tres especies.....</i>	119
<b>Tabla 35</b> <i>Comparativa de los p. fisicoquímicos antes y después de aplicar la combinación de los C.N en dosis de 85mg/l.....</i>	119
<b>Tabla 36</b> <i>Efectividad del sulfato de aluminio de tipo A, en diferentes aplicaciones para la muestra de agua residual. ....</i>	121
<b>Tabla 37</b> <i>Aplicación del Sulfato de Aluminio expresado en porcentaje de efectividad, de ambos tratamientos.....</i>	123
<b>Tabla 38</b> <i>Resultados de la aplicación de Sulfato de Al en las mismas dosis óptimas de los coagulantes naturales. ....</i>	125
<b>Tabla 39</b> <i>Comparativa de la efectividad de los Coagulantes Naturales frente al Sulfato de Aluminio. ....</i>	128

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Coagulación</i> .....	52
<b>Figura 2</b> <i>Corryocactus ayacuchoensis</i> R.....	55
<b>Figura 3</b> <i>Schinus molle</i> L. ....	56
<b>Figura 4</b> <i>Ligaría cuneifolia</i> R. ....	56
<b>Figura 5</b> <i>Esquema de tratamiento de AR</i> .....	61
<b>Figura 6</b> <i>Esquema de categorización de los ECAs para agua</i> .....	66
<b>Figura 7</b> <i>Características de un Test de Jarras</i> .....	67
<b>Figura 8</b> <i>Ubicación del distrito Poroy-Zona de estudio</i> .....	74
<b>Figura 9</b> <i>Ubicación del punto de toma de muestra</i> .....	74
<b>Figura 10</b> <i>Toma de muestreo simple del río Yanamayo</i> .....	75
<b>Figura 11</b> <i>Gráfico de materiales y equipos que se utilizó</i> .....	76
<b>Figura 12</b> <i>Diagrama de selección</i> .....	77
<b>Figura 13</b> <i>Diagrama de flujo para la obtención del coagulante Soccomporo</i> .....	78
<b>Figura 14</b> <i>Diagrama de flujo para el coagulante Molle</i> .....	79
<b>Figura 15</b> <i>Diagrama de flujo para el coagulante Chicle pupa</i> .....	79
<b>Figura 16</b> <i>Estructura para determinar la aplicación de los coagulantes naturales</i> .....	80
<b>Figura 17</b> <i>Gráfico que determina la dosis, test de jarras y tiempo de sedimentación</i>	81
<b>Figura 18</b> <i>Procesos para determinar la concentración de las dosificaciones</i> .....	83
<b>Figura 19</b> <i>Procedimiento de aplicación de los coagulantes naturales en la fase experimental</i> .....	86
<b>Figura 20</b> <i>Gráfico de los parámetros fisicoquímicos luego de la aplicación del Soccomporo</i> . ....	91
<b>Figura 21</b> <i>Gráfica comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del Soccomporo</i> . ....	97

<b>Figura 22</b> <i>Gráfico de los parámetros fisicoquímicos luego de la aplicación del Molle.</i> .....	99
<b>Figura 23</b> <i>Gráfica comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del Molle.....</i>	104
<b>Figura 24</b> <i>Gráfico de los parámetros fisicoquímicos luego de aplicación del Chicle pupa. ....</i>	106
<b>Figura 25</b> <i>Gráfica comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del Chicle Pupa.....</i>	111
<b>Figura 26</b> <i>Gráfico de los parámetros fisicoquímicos luego de la aplicación de la combinación de los coagulantes naturales Soccomporo, Molle y el Chicle pupa.....</i>	114
<b>Figura 27</b> <i>Gráfica comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de aplicar la combinación de los coagulantes naturales. ....</i>	120
<b>Figura 28</b> <i>Gráfico de los parámetros fisicoquímicos luego de la aplicación del sulfato de Al tipo A en diferentes aplicaciones. ....</i>	122
<b>Figura 29</b> <i>Porcentaje de efectividad de dos diferentes aplicaciones del Sulfato de Al. ....</i>	124
<b>Figura 30</b> <i>Gráfico de los parámetros fisicoquímicos luego de la aplicación de Sulfato de Aluminio en las mismas dosis óptimas de los coagulantes naturales. ....</i>	126
<b>Figura 31</b> <i>Comparativa de los mejores resultados, coagulantes naturales frente al Sulfato de Al. ....</i>	128
<b>Figura 32</b> <i>Porcentaje de efectividad de los mejores resultados al aplicar coagulantes naturales y el sulfato de Al.....</i>	130



## **Acrónimos**

AR: Agua Residual

Al: Aluminio

ML: Muestra Libre

PTAP: Planta de tratamiento de Agua Potable

PTAR: Planta de tratamiento de Agua Residual:

SDT: Solidos Disueltos Totales

## I. Introducción

La presente investigación trata sobre la contaminación del recurso hídrico, mediante los sistemas de desagüe derivados a los ríos y sobre la problemática del tratamiento del agua con insumos inorgánicos, como el caso del sulfato de aluminio (sulfato de Al), pues este compuesto resulta ser muy efectivo al momento de remediar el agua, dejando una impecable impresión, pero se demuestra que trae consigo diferentes residuos tóxicos para los seres vivos y acumulativos en los recursos como el suelo, agua entre otros. La característica principal de estos factores consecuencia del hombre, repercuten e incrementan los impactos tanto en la salud como en el medio ambiente a falta de la implementación de tecnologías limpias, haciendo uso de recursos eco amigables como es el caso de esta investigación, nuevas especies como coagulantes naturales.

Dado a las circunstancias sobre estos temas, la investigación se realizó por el interés de conocer y descubrir nuevas especies naturales que podrían considerarse como posibles alternativas para reemplazar el uso de los coagulantes inorgánicos en el tratamiento del agua, así mismo el interés es aportar información sobre la utilidad de estas tres especies dentro del campo de coagulantes naturales.

En el aspecto metodológico, la investigación se sostiene en el amplio conocimiento sobre la coagulación, cuya base radica en la teoría de la doble capa eléctrica. Mediante la observación de la realidad problemática, se analizó la

información por lo que se planteó el presente estudio, con ayuda de fichas se registraron datos como también se empleó otros instrumentos. Se trabajo con muestras de agua del rio Yanamayo, ya que representa un recurso impactado con el sistema de desagüe de la población Poroy de la provincia Cusco, llevando así este trabajo de investigación de tipo aplicada con una fase experimental.

La finalidad del trabajo de investigación fue determinar la efectividad de las especies empleadas, se evaluaron coagulantes naturales en comparación con sulfato de aluminio para la remoción de parámetros fisicoquímicos durante el tratamiento primario del agua del río Yanamayo, contribuyendo así al desarrollo sostenible con biotecnología que aportará al descubrimiento y repertorio de información sobre plantas con capacidad coaguladora.

Se abarcó parte de la presentación del trabajo de investigación, para continuar con el planteamiento del problema que causa esta contaminación del agua a falta de la adecuada gestión de los sistemas de desagüe y la aplicación de los coagulantes inorgánicos, como también se formuló los objetivos, se justifica la importancia, encontrando a la vez las hipótesis y las variables identificadas. En el marco teórico se incluyó los antecedentes, las bases teóricas que sostienen el presente estudio y algunos términos a emplear durante todo el trabajo. Continuando se abarcó todo lo referente a la metodología empleada, el tiempo que se necesitó, la población estudiada, el tipo de muestra basados al protocolo que proporciona la ANA, los instrumentos y/o materiales empleados, como también la parte procedimental de la experimentación.

Para después demostrar los resultados hallados sobre la efectividad de las especies naturales frente al sulfato de Al, representados gráficamente de fácil interpretación, con la estadística inferencial mediante el programa SPSS, la

discusión de resultados con otros hallazgos en el campo y en los capítulos finales las conclusiones y recomendaciones de la investigación para finalizar con las referencias bibliográficas y la parte de los anexos que evidencia el material documentado.

## II. Planteamiento del problema

### 2.1. Descripción y formulación del problema.

Actualmente la problemática sobre la contaminación del agua, muestra impactos en diferentes grados y/o magnitudes, por lo cual requiere mayor atención en su conservación y tratamiento, todo esto debido al crecimiento poblacional y diversas actividades humanas, el autor Anta (2019) en su artículo afirma “Nos atreveríamos a decir que el 99,9% de las causas de la contaminación del agua o contaminación hídrica son por acción y actividades humanas” (pág. 2). Entonces, una de las consecuencias principales es la mala gestión de los sistemas de desagüe, por lo que la contaminación hídrica demanda el uso de agregados químicos, estos son utilizados para disminuir contaminantes en los parámetros fisicoquímicos. El uso de sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) como uno de los coagulantes más utilizados en el tratamiento del agua, conlleva una serie de consecuencias tanto para la salud del hombre y el medio ambiente, como indica Meza et al. (2018) en su revista de evaluación del poder coagulante del sulfato frente a las semillas de la *Moringa oleifera* en la clarificación del agua; que el sulfato de Al en el cuerpo humano afecta la memoria causando demencia, que posteriormente pasa a desarrollar el Alzheimer, cáncer y enfermedades del hueso. Indica también que el componente destruye células epiteliales intestinales (quien

protege el organismo intestinal de sustancias dañinas, reduciendo así otros componentes de la dieta cotidiana).

Los coagulantes inorgánicos son requeridos en gran parte por muchas industrias, según estudios de la universidad de Burdeos en Francia, indica que el uso del Al en los tratamientos de agua para consumo humano de 75 distritos administrativos del sur oeste de Francia, trajo consigo enfermedades como la demencia, pérdida del sentido de orientación entre otros. El sulfato de Al se sigue usando hoy en día en las centrales de abastecimiento de agua. (Kuprat, 2019)

En nuestro país la problemática sobre el uso de los coagulantes inorgánicos, van sujetas con las empresas y municipalidades en el tratamiento de las aguas, hasta hace poco se ignoraba las consecuencias que trae los residuos generados tras el tratamiento con los derivados compuestos de aluminio (Al), cloruros de hierro ( $\text{FeCl}_3$ ) y entre otros. Según una publicación en el Diario Oficial el Peruano (2023) la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de Puerto Maldonado utiliza entre 600 a 1000 kg diarios de sulfato de Al para abastecer a 115 000 hab, aprox., sin contar el uso de este insumo químico en los demás departamentos de nuestro país. Y en un estudio realizado por Guerra (2020) informa sobre las empresas que potabilizan las aguas en las diferentes provincias del departamento de San Martín, que los residuos generados (lodos) son vertidos a fuentes de aguas naturales debido a que no cuentan con el espacio para disponerlos y tratarlos, afectando así la vida y el entorno de todo el recorrido de los ríos receptores.

En la ciudad del Cusco la empresa Seda Cusco, es la encargada de distribuir el agua potable a todos los distritos, la problemática del uso de coagulantes convencionales está presente en nuestra realidad. Dentro de una feria de

exposición evidenciaron el uso del sulfato o cloruro de aluminio en la fase de producción de agua potable. (EPS SEDACUSCO S.A, 2023)

Que, tras las investigaciones sobre coagulantes convencionales o inorgánicos que demuestran tener una efectividad alta para tratar Aguas Residuales (AR) o potabilizarlas, se entiende que solo perjudican las especies acuáticas, la salud del hombre, como también el recurso suelo que posteriormente afectara a otros organismos vivos. Así coincide la información que proporciona la empresa Tarazona (2023), que fabrica y distribuye aditivos a muchos sectores industriales, afirmando de las desventajas del coagulante inorgánico en la conductividad del agua, incorporación de sales metálicas, alteración de los procesos biológicos entre otros.

Por esta razón, es necesario seguir investigando nuevas alternativas sobre coagulantes de origen orgánico que logren impactos positivos y estén dentro de la normativa sobre calidad del agua. El tratamiento con los coagulantes naturales resulta ser inocuo para el medio ambiente y la salud, de esta forma se utiliza los recursos oriundos de nuestro país que se encuentran desapercibidos sin ningún propósito de estudio y este es motivo para expandir los conocimientos en sus distintas propiedades. El presente trabajo de investigación tiene como finalidad comparar la efectividad de estas tres especies propias de los andes, para remover ciertas cantidades de parámetros fisicoquímicos presentes en el agua, contra el sulfato de Al, así demostrando la capacidad remediadora e incentivar al uso y futuros estudios aplicativos sobre coagulantes naturales.

### **2.1.1. Problema General.**

¿Cuál es la efectividad del Soccomporo (*Corryocactus ayacuchoensis* R.), Molle (*Schinus molle* L.) y Chicle pupa (*Ligaría cuneifolia* R.) como coagulantes

naturales frente al sulfato de aluminio en la remoción de parámetros físico-químicos en el tratamiento primario del agua, con muestras del río Yanamayo del distrito Poroy de la Provincia Cusco 2024?

### **2.1.2. Problemas Específicos.**

01. ¿Cuál es la concentración inicial en los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua del río Yanamayo?
02. ¿Cuáles serán los parámetros operacionales adecuados del Soccomporo (*Corryocactus ayacuchoensis* R.) como coagulante natural para lograr una efectividad en la remoción de parámetros fisicoquímicos, con muestras de aguas del río Yanamayo?
03. ¿Cuáles serán los parámetros operacionales adecuados del Molle (*Schinus molle* L.) como coagulante natural para lograr una efectividad en la remoción de parámetros fisicoquímicos, con muestras de aguas del río Yanamayo?
04. ¿Cuáles serán los parámetros operacionales adecuados del Chicle pupa (*Ligaría cuneifolia* R.) como coagulante natural para lograr una efectividad en la remoción de parámetros fisicoquímicos, con muestras de aguas del río Yanamayo?
05. ¿Cuáles serán los parámetros operacionales adecuados de la combinación de las tres especies como coagulantes naturales (Soccomporo, Molle y el Chicle pupa) para lograr una efectividad en la remoción de parámetros fisicoquímicos, con muestras de aguas del río Yanamayo?



## **2.2. Objetivos.**

### **2.2.1. Objetivo General.**

Evaluar la efectividad del Soccomporo (*Corryocactus ayacuchoensis* R.), Molle (*Schinus molle* L.) y Chicle pupa (*Ligaria cuneifolia* R.) como coagulantes naturales frente al sulfato de aluminio en la remoción de parámetros fisicoquímicos en el tratamiento primario del agua, con muestras del río Yanamayo del distrito Poroy de la Provincia Cusco 2024.

### **2.2.2. Objetivos Específicos**

01. Determinar la concentración inicial en los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua del río Yanamayo.
02. Determinar los parámetros operacionales adecuados del Soccomporo (*Corryocactus ayacuchoensis* R.) como coagulante natural para lograr una efectividad en la remoción de los parámetros fisicoquímicos, con muestras de aguas del río Yanamayo.
03. Determinar los parámetros operacionales adecuados del Molle (*Schinus molle* L.) como coagulante natural para lograr una efectividad en la remoción de los parámetros fisicoquímicos, con muestras de aguas del río Yanamayo.
04. Determinar los parámetros operacionales adecuados del Chicle pupa (*Ligaria cuneifolia* R.) como coagulante natural para lograr una efectividad en la remoción de parámetros fisicoquímicos, con muestras de aguas del río Yanamayo.
05. Determinar los parámetros operacionales adecuados de la combinación de las tres especies como coagulantes naturales (Soccomporo, Molle y

el Chicle pupa) para lograr una efectividad en la remoción de parámetros fisicoquímicos, con muestras de aguas del río Yanamayo.

### **2.3. Justificación e importancia.**

La investigación es apropiada a la problemática sobre la contaminación de aguas residuales que masifica y altera el estado de otros recursos hídricos, como menciona Anta Sanchez, (2019) que el recurso hídrico (lagos, ríos, lagunas, quebradas, etc) están siendo contaminados a causa de diferentes agentes de orígenes múltiples provenientes de la actividad del hombre como por ejemplo el tratamiento del agua con coagulantes inorgánicos, la mala disposición de los sistemas de desagüe, entre otros. Todo esto desestabiliza la calidad y cantidad de este recurso, por ende perjudica la vida. Por ello, es necesario reducir los contaminantes aplicando alternativas naturales.

Este trabajo de investigación beneficia a las poblaciones circundantes al río Yanamayo, ya que se evidenció el uso del agua por parte de algunos pobladores en actividades asociadas a la crianza de animales y la agricultura. Dentro del trabajo de investigación de “Evaluación y propuesta de mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales” (PTAR) del distrito Poroy de Carrasco (2022) confirma que “de continuar esta problemática, las aguas residuales que son drenadas al río sin la depuración adecuada genera la contaminación de los ríos, lagos, que son utilizados para la ganadería, agricultura, etc” (pág. 2). Se sabe que la contaminación se da manera acumulativa con el transcurrir de los años, como nos enseña Carriquiriborde (2021) sobre la “bioacumulación refiere a la acumulación de un contaminante en un organismo desde cualquier fuente de exposición incluyendo aire, agua y alimento” (pág. 83), que posteriormente estos pasan a concentrarse en un organismo, cuando este medio acumula una sustancia dentro de sus tejidos, se

denomina bioconcentración (Moreno & Mora, 2021), y que finalmente pasaran a esparcirse en distintos seres vivos y el medio ambiente, así como manifiesta un trabajo de investigación en el cual menciona el crecimiento de la concentración de los contaminantes que pueden extenderse a varios niveles tróficos, son denominados biomagnificación (Carrquiriborde, 2021). La aplicación de estas plantas beneficiara en información documentada que puede ser útil para reducir contaminantes fisicoquímicos (reemplazar así los coagulantes de origen químico) del agua en el distrito Poroy y poblaciones con bajos recursos para el tratamiento de sus aguas, reutilizarlas para el riego y bebida de animales.

Incentivará a mejorar la tecnología natural, que podrían aprovecharse en alguna de las fases para tratar aguas residuales o potabilizarlas, sustituyendo el uso de aditivos inorgánicos en las plantas de tratamiento. Para este trabajo de investigación se contó con la especie Molle quien tiene mayor relevancia en el campo medicinal para el hombre, pero se desconoce la aplicación sobre temas de tratamiento de agua, se puede encontrar en alguno de los distintos pisos altitudinales de nuestro país, también se contó con la especie del Soccomporo quien viene de una familia cactácea, cuyos precedentes demuestran que son excelentes coaguladores para tratar aguas, pero la especie misma aún carece de investigaciones en este campo, se puede encontrar en las alturas parte de los andes en zonas poco accidentadas y rocosas, por último la especie hemiparásita subrepticia en nuestro país llamada Chicle pupa, también es carente de investigaciones por cual se desconoce su aplicación en el tratamiento de aguas por ende es oportuno utilizarlas como una tecnología natural o descartar la posibilidad.

Finalmente es necesario realizar esta investigación ya que se va contribuir al desarrollo sostenible con biotecnología que aportará al descubrimiento y

repertorio de estudios sobre plantas con capacidad coaguladora, para reducir contaminantes fisicoquímicos del agua, aplicando nuevas especies y metodologías, es así como daremos nuestro aporte con la sociedad de la población local del distrito Poroy.

## **2.4. Hipótesis.**

### **2.4.1. Hipótesis General.**

La efectividad del Soccomporo (*Corryocactus ayacuchoensis* R.), Molle (*Schinus molle* L.) y Chicle pupa (*Ligaria cuneifolia* R.) como coagulantes naturales, si influye significativamente frente al sulfato de aluminio en la remoción de algunos parámetros fisicoquímicos, en las muestras de agua del río Yanamayo del distrito Poroy de la Provincia Cusco 2024.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas.**

01. La concentración inicial en los parámetros fisicoquímicos de las muestras del río Yanamayo sobrepasan los ECAs para el agua.
02. Los parámetros operacionales adecuados del Soccomporo (*Corryocactus ayacuchoensis* R.) como coagulante natural si influye significativamente en la remoción de parámetros fisicoquímicos, en las muestras de agua del río Yanamayo.
03. Los parámetros operacionales adecuados del Molle (*Schinus molle* L.) como coagulante natural si influye significativamente en la remoción de parámetros fisicoquímicos, en las muestras de agua del río Yanamayo.
04. Los parámetros operacionales adecuados del Chicle pupa (*Ligaria cuneifolia* R.) como coagulante natural si influye significativamente

en la remoción de parámetros fisicoquímicos, en las muestras de agua del río Yanamayo.

05. Los parámetros operacionales adecuados de la combinación de las tres especies como coagulantes naturales (Soccomporo, Molle y el Chicle pupa) si influye significativamente en la remoción de parámetros fisicoquímicos, en las muestras de agua del río Yanamayo.

## **2.5. Variables**

Cuadro de operacionalización de variables.

Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLES	Dimensión Conceptual	Dimensión Operacional	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><b>V. Independiente.</b></p> <p><b>Coagulantes Naturales</b>            “Soccomporo (<i>Corryocactus ayacuchoensis</i>), Molle (<i>Schinus molle</i>), chicle Pupa (<i>Ligaria cuneifolia</i>)” y Sulfato de Aluminio</p>	<p>“Sustancias naturales, que <u>dosificadas</u> adecuadamente en una masa homogénea de agua que contiene turbidez, son <u>efectivas</u> en generar la afinidad entre ellas, favoreciendo el crecimiento de los coágulos” (García Fayos &amp; Arnal, 2017, pág. 9).            Es una forma viable para favorecer la sedimentación generando lodos con alta cantidad de nutrientes inocuos contra el ambiente, cuyos orígenes son animales y vegetales.</p> <p>“El sulfato de aluminio se obtiene al reaccionar un mineral aluminico (caolín, bauxita, hidrato de aluminio) con ácido sulfúrico a temperaturas elevadas” (The PQ Corporation, 2009, pág. 1). Permite clarificar el agua potable ya que es un coagulante y por ello sedimentan los sólidos en suspensión, los cuales por su tamaño requerirán un tiempo muy largo para sedimentar. (The PQ Corporation, 2009)</p>	<p>Rosel (1986) define los parámetros operacionales a las actividades y/o procedimientos que se necesita para manipular o medir la variable, así transformarla en una magnitud objetiva que se puede causar y revirar. (Conesa &amp; Pilar, 2000)            Para esta investigación los parámetros operacionales se identificaron a la <b>dosis del coagulante, velocidad de agitación (lento y rápido)</b> y el <b>control del tiempo</b>, que como indica la autora <b>Genny Herrea (2007)</b> son la influencia que condiciona una operación de pasos para lograr el propósito.</p>	<p><b>Parámetros Operacionales</b></p> <p><b>Propiedades físicas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosis del coagulante o cantidad (mg/l – ml)</li> <li>• Velocidad de agitación (rpm/min)</li> <li>• Tiempo de Sedimentación (min)</li> <li>• Tallo.</li> <li>• Hoja.</li> <li>• Fruto</li> </ul>
<p><b>V. Dependiente.</b></p> <p>Remoción de parámetros físicos químicos</p>	<p>La <b>remoción de contaminantes</b> en los <b>parámetros fisicoquímicos</b> es un proceso de tratamiento por el que pasa el agua para eliminar cualquier tipo de impurezas como la turbidez, color, pH, Demanda Química de Oxígeno, Coliformes fecales, entre otros, que determinan un cierto <b>grado de contaminación</b> al agua o cuerpo contaminado. Para poder lograr esto el recurso hídrico debe pasar por varias etapas para que pueda volver a ser utilizado. (Ingeniería, 2021)</p>	<p>Son variables dentro de un sistema, estos miden la calidad del agua, tales como color, pH, turbiedad entre otros, que representa un riesgo elevado para la salud, además, ocasiona un impacto negativo en las aguas (Rodas, 2018).</p>	<p><b>Parámetros Físicos</b></p> <p><b>Parámetros Químicos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UNT</li> <li>• UCV</li> <li>• mg/l</li> <li>• pH</li> </ul>

### III. Marco Teórico

#### 3.1. Antecedentes

##### 3.1.1. A nivel internacional.

Según Cevallos et al. (2022) en su artículo científico denominada “Evaluación de la eficacia de coagulantes sintéticos y naturales en el tratamiento de aguas residuales generadas en la producción de harina de pescado” (Ecuador), su objetivo fue analizar la efectividad de los coagulantes a base de gel de la sábila y la pitahaya frente a coagulantes sintéticos en relación a la turbiedad y en sus factores que influyen, el estudio fue experimental con enfoque cuantitativo, emplearon un muestreo compuesto, así mismo usaron un pretratamiento con sedimentador, la extracción del mucílago de Pitahaya fue realizado con los procedimientos que indica Oanh Thi Hoang Le et al. (2020) y la extracción del gel de sábila fue a base de la metodología de Diestra & Ramos (2019). Determino la dosis optima del coagulante con ayuda del test de jarras, los resultados que obtuvieron al tratar esas aguas con los sintéticos resultaron de 1130,67 NTU (inicial) a 4,64 NTU con Policloruro de Aluminio (PAC) en dosis de 40 mg/L y a 1,51 NTU con sulfato de Al a dosis de 50 mg/L, 426,67 NTU con Pitahaya a una dosis de 90mg/L y a 281 NTU con *Aloe vera* a una dosis de 100 mg/L. Para el color inicial fue de 8197,33 Pt/Co que se redujo con el PAC a 22,33 Pt/Co, con el  $Al_2(SO_4)_3$  sin datos, con Pitahaya en 2600 Pt/Co y *Aloe vera* en 1370,67 Pt/Co. Con pH inicial

de 7,1 los coagulantes sintéticos lograron la cifra de 6,5 - 7 y con los naturales en 7 - 7,2. Concluyeron que los coagulantes sintéticos resultan ser más efectivos en el tratamiento de AR originados en esta industria, ya que son más baratos en adquirirlos, por otro lado los coagulantes naturales mostraron resultados positivos con menos efectividad en comparación con los sintéticos, siendo costosos es su producción a gran escala pero demostrando que los lodos residuales son beneficiosos con el medio ambiente y pueden reutilizarse e insertarlos nuevamente en la industria, mientras que los sintéticos producen un lodo tóxico que causa cáncer en los organismos vivos y no se pueden aprovechar..

Según Pastrana et al. (2023) con el artículo de investigación titulado, “Coagulación de Aguas Residuales Mediante una mezcla de Polvo de *Crotalaria longirostrata* y Sulfato de Aluminio” (México), el objetivo general fue realizar la combinación entre el sulfato de Al y el polvo de *Crotalaria longirostrata* (chipilín) para evaluar la turbidez y la capacidad de eliminación de color de las aguas residuales. Emplearon la metodología experimental cuantitativa, donde fue recolectada una muestra de AR (100 L en recipientes de 200 L) que proviene del biodigestor del Instituto Tecnológico Superior de Centla, el color y la turbiedad fueron medidos mediante los equipos (Hanna HI 93703 utilizando el método EPA 180.1), registrando una turbiedad inicial de 167.7 NTU y un color de 656 U.C.

Se recolectaron 1kg de hojas frescas y se secaron durante aproximadamente dos semanas a temperatura ambiente en bandejas de metal antes de usarlas para hacer el coagulante chipilín, utilizaron el proceso de Laguna, G (2016). Elaboraron 2 soluciones, una consistió en disolver 2 g de sulfato de Al al 98% de pureza en un litro de agua destilada siendo igual para el polvo de chipilín. Hicieron uso de la prueba de jarras, guiándose de la concentración comercial del



aditivo químico (30mg/l) a su vez la planta será igual a la obtención de las dosificaciones del sulfato.

Para detectar diferencias estadísticas entre la combinación de chipilín en polvo y el coagulante inorgánico, emplearon análisis de varianza con su respectiva prueba Tukey. Para encontrar la dosis óptima del sulfato de Al en turbidez, aplicaron las siguientes dosis (100, 150, 200, 250 y 300 mg/l) con una confianza del 95%. Los resultados del Tukey indican tener valores bajos en turbiedad con las dosis de 250, 300 y 200 mg/l obteniendo 9.92, 14.47 y 18.07 UNT con sulfato. En color con el sulfato de Al en base al ANOVA con las respectivas dosificaciones llegaron a determinar valores bajos en las dosis de 250, 300 y 200 con resultados de 233.5, 255.7 y 299.5 UC. La mezcla que realizaron entre coagulantes y los resultados del Tukey indican que hay valores bajos de color con 150-75, 250, 200-50 y 225-25 (sulfato-chipilín) reduciendo en 230.5, 247.0, 274.0 y 281.5 UC siendo esto para el color, las turbiedades más bajas se generaron con 150-75, 250, 200-50, 150-100 y 225-25 (sulfato-chipilín) donde consiguen 9.4, 9.07, 13.9, 14.3 y 15.1 UNT.

Concluyen que al mezclar los coagulantes se tiene un mejor resultado que la realizada por el sulfato de Al, el mejor resultado de la combinación es de 150-75 (sulfato-chipilín) con 83.4% de turbiedad y 64.9% en caso del color, el sulfato de manera individual no logra superar estos porcentajes, esta mezcla reduce en un 35% el sulfato de Al siendo de gran importancia debido a que este insumo inorgánico es muy empleado y se corre el riesgo de efectos que dañen al medio ambiente y el ser humano.

Dearmas & Ramirez (2015) en su documento científico titulado “Remoción de Nutrientes mediante coagulantes naturales y químicos en Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Valledupar Colombia” (Colombia), su aporte principal fue

evaluar el comportamiento y la efectividad entre sulfato de Al y el PAC frente a dos coagulantes de origen vegetal (*Moringa oleífera* y Cardón Guajiro), para remover sedimentos y/o nutrientes del agua de la PTAR del municipio de Valledupar ubicada en Colombia. El estudio fue de tipo mixto experimental, utilizando 40 litros de agua residual obtenida mediante muestreo simple de la PTAR Salguero antes de verterlas en el río. Para obtener los coagulantes naturales, se extrajo la pulpa del tallo del Cardón Guajiro, separándola de espinas, corteza y médula leñosa. Esta pulpa fue triturada en un mortero y, tras un proceso de filtración, se obtuvo el coagulante. En el caso de la *Moringa oleífera*, se utilizaron semillas secas de las cuales se extrajeron los cotiledones. Estos se licuaron con 2.5 mg de semillas y 100 ml de agua destilada. El resultado fue filtrado, obteniendo un producto amarillento, rico en grasa y con un olor distintivo. Los insumos de origen químico fueron preparados siguiendo las instrucciones comerciales para aguas residuales. En la etapa de coagulación, se realizó el test de jarras utilizando muestras de 1 litro en seis vasos. La mezcla rápida se llevó a cabo a 100 rpm/min, con dosis del químico que variaron entre 45 y 65 mg/L en incrementos de 5, y los naturales entre 600 y 800 mg/L en intervalos de 50. Para los coagulantes químicos, se aplicó un mezclador lento a 40 rpm durante 15 minutos, seguido de una sedimentación de 10 minutos. En el caso de la *Moringa oleífera*, la mezcla lenta fue a 30 rpm, y el Cardón Guajiro a 60 rpm, con un tiempo de sedimentación de 1 hora.

Realizaron una comparación de sus resultados con el límite permitido en el país. La dosis ideal de sulfato de aluminio fue de 55 mg/L, disminuyendo la turbidez de 42,9 a 6,35 NTU. En contraste, el PAC a 50 mg/L redujo la turbidez a 0,333 NTU, mientras que la normativa colombiana establece un máximo de 5 NTU. La dosis ideal de *Moringa oleífera* fue de 700 mg/L, logrando una reducción a 6,56 NTU,

mientras que el Cardón Guajiro se utilizó a 1500 mg/L, alcanzando 10,6 NTU. En cuanto al parámetro SST, el PAC mostró una remoción del 91,16%, seguido por el sulfato de Al con 84,12%. La *Moringa oleífera* alcanzó un 73,20% y el Cardón Guajiro un 65,36%. El PAC se destacó como el más eficiente, cumpliendo con la normativa colombiana que exige que este parámetro no debe exceder el 50%. El pH del PAC, *Moringa oleífera* y Cardón Guajiro fue 7,1, cumpliendo con el decreto nacional que establece un rango de 5 a 9. En cambio, al utilizar sulfato de Al, el pH se redujo a 4,8, lo que no cumple con la normativa. La remoción del DQO fue del 84,71 % con sulfato de Al y del 81,91 % con PAC, mientras que el Cardón Guajiro alcanzó una reducción del 80,24 %, cumpliendo así con la normativa ambiental que exige no ser  $\geq 30$  %. En el análisis de DBO, el sulfato de aluminio y el PAC lograron una reducción del 69,95 % y 64,27 %, respectivamente, mientras que el Cardón Guajiro alcanzó el 62,63 %. Según la normativa colombiana, la remoción debe ser  $\geq 30$  %. La *Moringa oleífera* incrementó la DBO, dificultando el floc a pesar de ser un coagulante natural.

Los autores concluyen que el sulfato de Al y el PAC son más efectivos al remover la turbidez en este experimento, el PAC demostró ser el más eficaz, aunque se señala que las aguas tratadas presentan compuestos tóxicos. En particular, el aluminio puede acidificar el agua, lo que no es beneficioso para los organismos vivos. Por otro lado, la *Moringa oleífera*, aunque es un coagulante natural, afecta negativamente los resultados en DBO y DQO, aunque muestra buena eficiencia en otros parámetros comparables a los químicos. El Cardón guajiro, aunque menos eficiente que la moringa, cumple con todas las normativas sin generar efectos secundarios.

Según Olivero et al. (2017) en su informe científico titulada “Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, *Opuntia ficus* y *Moringa oleifera* en clarificación de aguas” (Colombia), estudian la comparación entre dos tipos de insumos cuyo objetivo fue determinar la efectividad de dos coagulantes naturales y el sulfato de Al en la remoción de turbiedad del río Magdalena, su metodología para la obtención de los coagulantes naturales fue netamente artesanal (pelado, secado, triturado y tamizado), para analizar sus dos variables (turbidez y la correlación con la absorbancia) utilizaron el espectrofotómetro y el turbidímetro. Emplearon un diseño experimental de  $8 \times 3 \times 2$  para determinar la dosis de los clarificantes. Los resultados fueron trabajados por separado para observar el desenvolvimiento de cada uno de los insumos, como también la combinación de estos, los datos de los parámetros fisicoquímicos fueron comparados con los límites dentro del marco aceptable que establece su normativa colombiana.

Concluyeron que la combinación de la *Moringa oleifera*. y la *Opuntia ficus* logran remover al 90% la turbiedad mientras que la combinación de estos coagulantes naturales con el sulfato de Al, consigue porcentajes de 99% de efectividad y la reducción de partículas a través de la absorbancia.

Sierra et al. (2019) en su trabajo académico titulado “Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando médula de banano como coagulante” (Colombia), cuyo objetivo fue evaluar la eficacia de la médula de banano y compararla con el sulfato de aluminio, en la clarificación de las aguas del río Magdalena. La investigación se llevó a cabo utilizando una metodología experimental factorial, con un muestreo simple de agua del río Magdalena a temperatura ambiente (27°C). Para obtener el coagulante de la médula de banano, se utilizó el método propuesto por Kakoi Beatrice et al. (2016), que implica extraer,

lavar, cortar y secar la médula a 60°C durante 6 horas. Posteriormente, se trituró y tamizó para obtener un polvo fino. Se prepararon las dosis de cada coagulante utilizando 100 ml de agua destilada. Tras realizar ensayos preliminares, se establecieron dosis de 10, 20, 40, 60, 80 y 100 mg/L. El estudio es experimental y los resultados hallados fueron analizados por el programa estadístico Statgraphics Centurión, análisis de varianza y prueba HSD. Evaluaron sus coagulantes con ayuda del test de jarras y se guiaron de aquellos parámetros instaurados en el NTC 3903 del 2010, así disminuir el pH y la turbidez. Los resultados mostraron un pH inicial de 7,20. Según la resolución 2115 de 2007 de Colombia, el límite máximo de turbiedad en agua potable es de 2 UNT. Mientras que en el año 2018 el río databa 210 UNT, donde el valor obtenido no cumple la normativa. Al emplear sulfato de aluminio en concentraciones de 10 mg/L, se logró una reducción de la turbidez a 129 UNT. Al aumentar la dosis a 20 mg/L, la turbidez se redujo a 49,90 UNT; con 40 mg/L, descendió a 4,94 UNT; con 60 mg/L, alcanzó 2,04 UNT; con 80 mg/L, se estabilizó en 1,78 UNT; y finalmente, con 100 mg/L, se redujo a 1,19 UNT. Se identificaron tres grupos homogéneos: los de 10 y 20 mg/L no mostraron alineación entre sí, mientras que las dosis superiores presentaron resultados más efectivos. La dosis óptima se estableció en 40 mg/L, ya que utiliza una menor cantidad de sulfato de aluminio, aunque no cumple con el estándar de 2 UNT. La remoción total de turbidez fue del 97,65%. En el análisis de la médula de banano, a dosis de 10 mg/L se redujo la turbidez a 69,10 UNT; con 20 mg/L bajó a 71 UNT; con 40 mg/L se situó en 68,10 UNT; con 60 mg/L volvió a ser 69 UNT; con 80 mg/L se mantuvo en 68,10 UNT; y con 100 mg/L también fue de 69 UNT. La dosis óptima también fue de 40 mg/L, logrando una remoción del 67,57%, aunque otros estudios reportaron mejores resultados con porcentajes de hasta el 98,56%. Concluyen que

el coagulante natural es más eficiente en coagulación-floculación y sedimentación, aunque no alcanza el nivel deseado de turbidez, sobresaliendo en su capacidad coagulante. Por otro lado, el sulfato de aluminio demostró ser efectivo para aguas turbias, cumpliendo con la normativa.

Oliveros, I. (2022), en su documento de investigación titulada “Uso de semilla de *Mangífera indica* como coagulante natural para tratamiento de potabilización”, Se buscó evaluar cómo la semilla de mango y el sulfato de Al afectan la coagulación-floculación en el proceso. La investigación utilizó una metodología experimental cuantitativa, tomando agua de la PTAP Lo de Coy, administrada por la empresa municipal de Guatemala. Se recolectó el coagulante del mango, que fue secado, molido y almacenado. Posteriormente, se sometió a un horno a 105°C durante 24 horas. El cotiledón del mango fue triturado con un mortero y, para obtener un polvo más fino, se utilizó una licuadora. Se preparó una solución patrón al 1% disolviendo 10 g de molienda en 1000 ml de agua destilada. Se combinaron sulfato de Al y el coagulante del mango para determinar la dosis adecuada, ya sea como sustituto del sulfato o como auxiliar de coagulación, realizando seis combinaciones. Se realizaron experimentos con sulfato en concentraciones del 0% al 100% en incrementos del 20%, comenzando con la muestra 1 y finalizando con la muestra 6 al 0%. Para el coagulante de mango, se llevaron a cabo combinaciones en orden ascendente. Utilizaron un test de jarras con seis vasos de 2 litros cada uno, aplicando una mezcla rápida a 100 rpm durante un minuto. Luego, ajustaron la velocidad de paleta a 60 rpm para simular una mezcla lenta durante 15 minutos, esperando otros 15 minutos para sedimentación y midiendo turbidez, temperatura y pH.

Se consideraron las mediciones iniciales de turbiedad, que variaron entre 215 y 603 NTU. Para una turbiedad de 215 NTU, se aplicó una dosis de sulfato de aluminio de 76 mg/L junto con 114 mg/L del coagulante de mango. En el caso de 314 NTU, se utilizaron 80 mg/L de sulfato y 120 mg/L del coagulante. Para una turbiedad de 416 NTU, se aplicaron 66 mg/L de sulfato y 44 mg/L del coagulante. Para 512 NTU, se usaron 100 mg/L de sulfato y 150 mg/L del coagulante, mientras que para 603 NTU se mantuvieron las mismas dosis que en el caso anterior. El autor realizó seis combinaciones de sulfato de Al, considerando dosis del 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %. En cada ensayo, se midió la turbiedad residual para las seis turbiedades iniciales. Se observó que la turbiedad se eliminó en mayor medida al mezclar el coagulante de mango con el sulfato de Al. Un hallazgo notable fue que, al utilizar un 40 % de sulfato de Al junto con un 60 % de coagulante de mango, se logró una reducción significativa de la turbiedad, cumpliendo con los estándares establecidos por la norma correspondiente. El mejor resultado se obtuvo al combinar un 60% de sulfato de aluminio y un 40% de mango, cumpliendo con el límite máximo admisible de 5 NTU según la norma. Los resultados indicaron que a mayor índice de turbiedad, la combinación del coagulante natural e inorgánico mostraba una efectividad superior.

Oliveros concluyó que la combinación de dos coagulantes logró una remoción promedio del 93.21 % en cinco ensayos. Para el tratamiento de 215 NTU, se alcanzó un 89.24 % de remoción; para 314 NTU, el porcentaje fue de 90.65 %; para 416 NTU, se logró un 97.60 %; para 512 NTU, se obtuvo un 91.78 %; y para 603 NTU, se alcanzó un 96.65 %. Además, determinó que la mejor mezcla consistía en un 40 % de sulfato de Al y un 60 % de coagulante natural. Las dosis adecuadas

para cada nivel de turbiedad inicial se establecieron en 190 mg/L para 215 NTU, 200 mg/L para 314 NTU, 110 mg/L para 416 NTU y 250 mg/L para 512 y 603 NTU.

El artículo de investigación de Olivero Godínez (2022) analizó el uso de coagulantes naturales y sintéticos en la remoción de turbidez. Se observó que el sulfato de aluminio fue más efectivo, logrando reducir la turbidez de 603 NTU a 2.48 NTU, mientras que el coagulante natural disminuyó a 62 NTU. Sin embargo, en otro resultado, con una turbidez inicial de 314 NTU, el sulfato redujo a 105 NTU y el coagulante natural a 85.20 NTU. Estos hallazgos evidencian diferencias significativas en la eficacia de ambos tipos de coagulantes en diversas condiciones. Se concluyó que el coagulante natural mantuvo su efectividad para eliminar turbiedad en diversos niveles, siendo seguro para la salud y el medio ambiente. En cambio, el coagulante inorgánico presentó alteraciones en diferentes niveles de turbidez y otros parámetros relevantes.

Barreto et al. (2019) en su documento científico titulado “Evaluación de coagulantes naturales en la clarificación de aguas” (Colombia), cuya finalidad se basa en la comparación la efectividad del coagulante más comercializado (sulfato de Al) frente a los coagulantes inherentes (extraído de semillas del aguacate y el mucílago del café) para dar tratamiento al agua de una quebrada llamada la Guayacana. La investigación fue cuantitativa y experimental, realizada en laboratorios universitarios, enfocándose en el muestreo del vertido de la quebrada. Para la obtención de los coagulantes a base de la semilla de palta y el mucílago del café, extrajeron los hidrocoloides fueron mezclados y filtrados a través de una malla de 2.38 mm, sedimentando en conos e Imhoff durante 24 horas. Luego, se dividieron en dos partes: una se secó a 50°C por 40 minutos y fermentó durante un día. Para el coagulante, se utilizaron 10 g del insumo en 500 ml de agua destilada



tipo A., el segundo proceso consistió en un tratamiento térmico en plancha a 97°C durante 1 hora, seguido de un secado por convección a 50°C durante 1.5 horas, lo que resultó en un polvo de aproximadamente 1 mm. Para la solución, se disolvieron 10 g del polvo en 500 ml de una solución amortiguadora de fosfato (tipo B). En cuanto a la semilla de palta, esta fue triturada y tamizada utilizando una malla de 2 mm (número 10) antes de ser sometida a un sistema de extracción Soxhlet durante 6 horas. Se utilizó éter etílico para extraer el aceite, que luego se secó en un horno, pulverizando el ripio de la semilla hasta obtener un polvo a través de un tamiz de 0.5 mm. Se preparó una solución con 10 g de palta y medio litro de agua destilada (tipo C). Se empleó el test de jarras utilizando 7 vasos de 1 L, con dosis de 60 a 360 mg/L. La agitación rápida se realizó a 100 rpm durante 3 minutos, seguida de una remoción lenta a 40 rpm por 15 minutos, permitiendo sedimentar durante 1 hora. Los parámetros iniciales fueron turbidez de 185 UNT y color de 177,5 UPC. El coagulante inorgánico alcanzó una remoción del 99% de turbidez y del 90% de color. En contraste, el coagulante de mucílago de café eliminó el 65% de la turbidez y el 30% del color con una dosis de 300 mg/l. El coagulante tipo B solo eliminó un 30% de la turbiedad y un 39% del color. Por su parte, el coagulante tipo C no logró remover el color, evidenciando su baja efectividad. La clarificación del agua resultó baja por la alta concentración de tanino en las semillas de palta. Se concluyó que los coagulantes naturales son efectivos para eliminar turbidez, color y aumentar ligeramente el pH en aguas residuales. El coagulante tipo A ofrece una opción para clarificar AR, aunque sus valores resultaron inferiores al sulfato de Al. La alta coloración se debió a extractos de los coagulantes B y C, que podrían eliminarse mediante absorción con carbón activado.

### 3.1.2. A nivel nacional.

Cano, G. (2019) en su investigación de pregrado titulado “Estudio Comparativo del Alumbre y Coagulantes Naturales para remover la turbidez del agua en el Centro Poblado Agropensa – Barranca”, la finalidad fue comparar la sal mineral (Alumbre) versus la penca de tuna en la investigación se centró en la remoción de turbidez, pH y conductividad del agua en el centro poblado Agropensa, Barranca. Se utilizó una metodología experimental mixta, realizando un muestreo aleatorio de 20 L del canal de agua. Se preparó un coagulante inorgánico de 0,175 g disuelto en 25 ml de agua destilada, alcanzando una concentración de 7000 ppm. A partir de esta solución, se realizaron cinco muestras con diferentes volúmenes (1 ml a 280 ppm, 3 ml a 840 ppm, 5 ml a 1400 ppm, 7 ml a 1960 ppm y 10 ml a 2800 ppm) para evaluar su efectividad. La penca se lavó y se extrajo la pulpa en cubos de 0.5 a 2 cm, reduciendo la presencia de agua durante un día en una T° de 140°F. después el material seco fue triturado añadiendo 200 ml de alcohol a 140°F, es así que se retiró los pigmentos naturales y la clorofila, seguidamente retiraron el etanol a T de 172°F por 60 min. Y en la estimulación del coagulante añadieron agua, con lo que se removi6 a 600 rpm por 60 min, después se filtró para discernir el líquido de la masa y centrifugaron para precipitar el coagulante, logrando finalmente separar el precipitado del líquido y obtener el coagulante natural deseado. Se llevaron a cabo cinco pruebas utilizando diferentes volúmenes y concentraciones: 25 ml a 25,0 ppm, 50 ml a 50,0 ppm, 75 ml a 75,0 ppm, 90 ml a 90,0 ppm y 100 ml a 100,0 ppm. Los resultados del coagulante inorgánico  $Al_2(SO_4)_3$  mostraron que, en 10 pruebas, la turbidez inicial promedio fue de 41,3 NTU. El autor se basó en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, que establece valores superiores a 5 NTU. La dosis ideal se encontró en 5 ml, logrando resultados

inferiores a 5 NTU según las normas de calidad. En cambio, al usar 10 ml, los resultados fueron más efectivos, aunque afectaron otros parámetros. Se notó que el pH inicial oscilaba entre 7 y 8; al añadir  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , la muestra se acidifica, aumentando la acidez con dosis más elevadas. La conductividad inicial promedio de las muestras fue de  $598 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ , aumentando conforme se incrementó la concentración de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

En las pruebas del coagulante natural, la turbidez inicial promedio fue de 46 NTU. La dosis óptima se encontró en 90 ml, logrando un promedio de 4.711 NTU, que se sitúa en el límite permitido. Con una concentración de 100 ml, la turbidez promedio fue de 4 NTU, considerada la más aceptable. Con el coagulante natural la variación del pH fue mínima, a diferencia del  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , que tenía un pH inicial promedio de 8, el tratamiento con penca de tuna mostró un pH promedio de 7, con ligeras variaciones. La conductividad en las distintas dosis de penca de tuna fue similar a la observada con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

El autor concluyó su investigación sobre los parámetros iniciales del canal en Agropensa, donde la turbidez promedio fue de 45,42 UNT, el pH de 7,99 y la conductividad de  $607,9 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ . Determinó que la dosis óptima de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  era de 5 ml, considerada aceptable, mientras que a 10 ml resultó muy eficiente. En cuanto al coagulante natural, la concentración óptima fue de 90 mg/l, aceptable, pero a 100 mg/l mostró una eficiencia notable.

Tirado et al. (2022) en su investigación denominado, "Optimización de dos Coagulantes Naturales Coadyuvados por Hidróxido de Sodio para la Potabilización de Aguas del Río Caplina", el estudio tuvo como propósito optimizar la dosis de dos coagulantes naturales, *Moringa oleífera* y *Manihot esculenta*, junto con Soda Cáustica (NaOH), para mejorar la potabilización del agua del río Caplina en Tacna.

La metodología utilizada en este artículo fue de tipo experimental cuantitativa, siguiendo el protocolo nacional establecido en la RJ N°010-2016-ANA, con una muestra de 40 L. Para extraer el coagulante de la semilla de moringa, se tomó como referencia el trabajo de Aziz, Jayasuriya y Fan (2016), que incluye la extracción de proteínas y el proceso de molienda. En cuanto al almidón de yuca, se aplicaron las metodologías de Cuadro y Rodaz (2019) para pelar y remover cáscaras, Pajuelo (2018) para rayar y liberar los granos de almidón, Moscozo (2016) para sedimentar y refrigerar el almidón, y Estrada (2016) para determinar el tiempo de sedimentación.

Utilizando un Diseño Factorial Multinivel y un modelo matemático, se llevaron a cabo combinaciones sistemáticas para identificar la mayor efectividad de los coagulantes naturales en comparación con el NaOH, se presentaron tablas y gráficos sobre el tiempo de sedimentación y pH del agua tratada. El estudio reveló que, al trabajar con 60 g de semillas de moringa, se obtuvieron 45 g de coagulante tras el tamizado, logrando una efectividad del 75%. Por otro lado, al utilizar 770 g de almidón de Yuca, el proceso de tamizado resultó en 120 g de coagulante, con una efectividad del 15.6%. Estos coagulantes fueron aplicados en el tratamiento de muestras de agua del Río Caplina, destacando las diferencias en su rendimiento y eficacia.

Los autores determinaron que la concentración óptima de NaOH fue de 0.0049 M para 3.2 g/L de coagulante (*Manihot esculenta*) y 0.1 g/L para moringa, logrando sedimentación en 6 minutos a un pH de 6.6. Estos resultados cumplen con los estándares de calidad del agua de la categoría 1, apta para potabilización mediante desinfección.

Choque et al. (2018), en su trabajo de investigación titulado “Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua” (Apurímac), cuyo fin fue la evaluación del accionar floculante de tres especies de cactus (*Echinopsis pachanoi*, *Neoraimondia arequipensis* y *Opuntia ficus*) en un ensayo con muestras de aguas artificiales. La metodología fue a nivel laboratorio cuantitativa, en el que preparó una mezcla principal añadiendo en 500 ml de agua destilada 25 g de caolín que fue removido por 30 min y dejaron reposar por 24h. 30 ml de la solución madre se añadió a 6 litros de agua potable, el coagulante natural se extrajo de acuerdo a la investigación de DUJARDIN et al (1985), donde dividieron y trituraron con una licuadora añadiendo agua destilada para tamizar en una malla de 1000 micras, eliminando la fibra y obteniendo un zumo filtrado. Se aplicaron diversos solventes hasta eliminar el color, y el resultado se secó a temperatura ambiente. Posteriormente, se molió y tamizó en una malla de 300 micras, obteniendo un polvo fino de coagulante listo para su uso. La actividad floculante se fundamentó en el estudio de Sánchez y Untiveros (2004), quienes realizaron importantes determinaciones al respecto el desenvolvimiento floculador de una fibra natural (pectina) en mezclas de Fe y Cr. La *Echinopsis pachanoi*. con etanol demostró mejor efectividad como floculante y mejor porcentaje de remoción con un 99% en el AR artificial. La variedad *Neoraimondia arequipensis* y el *Opuntia ficus*. muestran una notable actividad floculante al ser extraídos con etanol, alcanzando un porcentaje de remoción cercano al 99%. Se determina una dosis óptima para ambas variedades y otras similares oscilan entre 10 a 20 mg/l que consiguieron una remoción de 80 a 90 % los sólidos. El pH experimentó un leve aumento por las diversas vitaminas y propiedades presentes. Asimismo, la DBO de estas tres variedades se elevó debido al alto contenido de proteínas y sacarosas, que afectan

la demanda de oxígeno nitrogenada en el medio. También concluyen que las tres especies naturales son buenos floculantes, destacando mejor el *Echinopsis pachanoi* cuando es procesado con etanol. La muestra de agua artificial tratadas con estas especies, algunos parámetros fisicoquímicos como el pH aumentaron levemente, de 6.61 a 7.58. La dureza y la alcalinidad no mostraron diferencias significativas, pero la DBO sí experimentó un cambio notable de 0.57 mg O<sub>2</sub> /l hasta 3.66 ± 0.05 mg O<sub>2</sub> /l.

Rivera et al. (2022) en su artículo de investigación titulada “El uso de semillas del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) para remover turbidez del agua residual doméstica” (San Martín), con el objetivo de determinar la efectividad de la semilla del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la remoción de turbiedad del Agua Residual Doméstica (ARD) enfatizando, así como una tecnología de descontaminación de AR. Trabajaron en laboratorio cuya metodología fue experimental cuantitativa, utilizando un muestreo aleatorio simple. Recolectaron durante cinco días los ARD de cada hogar, hasta obtener un litro en un recipiente, que luego homogeneizaron en uno de 30 litros. Aplicaron el test de jarras, que consistía en tres corridas con cuatro vasos de un litro cada uno. Así, trabajaron con tres grupos de muestra, alcanzando un total de 12 litros para el análisis. La agitación rápida fue a 150 rpm durante 1 min y la agitación lenta a 30 rpm durante 10 min, dejando sedimentar por 20 min.

La investigación se basó en el trabajo de Hidalgo W. et al. (2019), donde se evaluaron dosis de coagulantes naturales y sulfato de aluminio. Se utilizaron concentraciones de 500, 1000 y 1500 mg/L para el coagulante natural y 100 mg/L para el sulfato de aluminio. Para el análisis estadístico, se aplicaron media, desviación estándar y frecuencias porcentuales, utilizando análisis de varianza con

un nivel de confianza del 95%. Los resultados se procesaron con SPSS 24 y Excel. Los parámetros iniciales del agua analizada fueron un pH de 5.75 y una turbidez de 780 UNT. Se logró una reducción notable en la turbidez con el sulfato de aluminio a 100 mg/L, alcanzando un nivel mínimo de 163.33 UNT. Para el coagulante natural, las dosis más efectivas fueron 1000 mg/L (reducción a 330 UNT), seguido por 1500 mg/L (350 UNT) y 500 mg/L (350 UNT). El índice Willcomb mostró que el sulfato de aluminio formó un flóculo que sedimentó rápidamente pero no completamente, mientras que el coagulante natural generó un flóculo más grande y claro que precipita lentamente. Las eficiencias de remoción de turbidez para las dosis de frijol fueron del 55.13% (500 mg/L), 59.69% (1000 mg/L) y nuevamente 55.13% (1500 mg/L), para el sulfato de Al el % de remoción de turbidez fue de 79,06 % (100 mg/L). Aunque la eficiencia sea mejor con el sulfato de Al, su aplicación repercute impactos negativos en el medio ambiente durante la producción, uso y transporte, los resultados del pH con el coagulante de frijol fueron bajos en el ARD, alcanzando 6 y 5,93 para dosis de 1000 y 1500 mg/L. En cambio, la dosis de 500 mg/L mostró un pH ligeramente superior, con un valor de 6, 12. El pH obtuvo un valor de 6,23, con una dosis de sulfato de Al de 100 mg/l.

En la conclusión indican que se observó que al aplicar dosis de 1000 y 1500 mg/L de coagulante natural, el pH del ARD disminuyó. Además, el sulfato de Al a 100 mg/L logró la menor turbidez, reduciéndola a 163,33 UNT. En conclusión, el coagulante natural se presenta como una excelente opción para eliminar la turbiedad en el ARD.

Azabache et al. (2022) según su trabajo de investigación titulada “Aplicación del clarificante de origen natural (almidón de yuca) para la remoción de turbidez y color en aguas de consumo humano”, cuyo objetivo fue estudiar e informar sobre

la aplicación del coagulante natural a base de yuca, en los parámetros de turbidez y color en aguas de la quebrada Juninguillo. Tuvo un enfoque cuantitativo y el diseño investigativo correlacional empleando la prueba de jarras de 6 recipientes de capacidad de 1L, en el que agregaron muestras de 500 ml a cada uno (base de la muestra 15L en bidón). Los parámetros iniciales: 125 UPC en color, 8.7 de pH y 28.81 NTU de turbiedad. Programación de velocidades diferentes para la remoción de cada tratamiento, empleando los ECAs para agua de categoría 1 para referenciar los resultados. Los resultados que obtuvieron en el primer tratamiento al 1% de almidón de yuca fueron los siguientes: la jarras n° 5 y 6 para el color 80 UPC, la jarra n° 3,2 y 4 con 85, 90 y 90 UPC y la jarra numero 1 con el peor resultado obtuvo 105 UPC. En el parámetro de turbidez los resultados más eficientes fueron de la jarra n° 6 con 12.57 NTU, seguidamente del n° 4,3,5 y 2 ya que obtuvieron 12.66; 13; 13.19 y 13.24 NTU y se identificó a la primera jarra como el mejor tratamiento en la turbiedad ya que logro 15.81 NTU. La jarra n° 6 logró un valor mínimo, donde agregaron 6 ml de almidón. En el 2do ensayo se trabajó con el almidón de yuca al 2%, La remoción más eficaz del color se observó en las jarras N°1 y 4, con 70 y 75 UPC, mientras que la jarra N°4 mostró el mejor resultado en la remoción de turbidez alcanzando 11,34 UNT. El resultado más eficiente fue en el tercer ensayo con 3% de almidón de yuca, para el color en la jarra N°4 con 70 UPC lo mismo fue para la turbidez con 10,37 UNT. En el ensayo numero 4 con 4% de almidón, el mejor resultado para el color fue la jarra N°6 con 80 UPC, y en la remoción de turbidez la jarra N°5 con 11,82 UNT. En el quinto ensayo con un 5% de almidón de yuca, los resultados más óptimos para el color se obtuvieron en las jarras N°1 y 2, con 85 UPC, mientras que para la turbidez la jarra N°6 con 11,4 UNT. En el ensayo 6, con un 6% de almidón de yuca, los resultados más favorables



para el color se registraron en las jarras N°1 y 5, también con 85 UPC, y para la turbidez la jarra N°4 mostró 12,48 UNT. Todas a una velocidad de 300 revoluciones por minuto. Asimismo, se presentan los promedios generados de los ensayos realizados con almidón de yuca a distintas concentraciones: para el color, el promedio al 1% fue de 88,33 UPC, al 2% fue de 90,83 UPC, al 3% fue de 90 UPC, al 4% fue de 90,83 UPC, al 5% fue de 89.33 UPC y al 6% fue de 89.33 UPC. Los promedios de turbidez en todos los ensayos fueron: 1% con 13,41 UNT, 2% con 17,03 UNT, 3% con 14,01 UNT, 4% con 14,43 UNT, 5% con 13,32 UNT y 6% con 13,56 UNT. El artículo presenta un resultado adicional de un ensayo al 1% de almidón a 150 rpm, dónde se registró el valor más bajo en turbiedad y color: 10,59 NTU y 75 UPC.

Se concluyó que el coagulante natural había logrado eliminar un 48% del color y un 50% de la turbidez del agua. Este clarificante, al no contener aditivos químicos, demostró su eficacia sin alterar los parámetros del agua en la quebrada Juningullo, a pesar de las distintas concentraciones y variaciones en las velocidades del flujo. La concentración óptima fue al 1%, es decir un litro de agua destilada con un mg de almidón (P/V), Se concluyó también que la velocidad óptima para la turbidez fue de 150 rpm y de 200 rpm para el color, utilizando concentraciones del 1% de almidón. Sin embargo, no se lograron cumplir los estándares establecidos por los ECA, siendo la sedimentación un problema significativo debido a la lentitud en la formación de flocs, que presentaban baja densidad. En comparación con el sulfato de aluminio, utilizado en plantas de tratamiento de aguas residuales, se evidenció una efectividad notable en la remoción del color y turbidez, alcanzando hasta un 85% y 90%, respectivamente.

Aunque no se alcanzaron los valores esperados, el tratamiento resultó adecuado para aguas contaminadas.

### **3.1.3. A nivel regional y local.**

Alvarez & Ccahua, (2021) en su tesis de pregrado denominado “Remoción de Turbidez usando Biocoagulantes (*Echinopsis peruviana* y *Opuntia ficus indica*) en muestras son suelos del Río Tucuri, Santo Tomas”, cuyo propósito fue evaluar la remoción de la turbiedad, pH y el tiempo de asentación, empleando coagulantes inherentes (natural) (*Echinopsis peruviana*. y *Opuntia ficus*.) en aguas mezcladas con partes del suelo del río Tucuri. Utilizó un diseño experimental cuanti a nivel explicativo, siendo esta la metodología, las muestras fueron preparadas artificialmente de acuerdo a la guía de muestreo del decreto supremo 002-2013-MINAM y los ECAs de suelo con la técnica zig-zig, en 16L de agua agregaron 30g de suelo pasando a homogenizarlo manualmente de 10 a 15 min con un reposo de 1 hora y después utilizaron bicarbonato de sodio (30g) para elevar su alcalinidad.

Los biocoagulantes se extrajeron del lugar, con ayuda de una cuchara y un cuchillo cortaron en trozos, con un peso inicial de 1363 y 1948 g *Opuntia ficus* y *Echinopsis peruviana* en fresco, pasaron a secar a T° ambiente obteniendo un nuevo peso de 275 g de *Opuntia ficus* y *Echinopsis peruviana* en 79.8 y 85.88% de humedad. La solución madre preparada fue al 5% m/v, 50 g de *Opuntia ficus* y *Echinopsis peruviana*, disueltas en un litro de agua destilada, de acuerdo al estudio de López M. (2018) y Villanueva J. (2019) calcularon las dosificaciones, siendo estos de 90 y 550 mg/l para una turbiedad de 500 NTU inicial, el test de jarras fue fundamental para hallar la dosis optima en las 8 muestras preparadas con partes del suelo del rio.

Los resultados que se pudo observar en los parámetros iniciales de la muestra artificial fueron 500 NTU, 117 uS/cm de conductividad y un pH 7.5.

Con una jeringa de 9.9 ml se ayudaron para determinar la dosis adecuada en su primer tratamiento con el *Echinopsis peruviana* fue 90mg/l la mejor remoción en turbiedad que redució a 71 NTU, en su segundo tratamiento obtuvo una remoción de turbidez de 94 NTU (81.1%), en el tercer tratamiento logro 93 NTU (81.5%), en su cuarto tratamiento tuvo 98 NTU (80.5%), en el quinto tratamiento 84 NTU (83.1%), en el sexto tratamiento 99 NTU (80.2%), en el séptimo tratamiento 92 NTU (81.5%) y finalmente en el octavo tratamiento obtuvo 98 NTU (80.4%). Los resultados con la *Opuntia ficus* fue a 90mg/l, que logro una reducción 81 NTU, destacando este por la mayor remoción lograda a comparación de los demás tratamientos, en su segundo tratamiento 138 NTU (72.55%), en el tercer, cuarto, quinto, sexto, séptimo y octavo tratamiento fueron de 128, 142, 120, 143, 140 y 132 NTU que corresponde al 74.4, 71.7, 76, 71.5, 72 y 73.6%, todos los resultados trabajados con el ANOVA mediante gráficas y tablas.

La conclusión a la que llegaron los autores fue que si lograron remover la turbiedad de la muestra del agua preparada arterialmente gracias a las propiedades de las especies naturales ya que contienen polímeros y alcaloides que le dan ese poder coagulador. El procedimiento de obtención de los biocoagulantes fue:

extraer, secar, moler, cernir, despigmentar lo verdoso, post secado y preservar. Para el *Echinopsis peruviana* y *Opuntia ficus* determinaron que 90mg/l a 1.6 ml de solución (5% masa sobre volumen) fue lo adecuado para remover la turbiedad, siendo destacable la *Echinopsis peruviana* con una eficiencia de 85.7% frente a 83.8% de la *Opuntia ficus*, en sus ocho tratamientos. También concluyen

que el tiempo de espera (30 min) para la decantación y el pH (7.5) son factores importantes a considerar para lograr una remoción de la turbiedad.

### 3.2. Bases teóricas.

#### 3.2.1. Coagulación.

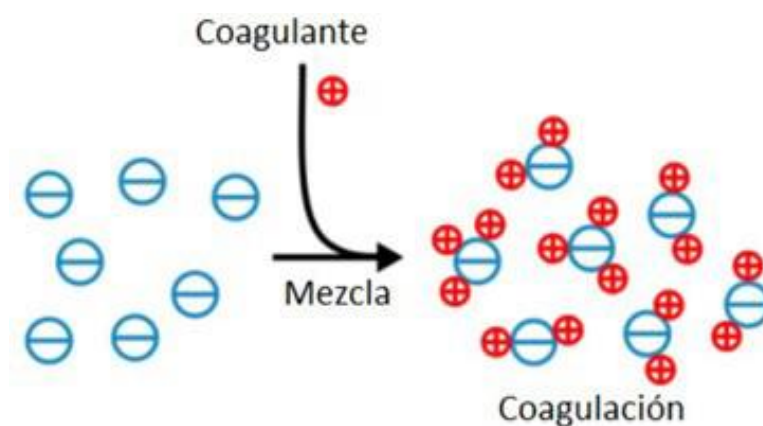
La teoría de la doble capa eléctrica fue propuesta por Hemholtz en los años 70, las partículas coloidales cuentan con cargas eléctricas que son atraídas por iones de cargas opuestas, convirtiéndolas en carga neutra, esta teoría fue modificándose por distintos autores como Chapman y Stern, siendo la base para formar todo un conocimiento sobre la coagulación. (Perez & Urrea, 2012)

La coagulación es el proceso más importante al tratar el agua, ya que todos los materiales en suspensión se remueven mediante el uso de coagulantes sintéticos o naturales (Choque et al., 2018).

Por otra parte, (Olivera Huaman, 2022) menciona a Ojeda, quien afirma que la coagulación es el proceso de desestabilizar la suspensión coloidal, retirando las capas eléctricas que cubren a las partículas coloidales. Este efecto inicia desde que se agrega algún tipo de coagulante (natural o artificial) al entrar en contacto con el agua residual desestabiliza la carga electronegativa de los coloides y esa reacción debe ocurrir en menos de un segundo y a una gradiente de velocidad (rpm).

#### Figura 1

Coagulación



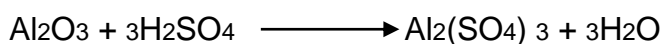
Fuente: Obtenida de (FLOWEN, 2022).

Ibarra (2020) en su trabajo de tesis indica que los factores que influyen en la coagulación, con el propósito de mejorar el proceso incluyen turbiedad, pH, la presencia de sales disueltas, T° (temperatura) del H<sub>2</sub>O, condiciones de mezclado, tipo de coagulante utilizado, sistemas de aplicación, variedades de mezclas, entre otros. Existen tres tipos de coagulantes de los cuales se mencionará a continuación:

### **Coagulantes Inorgánicos.**

Son aquellos derivados de un proceso, modificación, transformación, añadiendo o quitando los componentes de la materia, pero también, de acuerdo a la definición de la empresa Tarazona (2023) describe que son químicos de origen inorgánico, habitualmente sales de hierro y aluminio, que provocan que los sólidos coloidales anulen su carga negativa, las desventajas de dichos coagulantes se describen en el siguiente apartado. (Adintus, 2023)

**Sulfato de aluminio.** Es una de las sales más utilizadas como coagulante y floculante en el tratamiento de aguas residuales y de consumo para el hombre. Reaccionando un mineral como la Bauxita, caolín o hidrato de aluminio, más el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) tienen una reacción a elevadas temperaturas.



Se puede obtener en líquido y sólido, libre de Fe (hierro) o estándar de acuerdo a su especificación. (ANIQ, 2023)

Es el coagulante inorgánico más utilizado por su fácil producción y comercialización. Este es el motivo por el que las PTARs están diseñadas para aplicarlas tanto como el personal capacitado en el manejo ya que viene de distintas formas (polvo, granos, líquido). (Velasquez, 2022)

Un artículo de un licenciado en química indica que el color está influenciado de acuerdo a la concentración de Fe u otras impurezas, de la misma manera

informa que es un metal muy tóxico que se concentra en el cerebro, pulmón y la piel deteriorando estos organismos, este compuesto no debe ser excedido de 0.2 mg por litro como lo establece la Unión Europea (UE), y la contaminación en el agua no debe exceder de 0.05 a 0.2 mg por litro de acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (Bolívar, 2022)

Otro autor hace énfasis en las consecuencias como el problema que trae tratar las aguas con estos coagulantes inorgánicos, es al medio ambiente ya que generan lodos muy tóxicos en grandes cantidades y enfermedades neurodegenerativas que vinculan en gran mayoría al cáncer. (Quintero, 2017)

### **Coagulantes Sintéticos.**

Son aditivos que pueden ser orgánicos e inorgánicos, tienen una mayor efectividad a diferencia de los coagulantes inorgánicos, de acuerdo al Olivera que menciona sobre el coagulante orgánico sintético dice que se caracterizan por ser polímeros que se disuelven con el agua y están clasificados como: catiónico, anfótero, aniónico y no aniónico. Las poliacrilamidas son los coagulantes que se desenvuelven mejor. (Olivera Huaman, 2022)

### **Coagulantes Naturales.**

También se les conoce como coagulantes orgánicos, presentan una gran efectividad porque no perjudican las propiedades del agua a tratar y son inofensivos para la salud humana y otros microorganismos, su principal poder coagulador radica en las fuerzas de las cargas catiónicas y en la estructura polimérica. Olivera Huaman (2022) mencionó que ciertas plantas poseen un notable potencial debido a sus carbohidratos, taninos y proteínas, siendo biodegradables en el medio ambiente. Las más destacadas por su capacidad coaguladora son la Moringa

Oleífera y las cactáceas, reconocidas por sus propiedades antimicrobianas y de remoción de turbidez.

Los Coagulantes naturales también son polímeros químicamente complejos, compuestos principalmente de una variedad de polisacáridos y proteínas. Algunos de ellos cuentan con propiedades de coagulantes o floculantes y en diversas zonas son utilizadas de forma empírica para aclarar aguas turbias con resultados satisfactorios. (Choque et al., 2018)

### 3.2.2. *Corryocactus ayacuchoensis* R. (Soccomporo)

Familia cactácea endémica de Ayacucho en promedio 1.5 m de altura, espinoso con flores de color anaranjado, blanco, amarillo con semillas negras y de fruto ácido, conocida también como “Soccomporo” o “Puchjuli” (Otolozza, 2012, como se citó en Gomez, 2023).

#### Figura 2

*Corryocactus ayacuchoensis* R.



### 3.2.3. *Schinus molle* L. (Molle)

Conocido como árbol de Molle el cual es utilizado en la ciencia medicinal para el cuerpo, en la revista Kawsaypacha Gonzales (2023), cita el trabajo de Weberbauer (1945), en el que nos dice que es un árbol torcido, con hojas foliolos en gran número cuya corteza es agrietada, frutos rojizos que cuelgan como un velo que a través de la luz solar entra en brillo, esta especie de árbol requiere de un

clima árido o subcálido que se puede apreciar en el territorio interandino, pero también en zonas costeras.

### Figura 3

*Schinus molle* L.



#### 3.2.4. *Ligaría cuneifolia* R. (Chicle pupa)

Conocida también como “ckeuña pupa”, “liga”, “suelta suelta” entre otros, la especie Hemiparásita crece en el Perú entre 1550 a 4010 msnm, que podemos encontrarlas en algunos departamentos como Ancash, Arequipa, Cusco, Apurímac, Ayacucho entre otros. Su utilidad varía en función a la medicina de tiempos ancestrales, que en la actualidad son datos muy interesantes para la investigación, debido a sus propiedades, como el cáncer, eliminación de tumores, tratamiento de caries, fracturas de huesos, enfermedades cardiovasculares, etc. (Huaman F. , 2023)

### Figura 4

*Ligaría cuneifolia* R.





### 3.2.5. Aguas Residuales

Según la Organización Mundial de la Salud, es un recurso valioso del que se puede recuperar diversos elementos, como nutrientes, energía y agua limpia, estos podrían ser aprovechados, pero sobre todo para reducir el consumo de agua procedente de fuentes naturales agotadas y cada vez más escasas. (Baeza, 2023, pág. 1)

Llamada también agua negra, son producto de la contaminación posterior al uso humano, cuyas aguas pueden contener desde desechos domésticos (orina, detergentes, heces, etc.) así como residuos de industrias u otras actividades Malave et al. (2016). Y según el ANA (2009) en el reglamento de la Ley de Recursos Hídricos N° 29338 en el Artículo 131 define AR a “Aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo” (pág. 97).

De igual forma, las AR están diferenciadas por tipos según su origen y características que incluyan. Según el autor (Chipana, 2022) en su trabajo tesis, las aguas residuales están caracterizadas de la siguiente manera:

#### **Características fisicoquímicas.**

En el pasado, se definieron varios parámetros para evaluar la calidad del agua. Los Sólidos Totales (ST) incluían toda materia orgánica e inorgánica disuelta. Los Sólidos Suspendidos (SS) se referían a la materia que caía debido a la gravedad. El color del agua variaba, generalmente entre gris y gris oscuro, lo que influía en su apariencia. El olor se caracterizaba por ser desagradable, permitiendo identificar ciertos gases y compuestos presentes. El Oxígeno Disuelto (OD) representaba la cantidad de oxígeno disuelta en el agua, esencial para la carga de materia orgánica y la actividad microbiana. El Potencial de Hidrógeno (pH) indicaba

el grado de acidez o alcalinidad. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) medía el oxígeno requerido para oxidar y transformar químicamente la materia en el agua. Finalmente, las grasas y aceites formaban capas en la superficie, obstaculizando el paso del oxígeno y afectando la apariencia del agua.

### **Características Biológicas.**

Las AR contienen desde microorganismos hasta peces, lo cual indica una amplia constitución biológica dependiendo del origen y proceso con el tiempo, medio y circunstancia, unos indicios presentes más comunes del AR son los Coliformes Termotolerantes, estos se desarrollan a T° de 44.5°C, fermentan los compuestos presentes en el agua, principalmente la lactosa y están conformados principalmente por *Escherichia coli*. (Ministerio de la Producción, 2020)

Otros ejemplos de gran variación son los huevos de nematodos intestinales, parásitos que provocan enfermedades e infecciones en ambientes altamente contaminados. Según Huamán (2022), en su tesis, las aguas residuales se clasificaban según su origen:

### **Aguas Residuales Industriales.**

Olivera, H. (2022) menciona a Zambrano, quién afirmó que las aguas residuales de origen industrial, son resultado de diferentes actividades y procesos que se llevan a cabo en las industrias. El agua es fundamental para cada tipo de industria y estas pasan a transformarse en aguas residuales de grandes cantidades y proporciones. su participación es en el proceso, de limpieza, de refrigeración, calefacción, entre otros. Por otra parte (MICRONICS, 2023) indica que toda agua que se haya utilizado en la fabricación de un sin fines de productos para su comercialización, una vez o varias veces repetidas, son denominadas residuales, que deberían pasar por un tratamiento antes de verterlas.

### **Aguas residuales agrícolas**

Son aquellas aguas que se generan en las actividades agrícolas provocadas en su mayoría por el ser humano al usar pesticidas, plaguicidas entre otros tipos de fertilizantes, estos pasan por medio de la infiltración a posibles aguas subterráneas. La agricultura es otra causa importante de AR por que contienen nutrientes importantes, muchos de estos son tóxicos y elevan la contaminación del agua.

### **Aguas residuales domésticas.**

Proviene de cada hogar y de los servicios que surgen del trabajo y las actividades domésticas, así como del metabolismo humano y estas descargas a los cuerpos de agua (Zarza, 2017).

### **Aguas residuales municipales.**

Se trata de aguas residuales generadas por escuelas, hogares, comercios e industrias que fueron usadas en duchas, lavabos, inodoros, etc. Esta agua debe pasar primero por una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), la cual está a cargo del gobierno de la ciudad o una empresa privada responsable de su mantenimiento. (Clean TeQ Water, 2020)

### **3.2.6. Tratamiento de Aguas**

Es aplicar los conocimientos y la tecnología para solucionar el problema del agua y mejorar la calidad de este recurso con el propósito de consumir, servir y disponer nuevamente a su transcurso original por el cual se rige la existencia. (Guevara, 2024)

El tratamiento del agua se introduce según sea necesario para ser corregido, en casos del tratamiento para algunos parámetros específicos y otros parámetros con una cualidad más compleja, acorde a ello se puede encontrar diferentes procedimientos.

### **Importancia del Tratamiento del Agua.**

Este líquido es muy valioso como recurso natural, de manera que el tratamiento que requiere tiene mucha importancia porque ayuda a reducir todos los compuestos y materia residual que contiene, que por su parte podrían incrementar y contaminar otros recursos utilizados por los humanos y otros organismos vivos para sobrevivir. Por otra parte, Guevara (2024) menciona:

El tratamiento de aguas también es útil para garantizar que el agua se reintroduzca en el ciclo de la naturaleza. Uno de los usos finales de este proceso es devolver el agua de forma segura a fuentes medioambientales como ríos, lagos y océanos. Por supuesto, las instalaciones de tratamiento de agua deben asegurarse de que el agua está libre de sustancias nocivas antes de hacerlo para evitar la contaminación y otros problemas desastrosos para el medio ambiente. (pág. 2)

### **Tipos de Tratamientos del Agua**

Se presentaron diversas formas de tratar el agua, así como normativas que establecían requisitos de calidad. El tratamiento del agua se podía realizar de tres maneras principales. La información provino de la Escuela de Postgrado de España, que detalló los métodos y estándares aplicables en este ámbito:

#### **Tratamiento Físico.**

Trata de aplicar métodos físicos de separación de sólidos, en función a las propiedades del contaminante, viscosidad, tamaño de partículas, flotabilidad, temperatura, etc.

#### **Tratamiento Químico.**

Se basa en procedimientos dependientes de las propiedades químicas del contaminante. Con un estudio del compuesto se identifica y plantea tratamientos

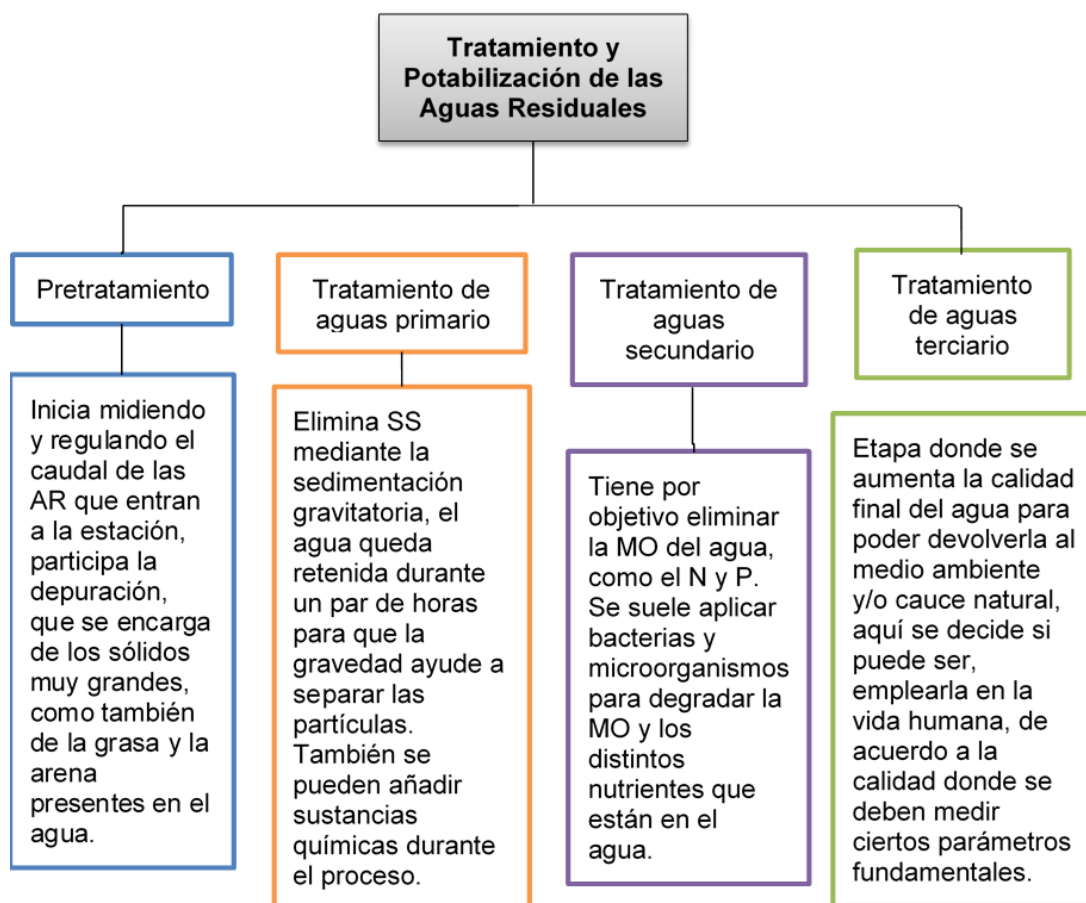
para lograr eliminar el hierro y oxígeno, por ejemplo, se da también en la coagulación, oxidación, intercambio de iones, entre otros.

### Tratamiento Biológico.

Implica el uso de métodos biológicos en los que participan microorganismos para eliminar ciertos contaminantes que transforman diversas materias presentes en el agua a través del metabolismo. (Escuela de Post Grado Industrial, 2022)

### Figura 5

*Esquema de tratamiento de AR*



### 3.2.7. Parámetros Físicoquímicos

Son factores o variables que se pueden medir a través de equipos con sensores que tienen diferentes funciones para cada parámetro específico. Al tomar

muestras de agua con la ayuda del equipo multiparámetro, es posible determinar las características fisicoquímicas del agua en el lugar. Existen una gran variedad de parámetros que deben ser medidos para poder estudiar el propósito. (Universidad de Oviedo, 2024)

Los p. fisicoquímicos son de gran importancia para determinar la calidad del agua, ya que muestra sus propiedades que ayudan a clasificarlos para diferentes usos, algunos de los parámetros son percibidos y dependiendo del estado, pueden afectar la calidad del recurso por parte de las personas, otros demuestran la existencia de agentes contaminantes, por ende, la importancia de poder realizar las muestras y sus correctas mediciones. (Tejeda et al, 2012, como se citó en Chavarria et al, 2024)

### **Potencial de Hidrógeno (pH)**

El grado de basicidad y acidez de una solución o sustancia se medía utilizando una escala de 0 a 14, donde 7 representaba un pH neutro, indicando que la sustancia no era ni ácida ni alcalina. El pH se podía medir con cintas pH o con un equipo especializado en pH. (Instituto Nacional del Cancer , 2023)

### **Turbiedad.**

Aquel indicador expone el nivel de transparencia del líquido, sea cual sea, y es uno de los indicadores más importantes a la hora de analizar la calidad del agua, lo que ocasiona la turbiedad son los sólidos que se encuentran en suspensión, que de acuerdo a su cantidad brinda un color que representa el grado de turbidez del agua. La unidad de medida para la turbiedad es en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) y el equipo para poder medir este parámetro es el turbidímetro. (HANNA Instruments, 2024)

### **Sólidos Disueltos Totales (SDT)**

Singler & Bauder (2012) menciona que es uno de los parámetros de medida del agua, materia menor de  $2\mu\text{m}$  (micrones), compuesta por metales, sales y minerales presentes como indicadores de la calidad del agua, la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los EU) considera este parámetro fisicoquímico como un contaminante secundario y que no debe ser excedido de los 500 mg/l para aguas de consumo. Los SDT los identificamos en mg/l como también en otras escalas de medición, caracterizan el agua de apariencia turbia y reduce el sabor, dentro del organismo este puede causar irritaciones gastrointestinales, la presencia de los SDT puede interferir con la conductividad del agua, la corrosión, deteriorar los equipos de medición y tratamiento. Los SDT pueden ser tratados a través de la ósmosis reversa como también mediante la destilación del agua. Los SDT se miden con tiras reactivas o con un equipo electrónico de conductividad la mayor parte de producto y subproductos de cualquier origen químico son los principales responsables de elevar los valores de SDT, por ello es inevitable la concentración de estos sólidos durante el tiempo. (Lowry, 2016)

### **Color**

Es un parámetro organoléptico que indica la calidad del agua, enlazada a las partículas coloidales en suspensión y toda materia disuelta que contiene le da dicha característica. Se mide en Unidad de Color Verdadero (UCV) como también se mide en otras unidades, para observar toda materia orgánica, es importante la medición, considerándolos como un factor de riesgo porque suelen variar en distintos colores conforme al tipo de materia o microorganismos presentes. (Barrantes, 2022)

Toda materia y/o metales como el Cu, Fe, Mn entre otros como también materias orgánicas derivadas de las funciones del suelo y microorganismos

presentes, son responsables del color del agua. La escala de medición para este parámetro se da en Platino Cobalto (Pt/Co), 15 mg/Pt/Co es referencia como valor máximo para el color de un agua de consumo y la medición generalmente se da con el Espectrofotómetro. (Barrantes, 2022)

### **Conductividad.**

La conductividad es la capacidad de toda materia que le permite trasladar carga eléctrica, por lo tanto, podríamos decir también que es un medio de transportar energía eléctrica cuya unidad de medida es en Siemens/m (StudySmarter, 2023).

La conductividad al ser medida como un parámetro facilita conocer la mineralización del agua que podría influenciar en el sabor negativamente transformándolas en aguas corrosivas o aguas duras, que perjudiquen instalaciones o infraestructuras (Higiene Ambiental , 2023).

Para poder medir la conductividad existen equipos llamados conductímetros que mediante sus constantes proporcionan valores inmediatos al convertir la corriente estipulada.

### **Aceites y grasas**

Un parámetro del agua residual provenía de los hogares y otros servicios alimentarios, así como de diversas industrias y actividades. Según la definición de Mettler Toledo, el aceite y la grasa eran materiales lipídicos que, aunque solubles en disolventes orgánicos, eran insolubles en agua. Aunque los aceites y las grasas eran químicamente similares, ya que ambos estaban compuestos por triglicéridos, la diferencia radicaba en su estado a temperatura ambiente: las grasas eran sólidas, mientras que los aceites permanecían en estado líquido (METTLER TOLEDO, 2023)



n el pasado, se utilizaban tres métodos de medición: absorción infrarroja, análisis gravimétrico y cromatografía de gases.

### **3.2.8. Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Agua**

Es una herramienta que mide el estado de la calidad del agua en el medio ambiente debido al deterioro que produce las diversas actividades del hombre en un territorio. Se basa en medir los parámetros del agua en las condiciones del cuerpo receptor, no son exigidos legalmente ya que son utilizados para poder insertar, aplicar y regular políticas y estándares públicas donde establecen niveles aceptables de calidad de emisiones realizadas por la sociedad. La aplicación de este estándar de calidad ambiental se mide directamente en las fuentes y/o medios receptores (Instituto de la Calidad Ambiental, 2023).

El Sistema Nacional de Información Ambiental, indica que es la norma que establece el nivel de concentración de ciertas sustancias o elementos en el agua cuya finalidad es servir de guía o referencia para ajustar y respetar las cantidades de parámetros establecidos que no representen riesgos significativos (SINIA, 2017).

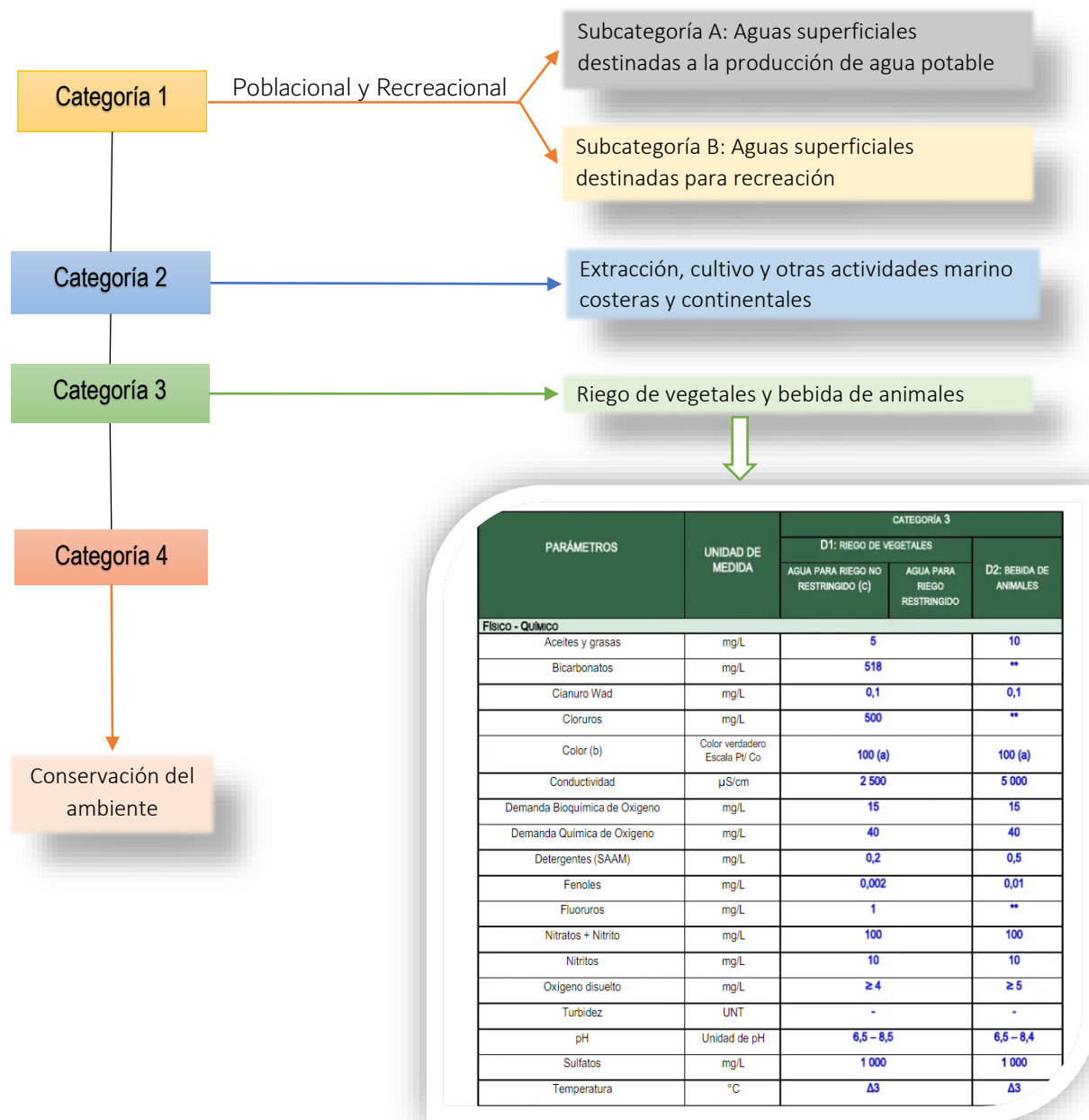
#### **ECA actual en Perú**

Las actualizaciones recientes fueron en el 2017 con el DS.N°004-2017, MINAM que indica el correcto procedimiento para el cumplimiento y su desarrollo (Instituto de la Calidad Ambiental, 2023). Cuenta con cuatro categorías que a su vez contienen subcategorías.

En la siguiente figura se podrá observar un esquema del ECA para una mayor referencia e identificar mejor la categoría 1 y 3 con la que se trabajó la presente investigación.

**Figura 6**

*Esquema de categorización de los ECAs para agua*



*Fuente:* Elaboración propia a base de los ECAs.

### 3.2.9. Test de Jarras

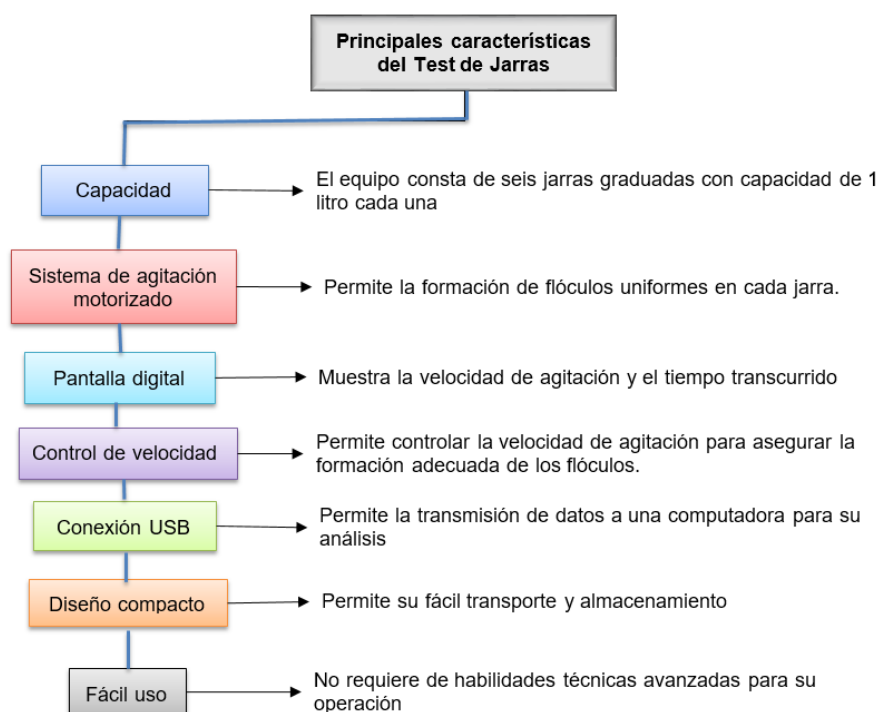
También conocido como ensayo o prueba de jarras, es aquel equipo que se emplea para la simular la purificación del agua o sus tratamientos, de igual forma determina la capacidad de floculación de algunas sustancias con las que se trabaja.

Este equipo es vital para las plantas de tratamientos y en especial en los laboratorios de análisis de agua. (QUIMICOMPANY, 2024)

Se utiliza para evaluar procesos de coagulación y floculación en el laboratorio, son conformados por un grupo de jarras graduadas con capacidad de 1l usualmente, que integra un sistema motorizado para poder realizar las revoluciones requeridas (agitación rápida y lenta) para la formación de los flóculos.

## Figura 7

### Características de un Test de Jarras



Un factor importante en el test de jarras es:

**La velocidad de Agitación:** Ya que la agitación favorece la reacción, es el movimiento provocado a los líquidos o gases para conseguir una mezcla a una solución o resultado deseado, dentro de un tiempo determinado (Studocu, 2023).

### 3.3. Definición de términos

**Bioacumulación:** La bioacumulación es la concentración de algún tipo de contaminante o materia en general, dentro de un organismo viviente. Esta

acumulación crece a medida que se concentran las sustancias o materia que se pasa dentro de la cadena alimenticia (QUIMICA.ES , 2023).

**Biomagnificación:** Procede de la bioacumulación en los organismos o medio receptor, que conlleva el incremento constante de contaminantes inorgánicos, que continuará de acuerdo se lleve el ciclo alimenticio proliferando así dicha acumulación (Rodríguez, 2019).

**Afluente:** “Arroyo o río secundario que desemboca o desagua en otro principal” (Real Academia Española, 2023).

**Efluente:** “Son ríos cuya agua procede o deriva de la corriente principal” (Marquez, 2021, pág. 2).

**Fuentes de agua:** Todo recurso hídrico de origen como ríos, lagos, manantiales, presas y aguas del subsuelo que abastecen a un territorio (EPA, 2024).

**Contaminación:** Es aquella presencia de sustancias físicas, químicas y biológicas nocivas en un ambiente artificial o natural, causando daños al ser vivo y a su entorno (Huelva, 2018).

**Sistema de desagüe:** Son descargas a fuentes de agua natural, como quebradas o ríos impactando gravemente a los ecosistemas, deteriorando así la calidad del suelo, a causa de diferentes elementos que lo componen. Estos sistemas de desagüe en tiempos de avenidas por las intensas lluvias suelen colapsar produciendo daños físicos a las edificaciones y/o construcciones cercanas al sistema, contaminación e incluso inundaciones si no son adecuadamente gestionadas y tratadas. (Bonilla & Sanchez, 2017)

**Calidad:** Son aquellos atributos que ayudan a proporcionar información sobre su estado actual también permiten su valoración y caracterización

(Huarancca, 2023, pág. 37).

**Agua:** El agua es un compuesto formado por una molécula de hidrógeno y dos moléculas de oxígeno en su estructura.

**Ácido galacturónico:** Se trata de un monosacárido que representa la versión oxidada de la D-galactosa y constituye el componente principal de las pectinas, aunque también se encuentra el ácido poligalacturónico (QUIMICA.ES , 2023).

**Alcaloides:** Son componentes orgánicos nitrogenados de naturaleza alcalina, están derivados principalmente de plantas, también poseen una estructura compleja y despliegan una variedad de efectos farmacológicos en cantidades reducidas (Infomed Instituciones, 2023).

**Mucílago:** Es aquel líquido espeso con diferentes grados de transparencia, este se encuentra en ciertas partes específicas de las plantas, se puede simular mezclando un material pegajoso en agua (Real Academia Española, 2023)

**Sedimentación:** La sedimentación es el fenómeno donde las partículas sólidas transportadas por un cuerpo de agua llegan a encontrarse en la parte inferior debido a su peso, esto también ocurre en una infraestructura enfocada a este proceso (QUIMICA.ES , 2023).

**SPSS:** Software cuya sigla significa Producto de Estadística y Solución de Servicio, usado para fases estadísticas avanzadas con innumerables pruebas y técnicas aplicados en los mercados, investigaciones, y otros, ya que gestiona una amplia información de datos. (IBM , 2024)

**Efectividad:** Es la relación entre las especies de coagulantes que tendrá un resultado óptimo en reducir algunos parámetros en un corto tiempo, equilibrando los recursos cumpliendo el objetivo (Mira, 2024).

**Dosis del coagulante:** Es un proceso complejo con la finalidad de medir la cantidad correcta a través de ensayos que permiten observar resultados de conveniencia ya que sus excedentes alteran la calidad perjudicando la salud como lo establece la OMS. Huaman et al (2020)

## **IV. Metodología**

### **4.1. Tipo y nivel de investigación**

#### **4.1.1. Método.**

El método es hipotético deductivo por la manipulación de las variables, en un laboratorio con el uso de equipos e instrumentos, y un enfoque cuantitativo que siempre van dirigidas a estimar magnitudes o cantidades, que por lo general busca probar hipótesis y teoría (Hernandez & Mendoza, 2018), por la generación de datos numéricos que representaran la efectividad de las tres especies frente al sulfato de Al.

#### **4.1.2. Tipo de investigación.**

La investigación es aplicada ya que se basa en los estudios cuyo propósito es solucionar problemas o buscar nuevos conocimientos prácticos y manipulables a los cuales combaten una sociedad, haciendo uso de los conocimientos existentes para ponerlos a disposición ante un problema real, mediante la aplicación de una tecnología basada en el conocimiento científico. (Stewart, 2024)

Debido a que busca determinar la efectividad de las plantas, como indica el tipo de investigación aplicada, se recopiló información ya estudiada anteriormente en el campo de coagulantes naturales con las cuales se pone en reto aperturar nuevos conocimientos con nuevas especies (que se insertan para este tipo de

estudios) para comprobar su efectividad y así aportar información útil en el tratamiento de aguas.

#### **4.1.3. Nivel o alcance de investigación.**

El nivel busca la comprensión de los hechos y/o fenómenos explicando la causa del mismo por lo tanto son deductivas ya que se basan en una teoría que dé a entender el porqué del fenómeno estudiado, una relación de causa y efecto es lo que son los estudios explicativos. (Romero & Kosett, 2022)

Esta investigación explicativa busca evaluar la efectividad que tiene las especies de plantas como coagulantes naturales frente a un coagulante inorgánico como el sulfato de Al, ver el fenómeno que explique lo sucedido al interaccionar con las aguas de muestra del río Yanamayo.

#### **4.1.4. Diseño de investigación.**

El diseño fue experimental puro ya que explora nuevos estudios y procesos cuyo propósito es generar conocimientos desconocidos y resultados que tengan impacto en el método científico logrando innovadores conceptos y teorías (Ridge, 2024). En esta investigación experimental se manipuló las variables dependientes e independientes para observar la efectividad de las tres especies frente al sulfato de Al en las muestras de agua del río Yanamayo.

### **4.2. Ámbito temporal y espacial**

#### **Temporal.**

El trabajo de investigación tuvo como inicio en el mes de octubre del 2023 hasta junio del año 2024, que comprende desde la elaboración del proyecto hasta el informe final.

#### **Espacial.**



La investigación en la fase experimental se realizó en las instalaciones del laboratorio de una Planta de Tratamiento de Agua, del distrito Mantaro Provincia de la Convención de la Región Cusco a 518 m.s.n.m en las coordenadas 12°19'23.65'' S y 73°56'19.77'' O, debido a la falta de equipos necesarios para el estudio.

### **Social.**

La investigación estudia sobre la comparación entre especies naturales de plantas usadas como coagulantes frente a la capacidad del sulfato de aluminio, para remover parámetros fisicoquímicos en el tratamiento de agua, con el cual se pretendió optar por un método de recurso accesible y amigable con el medio ambiente, que sume a las investigaciones con el fin de conseguir un insumo orgánico e inocuo para la salud del hombre, de igual manera aportara datos sobre el estado del río Yanamayo el cual se desconoce y consecuentemente a través del trayecto de este recurso existen poblaciones que utilizan el agua para actividades de agricultura y crianza de animales.

#### **4.3. Población, muestra y muestreo.**

##### **Población.**

La población objeto de investigación es el Río Yanamayo, que está ubicada en distrito de Poroy, este río fue designado como un sistema de desagüe ya que es receptora de diferentes afluentes con aguas residuales que contaminan este recurso hídrico.

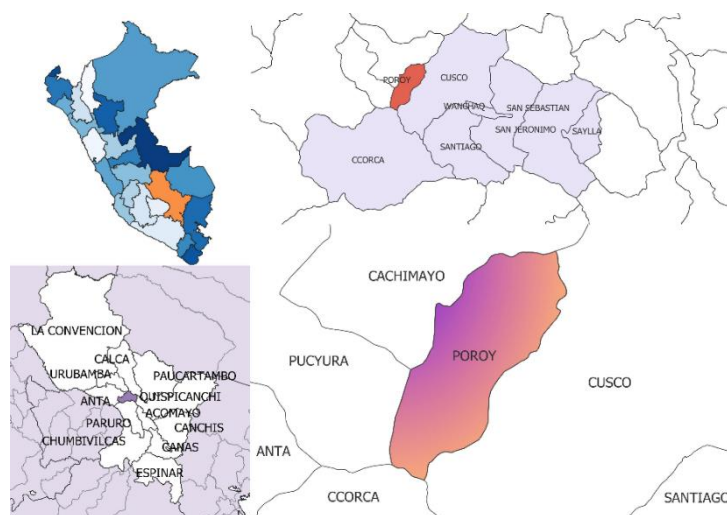
##### **Muestra.**

Las muestras fueron aguas de este río, del cual se tomaron cantidades de 1L en un frasco de polietileno (PET) para ser analizadas en un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), seguidamente se colectaron 20 L para realizar la experimentación, extraídas de la zona que tuvo la mayor concentración

de contaminantes y almacenados en adecuados recipientes, basados en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, establecido por la Autoridad Nacional del Agua RJ N°010-2016-ANA. SINIA (2016)

### Figura 8

*Ubicación del distrito Poroy-Zona de estudio*



*Fuente:* Elaboración propia con el Google Earth.

### Figura 9

*Ubicación del punto de toma de muestra*



*Fuente:* Elaboración propia con el Google Earth.

### **Muestreo.**

Siendo una muestra simple, no probabilística basados de acuerdo al Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales establecido por la Autoridad Nacional del Agua RJN°010-2016-ANA. SINIA (2016), ya que contiene las mismas características del cuerpo original, esta toma de muestra representa toda la población y fue recolectada de un punto específico de acuerdo al criterio de los investigadores.

### **Figura 10**

*Toma de muestreo simple del río Yanamayo*



#### **4.4. Instrumentos.**

- Ficha de registro de datos
- Cadena de custodia de la muestra de AR
- Plan de ejecución para la toma de muestra

#### **Materiales de trabajo.**

En la siguiente figura se detalla todo lo necesario a utilizar para la investigación.

**Figura 11**

*Gráfico de materiales y equipos que se utilizó*



### Técnicas.

- Observación
- Análisis de información
- Muestreo (de acuerdo al Protocolo de muestreo)
- Análisis de resultados

### 4.5. Procedimientos

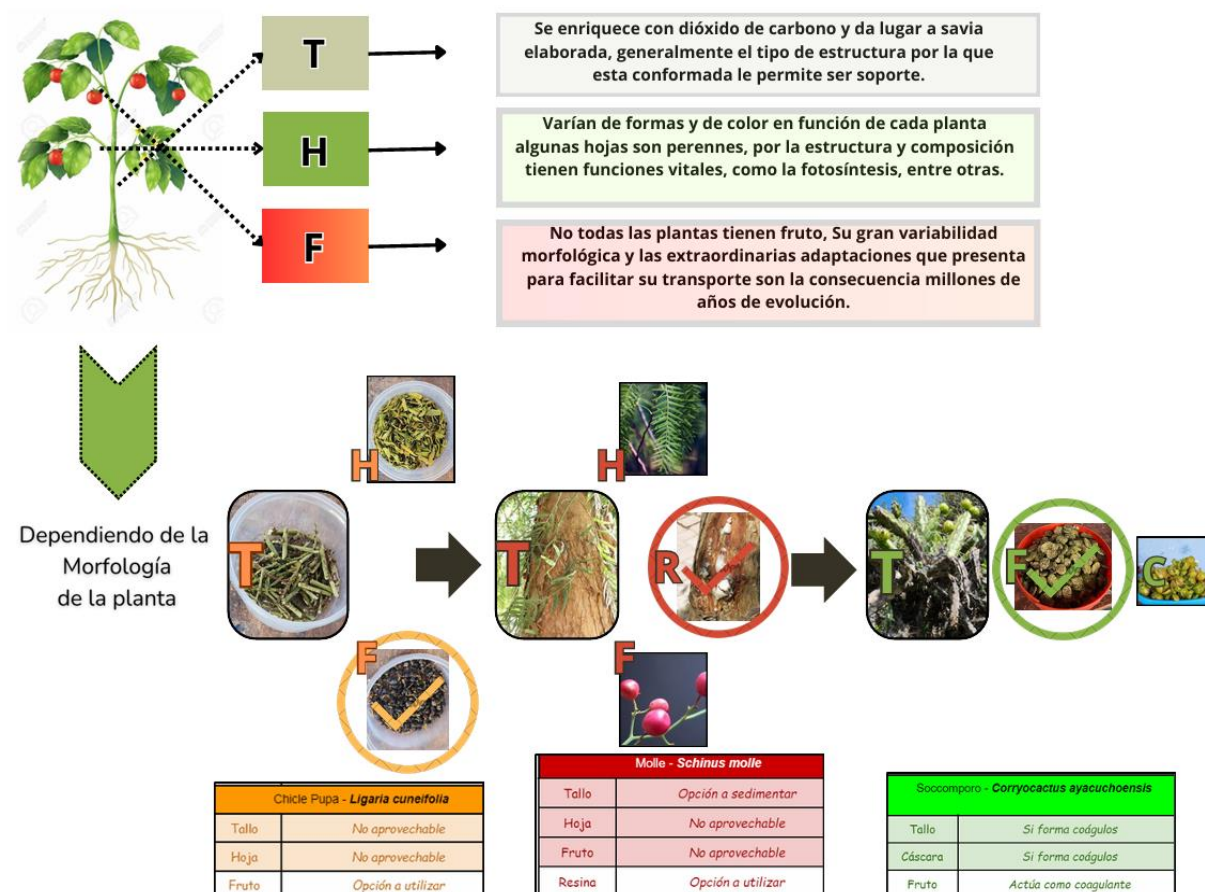
#### 4.5.1. Proceso de obtención de los coagulantes naturales.

Para poder definir la parte que se utilizará en la fase experimental se realizó una pre experimentación casera, del cual se siguió un criterio analítico de las plantas dividiéndolas en; tallo, hoja y fruto. Con el propósito de observar el desempeño como coagulante natural de cada componente dividido de las especies, para finalmente utilizarlas de acuerdo a una metodología establecida con

adecuados procesos, utilizando materiales y equipos de laboratorio para este tipo de estudios en tratamientos de aguas con plantas naturales.

**Figura 12**

*Diagrama de selección*



### **Soccomporo (*Corryocactus ayacuchoensis* R.).**

Para este caso se basó en la metodología del trabajo de Pastrana et al. (2023) que consiste en las recolección, secado, molienda, tamizado y almacenamiento, se colectó 7 kilos del fruto de Soccomporo del cual se le desprendieron las espinas con cuidado para poder quitarle la cáscara y así poder cortar la fruta en rodajas para acelerar el secado a temperatura ambiente durante 8 semanas, cuidando siempre las variaciones del clima. Una vez secas se pasó a la molienda artesanal hasta conseguir un tamaño muy reducido (característica de

harina), con un peso de 500 gramos, finalmente se almacenaron en bolsas de Polietileno con cierre hermetico para poder aislarla de toda humedad posible.

### Figura 13

Diagrama de flujo para la obtención del coagulante Soccomporo

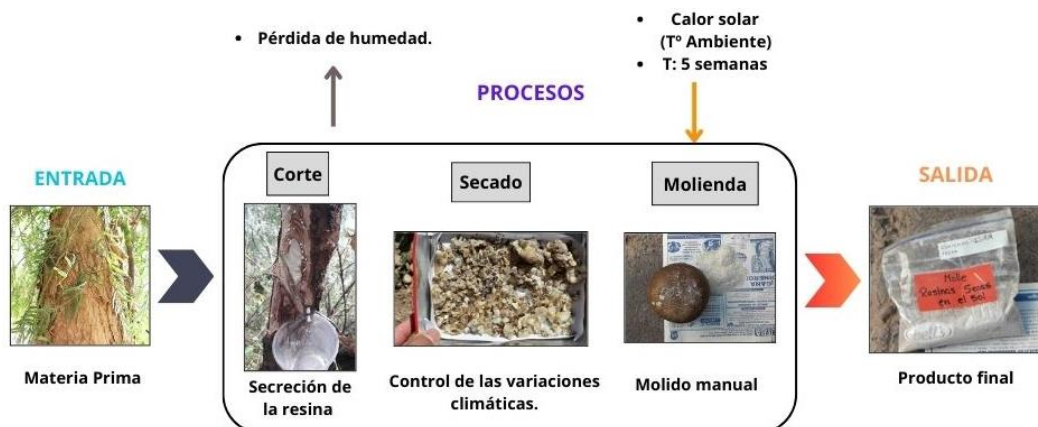


### Molle (*Schinus molle* L.).

Para este coagulante natural el procedimiento fue de igual manera que el Soccomporo, la materia con la que se trabajó fue con la resina del Molle, para lograr conseguirlo se realizaron inserciones a la corteza del tronco del árbol, logrando conseguir una cantidad inicial de 350 gramos, que pasaron a secar a temperatura ambiente durante 5 semanas brindándole un color característico "amarillento", que a través del proceso de molido se consiguió un producto de 290 gramos (característica harina) de color blanco, que se almacenó en bolsa de Polietileno con cierre hermético.

**Figura 14**

Diagrama de flujo para el coagulante Molle



### Chicle Pupa (*Ligaria cuneifolia* R.)

Con esta especie se continuó la misma metodología, colectando 300 gramos del fruto, el cual contiene la parte chiclosa (pegajosa) de color blanco, que se puso a secar a T° ambiente durante 5 semanas, luego se trituró para exponerlo nuevamente al sol durante 4 semanas más, esto debido a la propiedad de la especie (forma una capa elástica de composición compleja) que evita la pérdida de agua en su estructura. Se obtuvo una masa densa de color marrón con un peso final de 220 gramos el cual fue almacenada en otra bolsa de Polietileno con cierre hermético, considerando una aplicación distinta para usarla.

**Figura 15**

Diagrama de flujo para el coagulante Chicle pupa

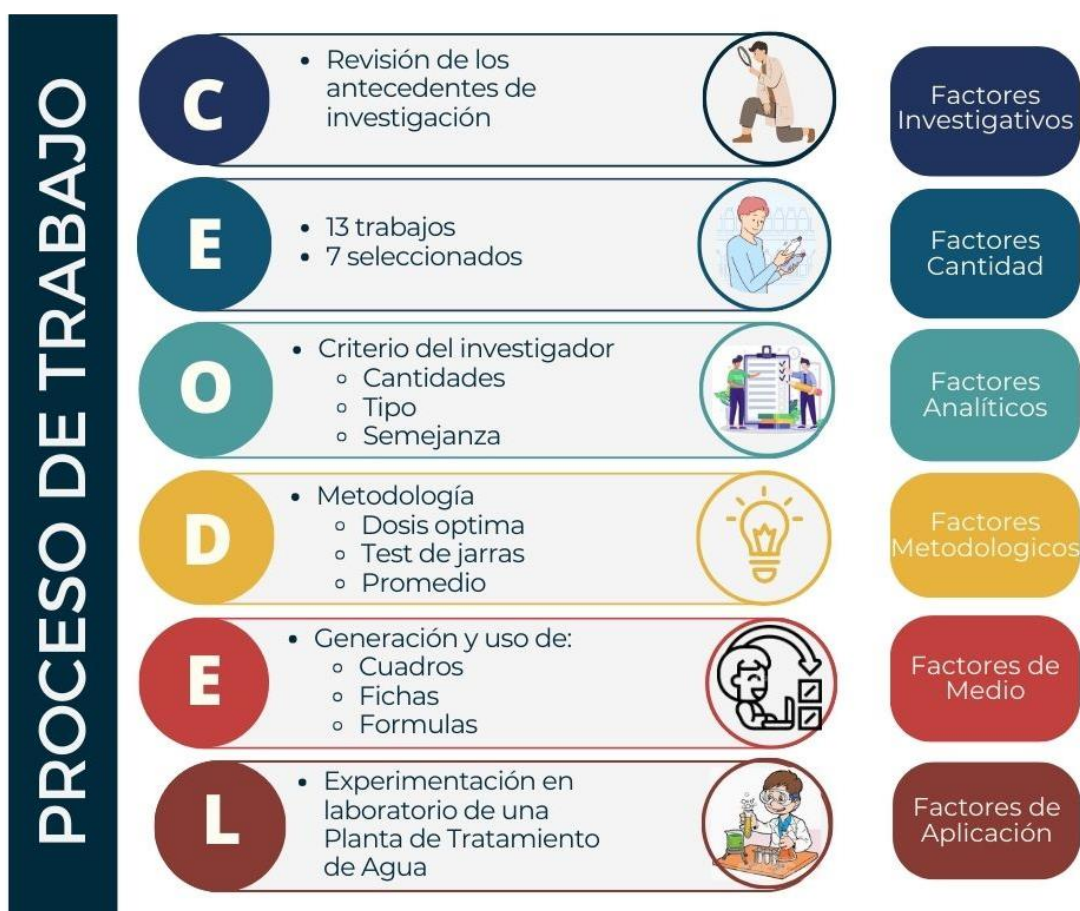


#### 4.5.2. Proceso de dosificación para los coagulantes naturales

Para poder elaborar una metodología al cual guiarse, se tiene que organizar la información para poder trabajar adecuadamente, aquí mostramos la secuencia de procedimientos que se continuo para poder plasmar nuestra estructura para la aplicación de los coagulantes naturales, denominándola CEODEL (Contenido, Escoger y/o elección, Organizar para Desarrollar y Ejecutar o Elaborar dentro de un Laboratorio).

**Figura 16**

*Estructura para determinar la aplicación de los coagulantes naturales*



#### 4.5.3. Gráfico de trabajo para determinar el tiempo, dosis y velocidad de agitación.

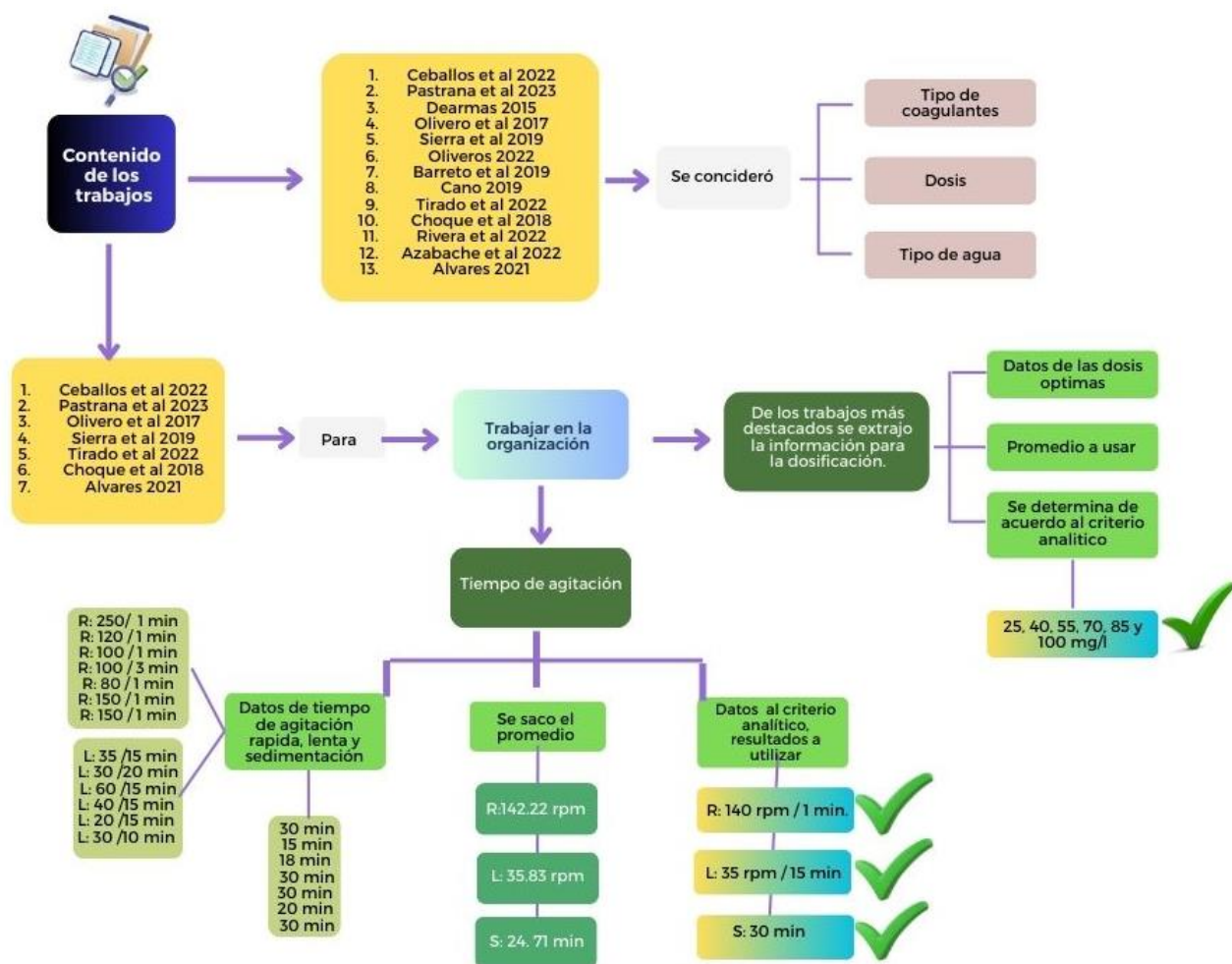
Para lograr conseguir un respaldo en lo metodológico respecto al uso del



test de jarras, la dosificación y el tiempo de sedimentación se realizó una revisión y en base a los datos obtenidos se manipuló la información de acuerdo al proceso de trabajo como mencionamos en el CEODEL, el orden fue el siguiente como se muestra en la figura.

**Figura 17**

*Gráfico que determina la dosis, test de jarras y tiempo de sedimentación*



#### 4.5.4. Dosificación y velocidad de agitación.

De acuerdo a una revisión de los trabajos que nos anteceden en la preparación del soluto que serían los coagulantes, la cantidad que se agrega va en la siguiente relación; a menor cantidad, el porcentaje de concentración, es más, mientras menor sea la cantidad, el porcentaje de concentración será menos. De la

misma forma influye la cantidad del solvente para que se cumpla la misma relación de acuerdo a la cantidad de porcentaje de concentración.

**Tabla 1**

*Dosificación y uso del test de jarras*

<b>N° jarras</b>	<b>Molle mg/l</b>	<b>Chicle mg/l</b>	<b>Soccomp. mg/l</b>	<b>Comb.</b>	<b>Sulfato de Al</b>	<b>Velocidad de agitación</b>		
0	0	0	0	0	De acuerdo a la dosis óptima para comparar Comparar con una dosis comercial	Rápido	Lento	Tiempo
1	25	25	25	25		140 Rpm/min	35 Rpm/min	30 min
2	40	40	40	40				
3	55	55	55	55				
4	70	70	70	70				
5	85	85	85	85				
6	100	100	100	100				

Esta tabla representa las dosificaciones que se determinaron para los coagulantes naturales y la combinación de las tres especies, el sulfato de aluminio será utilizado de acuerdo a la dosis adecuada de cada coagulante y una dosis comercial del coagulante inorgánico para poder comparar la efectividad.

#### **4.5.5. Concentración de la dosificación.**

Tomando de referencia tres trabajos de investigación se logró determinar la concentración que tienen las dosis establecidas para cada coagulante.

- ✓ Sierra et al. (2019) a una concentración de 1%.
- ✓ Barreto et al. (2019) a una concentración de 2%.
- ✓ (Alvarez & Ccahua, 2021) a una concentración de 5%.

Promedio = 2.67

El promedio nos ayudó a tomar este valor sin redondear el resultado, por lo tanto, se decidió que el presente trabajo será a concentración del 2% el cual es un dato representativo en referencia de las investigaciones de los antecedentes.

Figura 18

Procesos para determinar la concentración de las dosificaciones

## Procesos y Pasos



Antes de acudir al laboratorio, es importante elaborar la dosificación y determinar a que tipo de concentración estará, para el trabajo se diseñó esta metodología y se le aplicó tanto para el coagulante a base de Molle, Chicle y Soccomporo, de la misma manera para una muestra testigo y el sulfato de Al. Trabajo elaborado tomando de referencia los antecedentes de investigación.



### 4.5.6. Aplicación de los tres coagulantes naturales y su combinación, en los parámetros fisicoquímicos.

La preparación se inició con el coagulante a base de Molle, de los 290 g, se extrajo 10 g para poder tamizarlo y agregarlo a 500 ml de agua destilada, siendo esta la solución madre del cual se pasó a dosificar. Mismo procedimiento para el Chicle, Soccomporo y la combinación.

**Tabla 2***Preparación para el test de jarras*

Coagulantes: Molle, Chicle, Soccomporo y la combinación						
N° Jarras	Dosis en mg / L	2 % de concentración	Parámetros Físicoquímicos	Preparación al 2%		
Testigo	0		pH	Coagulante	Agua destilada	
1	25		Color			
2	40		Turbiedad			
3	55					
4	70				10 g	500 ml
5	85					
6	100	SDT				

Esta tabla representa la preparación y dosis que se aplicaran para los coagulantes naturales y la combinación de las tres especies de plantas.

#### 4.5.6.1. Criterio a considerar al momento de combinar los coagulantes naturales.

$+E$  a  $-E = R_c$  → Probabilidad de incluir el orden al momento de la preparación desde el mayor representante en efectividad del coagulante natural hasta el menor o menos efectivo, así obtener una buena  $R_c$  de las tres especies de plantas

Donde:

$+E$  = Mayor Efectividad

$-E$  = Menor Efectividad

$R_c$  = Representación de cada especie en la combinación

#### 4.5.7. Aplicación para el sulfato de aluminio de acuerdo a la dosis óptima.

**Tabla 3**

*Preparación del coagulante inorgánico para la comparación.*

Coagulante Inorgánico: Sulfato de Aluminio				
N° de jarras	Dosis Óptima de las plantas	Sulfato de Aluminio	2% de concentración	Parámetros Físicoquímicos
1	Molle	mg/l		pH
2	Chicle	mg/l		Color
3	Socomporo	mg/l		Turbiedad
4	Combinación	mg/l		SDT

Este cuadro muestra cómo se utilizará el sulfato de aluminio, para este caso está de acuerdo a las mejores dosis de cada coagulante natural, para poder comparar la efectividad en igualdad de condiciones.

#### 4.5.8. Aplicación para el Sulfato de aluminio de acuerdo a la dosis comercial.

**Tabla 4**

*Preparación del sulfato de aluminio de acuerdo a una dosis comercial.*

Dosis Comercial (mg/l)	Preparación	Velocidad de agitación			Parámetros
		Rápido	Lento	T. sed.	
30	0.20% de concentración	140 rpm/ min	35 rpm/ 15 min	30 minutos	pH Color Turbiedad SDT

Este cuadro muestra un dato comercial del sulfato de Al, para poder aplicarla sobre las muestras de AR a tratar y observar el comportamiento a igual velocidad de agitación que se usó para los coagulantes naturales.

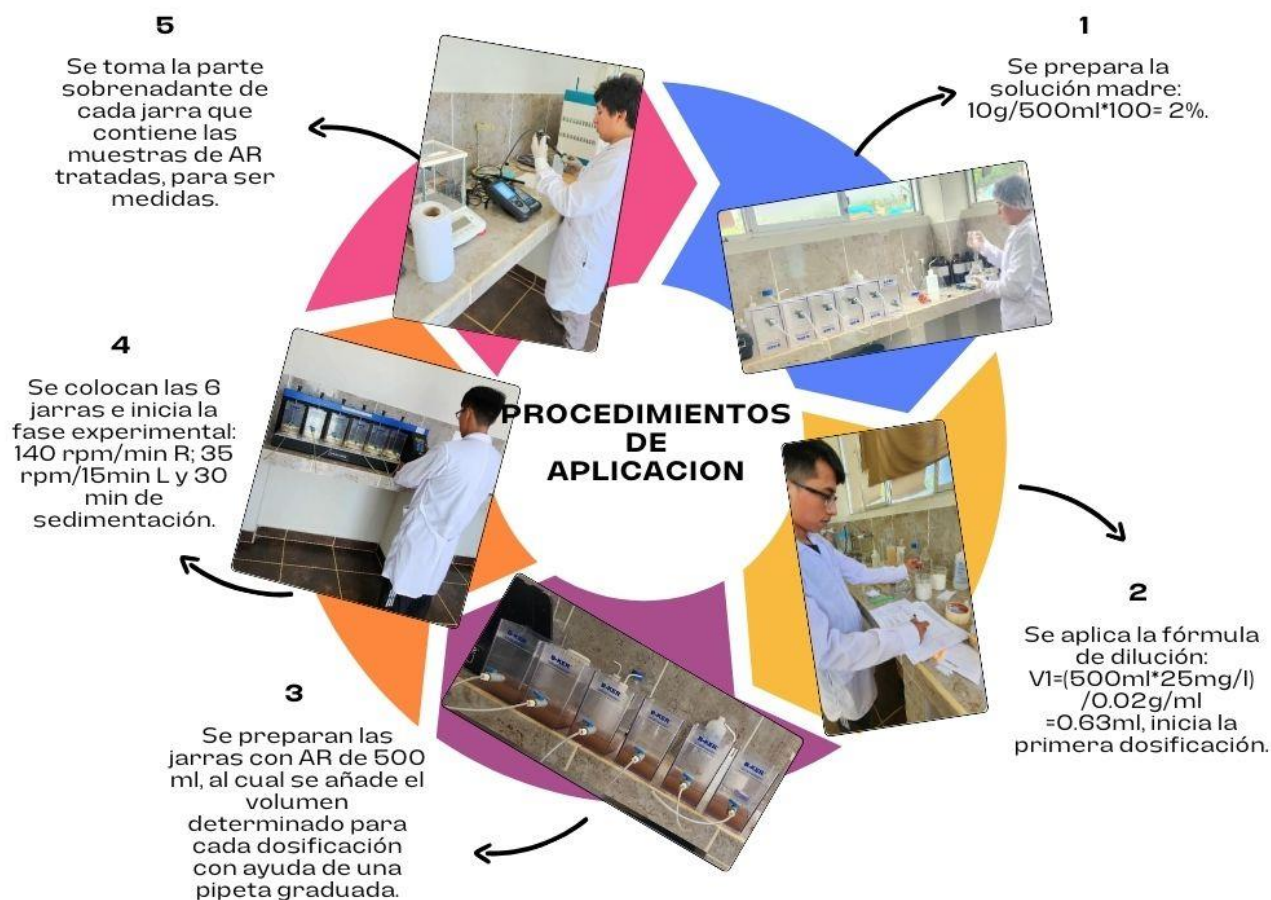
#### 4.5.9. Modo de aplicación para la fase experimental

La aplicación para la fase experimental es de la siguiente manera:

Una vez en laboratorio se preparó la solución madre a concentración del 2%, para ello se usó un matraz con 500ml de agua destilada y 10g del coagulante natural de cada especie para después agregar las medidas exactas a cada dosificación establecida. Cada muestra de AR a tratar fue de 500ml para las 6 jarras y una vez finalizada la programación del equipo (Test de jarras PHIPPS & BIRD) tomar cuidadosamente de la parte sobrenadante de las jarras la cantidad de agua necesaria para volver hacer la medida en los parámetros establecidos.

**Figura 19**

*Procedimiento de aplicación de los coagulantes naturales en la fase experimental*



#### **4.6. Análisis de datos.**

Se realizó la estadística descriptiva para los resultados obtenidos en la fase experimental, mediante el programa Microsoft Excel para una mejor interpretación visual mediante las tablas y figuras graficas de barras que se generó.

Para poder demostrar la influencia significativa de la aplicación de los coagulantes naturales sobre el AR nos apoyamos en la estadística inferencial por lo que se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, pues esta prueba trabaja mejor cuando la cantidad de datos son  $<50$ , para observar si los datos obtenidos tienen una distribución normal, para después aplicar la prueba T-Student de una sola muestra y observar el efecto significativo para los parámetros fisicoquímicos con el resultado de la ML, debido a que los datos de nuestra investigación son de un solo grupo y es la que se adecua, mediante el programa SPSS versión 30.0.0.

#### **4.7. Consideraciones éticas.**

El informe está elaborado respetando la credibilidad de los autores mencionados cuyas investigaciones sirvieron de referencia para este presente proyecto, utilizando las normas APA de forma correcta ya que es trabajo propio de los tesisas, la estricta revisión, análisis y esfuerzo van sujetas con honestidad en cada redacción de acuerdo a la objetividad del estudio y cuidado en la elaboración de tablas, figuras, diagramas entre otros. Para el trabajo experimental no se perjudicaron animales, plantas y menos a la población de la zona, en todo momento nos adaptamos a las indicaciones y correcta manipulación de instrumentos, materiales y equipos de acuerdo al protocolo para muestreo de aguas superficiales y el respaldo de especialistas en el tema, toda información que se originó está destinadas con fines netamente académicos que contribuirán a la generación de nuevos conocimientos y/o servirán de base para otro tipo de estudios a fines.

## V. Resultados y discusión

### 5.1. Resultados.

En la obtención de los datos e información relevante para alcanzar los objetivos se encontraron diferentes resultados, los cuales se describen a continuación por separado detalladamente.

#### 5.1.1. Concentración inicial en los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua del río Yanamayo.

**Tabla 5**

*Concentración inicial en los parámetros fisicoquímicos.*

<b>Parámetros Fisicoquímicos</b>	<b>Concentración inicial</b>
pH	7.77
Color (UVC)	950
Turbiedad (NTU)	361
SDT (mg/l)	458

Estos datos representan las concentraciones iniciales de estos parámetros fisicoquímicos antes de someterlas a experimentación, del cual también se tiene resultados que valida con mayor garantía la concentración inicial que fueron enviadas a un laboratorio acreditado por Instituto Nacional de Calidad (INACAL), cuyos valores difieren en pequeñas cantidades, los cuales servirán como referencia para determinar el efecto de los tratamientos.

#### 5.1.1. Resultados del análisis de la muestra de AR del río Yanamayo para su comparación con los ECAs para agua.

Los resultados del laboratorio acreditado por INACAL nos permitió guiarnos y asegurar que los equipos de medición utilizados en la experimentación estén en sus óptimas condiciones, por ello se elaboró la siguiente tabla con los datos que le corresponde.



**Tabla 6**

*Estándar de Calidad Ambiental para el Agua de los p. fisicoquímicos establecidos.*

<b>Parámetros</b>	<b>Categoría 1: Poblacional y recreacional</b>		<b>Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales</b>		<b>Valores iniciales del AR del río Yanamayo</b>	
	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>INICIAL</b>	<b>INACAL</b>
<b>pH</b>	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	7,77	7,80
<b>Color (UCV)</b>	100	**	100	100	950	950
<b>Turb. (NTU)</b>	100	**	-	-	361	370
<b>SDT (mg/l)</b>	1000	1500	-	-	458	482.9

La columna inicial representa los mismos datos de la tabla 6, la columna INACAL representa la muestra que se envió al laboratorio, el resultado del análisis se apreciara en los anexos.

El símbolo \*\* indica que el parámetro no aplica para esta sub categoría.

El símbolo – indica que no se considera un valor para esos parámetros.

#### **Análisis.**

La tabla 7 muestra la categoría y sub categorías con las que se referenciará los resultados obtenidos del AR del río Yanamayo para poder observar que; para Categoría 1 (C1) en la sub categoría A2 y A3 el pH muestra la escala entre 5,5 a 9,0, mientras que los datos de la muestra del agua indica estar dentro de la escala con 7,77 (medición de los investigadores en laboratorio) y 7,80 (resultado de laboratorio acreditado). Para la categoría 3 (C3) en la sub categoría D1 y D2, el pH muestra valores de 6,5 a 8,5 y 6,5 a 8,4, lo cual también demuestra que las muestras de AR están dentro de los ECAs para agua.

Para el color en la C1 de la sub categoría A2, permite valores de 100 UCV y para la C3 de la sub categoría D1 y D2 también establece el mismo valor de 100 UCV, mostrando que la muestra del AR excede el ECA para agua en estas categorías con 950 UCV. La turbiedad en la C1 de la sub categoría A2 el ECA da

un valor de 100 NTU que no debe ser excedida, mientras que para la C3 no considera un valor establecido para ese parámetro, por lo que la comparación sería con la primera categoría excediendo la muestra de AR con 361 y 370 NTU. Finalmente, para los sólidos disueltos totales en la C1 de la sub categoría A2 y A3 establece valores que no deben exceder de 1000 y 1500 mg/l y para la C3 dentro de las subcategorías no se consideran valores para este parámetro, por lo que se observa que las muestras de AR están dentro del ECA para agua de la C1 y C3 con 458 y 482,9 mg/l.

### 5.1.2. Soccomporo (*Corryocactus ayacuchoensis* R.)

Se evaluó la efectividad del Soccomporo en las dosificaciones establecidas para poder observar los mejores resultados entre las seis jarras y se obtuvo los siguientes valores de la tabla.

**Tabla 7**

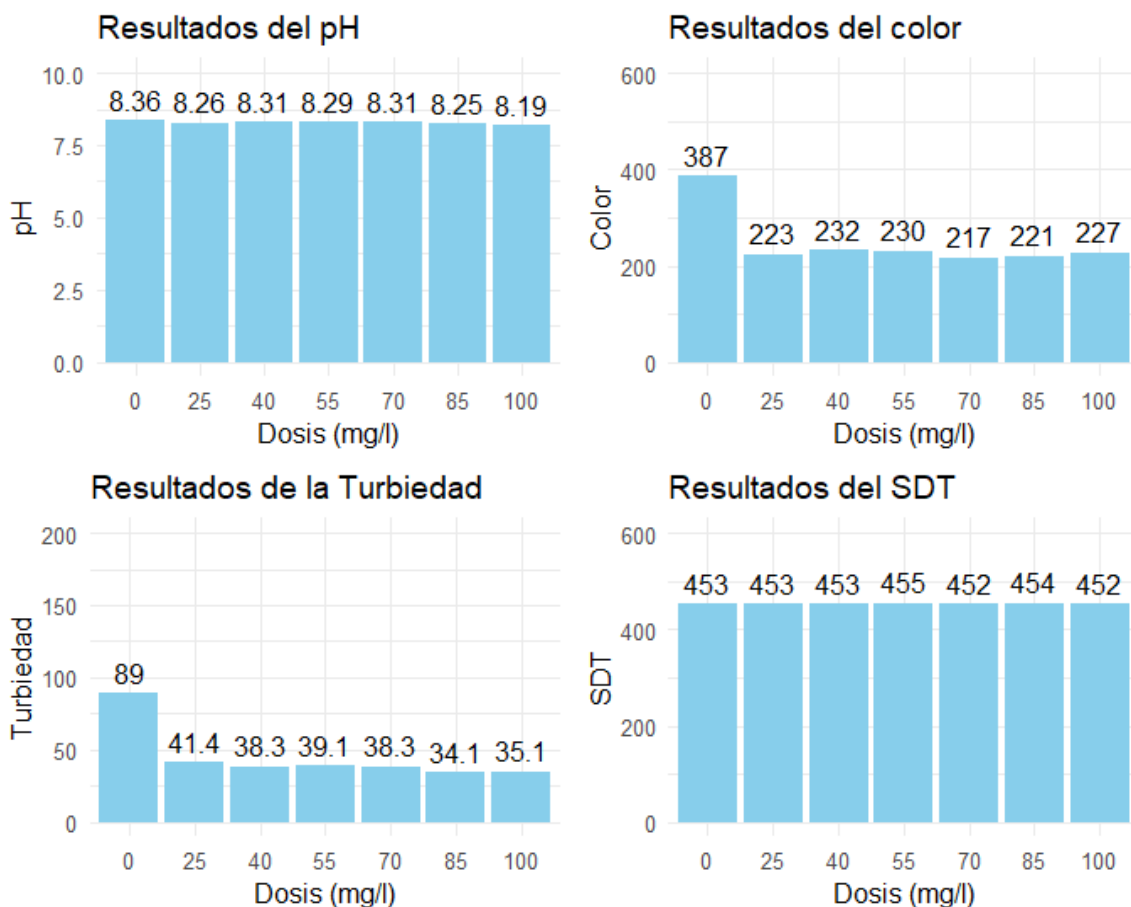
*Resultados obtenidos a diferentes dosis con la aplicación del Soccomporo.*

Dosis		Parámetros Fisicoquímicos			
		<i>pH</i>	<i>Color</i>	<i>Turbiedad</i>	<i>SDT</i>
0	mg/l	8.36	387	89	453
25	mg/l	8.26	223	41.4	453
40	mg/l	8.31	232	38.3	453
55	mg/l	8.29	230	39.1	455
70	mg/l	8.31	217	38.3	452
85	mg/l	8.25	221	34.1	454
100	mg/l	8.19	227	35.1	452

La muestra libre corresponde a 0 mg/l el cual no se agregó ningún tipo de coagulante que sirvió de referencia para los demás tratamientos.

**Figura 20**

*Gráfico de los parámetros fisicoquímicos luego de la aplicación del Soccomporo.*



### **Análisis.**

Después de la experimentación con el Soccomporo, observamos diferentes resultados a diferentes dosificaciones donde para pH y los SDT la mejor dosis fue con 100 mg/l, inclinando la escala hacia un agua alcalina de 8.19 siendo el mejor valor y reduciendo de 458 mg/l a 452 mg/l. Mientras que para el color se observa resultados satisfactorios a 70, 85, 25 y 100 mg/l reduciendo de 950 UCV a 217, 221, 223 y 227 UCV y finalmente para la turbiedad se observa mejores resultados con 85 y 100 mg/l reduciendo de 361 UNT a 34.1 y 35.1 UNT. Por lo cual se observó que la mejor dosis de Soccomporo para tratar el AR es de 100 mg/l, aunque haya resultados más eficientes para otros parámetros en otras dosis por lo cual se

requirió ayuda de la estadística inferencial para demostrar que existe efecto significativo al agregar la especie natural.

#### 5.1.2.1. Prueba inferencial.

Para el pH se realizó un intervalo de confianza del 95% para poder apreciar que los datos reflejan un límite inferior (5,5) y superior (9) que mantienen la escala de este parámetro.

#### Intervalo de confianza del 95% para el pH.

Para el pH se realizó un intervalo de confianza del 95% por que se interpreta de acuerdo a una escala (ácida ó alcalina) teniendo un valor neutro referencial, por tal razón este parámetro fisicoquímico mantiene rangos para el agua.

**Tabla 8**

*Intervalo de confianza para la media del pH del tratamiento con Soccomporo.*

	Descriptivo	Estadístico	Error estándar
	Media	8.2683	.01869
95% de intervalo de confianza para la media	<b>Límite inferior</b>	<b>8.2203</b>	
	<b>Límite superior</b>	<b>8.3164</b>	

En la tabla se demuestra que para este parámetro no hay necesidad de una prueba inferencial para demostrar los valores del rango establecidos en los ECAs para el agua.

Efectivamente se observa que al 95 %de Confianza el promedio de pH se encuentra entre 8.2 y 8.3, que está dentro de la escala establecida por los ECAs

Los datos competen solo a un grupo, por tal razón se trabajó con la prueba de normalidad (Shapiro Wilk), para poder observar si los resultados de la aplicación del Soccomporo en los parámetros de color, turbiedad y SDT mantienen una distribución normal, supuesto que necesita para aplicar el T- Student, de una sola

muestra, ya que aquí se observó si el coagulante natural influye significativamente en relación a la muestra libre (sin aplicación de algún coagulante).

### **Prueba de Normalidad para el color, turbiedad y los SDT.**

Planteamiento de hipótesis.

**Ho:** Los datos para los parámetros color, turbiedad y los SDT, siguen una distribución normal.

**Ha:** Los datos para los parámetros color, turbiedad y los SDT, no siguen una distribución normal.

### **Regla de decisión que se usó para los tres parámetros:**

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

**Tabla 9**

*Prueba de normalidad para el color, turbiedad y SDT con Soccomporo.*

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Color</b>	.143	6	.200*	.968	6	<b>.880</b>
<b>Turbiedad</b>	.253	6	.200*	.937	6	<b>.639</b>
<b>SDT</b>	.223	6	.200*	.908	6	<b>.421</b>

Como muestra la tabla 10 la prueba de normalidad correcta corresponde a Shapiro Wilk por la cantidad de datos < 50, se observó que, para el color, turbiedad y los SDT el p – valor superan el nivel de significancia de 0.05, con los siguientes valores; 0.88, 0.64 y 0.42, por lo cual se toma la Ho, demostrando que los datos para los tres parámetros siguen una distribución normal y se continuó con la prueba T para cada parámetro (color, turbiedad y SDT).

### T – Student para el color

Se aplica esta prueba para demostrar que el Soccompro si influye significativamente al haber agregado diferentes dosis frente al valor inicial y una muestra libre.

Planteamiento de Hipótesis.

**Ho:** El tratamiento con el Soccompro para el color no muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

**Ha:** El tratamiento con el Soccompro para el color si muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

#### Tabla 10

*Prueba t - Student para el color del tratamiento con Soccompro.*

Prueba para una Muestra					
Valor de prueba = 387 UCV					
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-69.714	5	<.001	-162.00000	-167.9735	-156.0265

El cuadro representa la diferencia de la media de los datos con las dosificaciones del Soccompro para observar la influencia sobre el valor de la muestra libre.

La tabla 10, muestra la prueba t-Student para el color, donde se comparó la media de los datos obtenidos al tratar el agua residual con el Soccompro y se observó que hay diferencia significativa ante el valor de la muestra libre, ya que se obtuvo el p-valor menor al 0.05, por lo cual se tomó la Ha.

### T-Student para la turbiedad

Planteamiento de Hipótesis:

**Ho:** El tratamiento con el Soccomporo para la turbiedad no muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

**Ha:** El tratamiento con el Soccomporo para la turbiedad si muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

**Tabla 11**

*Prueba T- Student para la turbiedad del tratamiento con Soccomporo.*

Prueba para una Muestra					
Valor de prueba = 89 NTU					
T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-46.758	5	<.001	-51.2833	-54.103	-48.464

La tabla 11, muestra la prueba T-Student para la turbiedad, donde se comparó la media de los datos obtenidos al tratar el AR con el Soccomporo y se observó que hay una diferencia significativa ante el valor de la muestra libre, ya que el p-valor < 0.05, por lo cual se tomó la Ha.

### T-Student para los SDT

Planteamiento de Hipótesis:

**Ho:** El tratamiento con el Soccomporo para los SDT no muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

**Ha:** El tratamiento con el Soccomporo para los SDT si muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

**Tabla 12**

*Prueba T- Student para los SDT del tratamiento con Soccomporo.*

Prueba para una Muestra					
Valor de prueba = 453 mg/l					
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
0.349	5	.741	.167	-1.06	1.39

La tabla 12 mostró que la media de los tratamientos a diferentes dosis con el Soccomporo aplicados al AR, no muestra una diferencia significativa al del resultado de la muestra libre ya que se obtuvo un p-valor  $> 0.05$ , por lo que existe suficiente evidencia estadística con un nivel de confianza del 95% que el tratamiento con Soccomporo no influye significativamente en los SDT por ende se acepta la  $H_0$ .

Por lo tanto:

Se demuestra estadísticamente que al tratar el AR con el Soccomporo se logra una influencia ligera en los SDT al del valor del resultado inicial, pero al no agregar el coagulante natural (muestra libre) también logra la misma influencia ligera sobre los SDT.

Con ayuda de la estadística inferencial se comprobó que existe un efecto significativo al agregar el coagulante natural, por lo tanto, se determinó que la dosis adecuada fue a 100 mg/l al presentar mejores resultados que las demás, a continuación, la siguiente tabla presenta la comparación del antes y después del tratamiento con la mejor dosis.



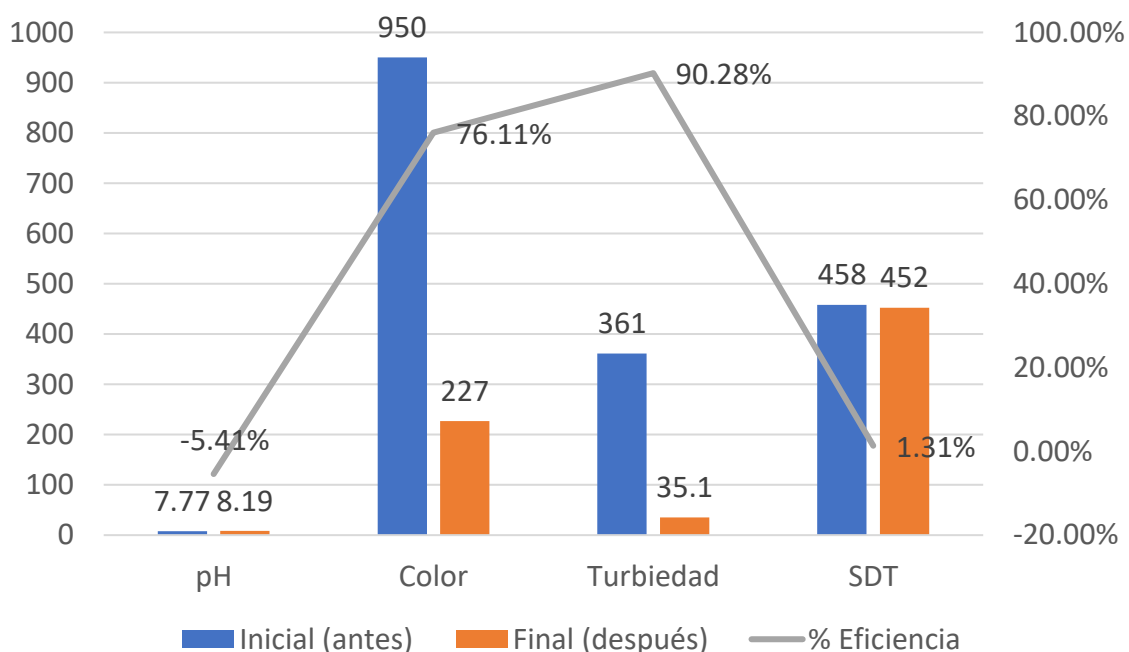
**Tabla 13**

*Comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del Soccomporo en su dosis adecuada de 100 mg/l.*

<b>P. Fisicoquímicos</b>	<b>Inicial (antes)</b>	<b>Final (después)</b>	<b>Efecto</b>	<b>% Eficiencia</b>	<b>% Diferencia</b>
pH	7.77	8.19	0.42	-5.41%	105.41%
Color	950	227	-723	76.11%	23.89%
Turbiedad	361	35.1	-325.9	90.28%	9.72%
SDT	458	452	-6	1.31%	98.69%

**Figura 21**

*Gráfica comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del Soccomporo.*



### **Análisis.**

La aplicación con Soccomporo en la remoción de parámetros fisicoquímicos, muestra que para el pH pasó de 7.77 a 8.19, dando a entender que el efecto fue un aumento en 0.42, respecto al color se redujo de 950 a 227 UCV, mostrando un descenso de 723 unidades, para la turbiedad pasó de un valor de 361 a 35.1 NTU mostrando un efecto descendente de 325.9 unidades y finalmente los SDT se tiene

que el valor pasó de 458 a ser de 452 mg/l, mostrando así el efecto del coagulante natural.

Interpretando en porcentajes de eficiencia el pH incrementó en 5.41%, el color con una efectividad de 76.11%, la turbiedad fue de un 90.28% y para los SDT se observó una eficiencia de 1.31%. Entonces podemos afirmar que el tratamiento con Soccompro en su dosis adecuada de 100 mg/l demuestra resultados satisfactorios para estos parámetros fisicoquímicos, aunque debemos resaltar que, para la turbiedad, este tratamiento fue la más efectiva a diferencia de los demás coagulantes naturales, sin olvidar también que en otras dosificaciones favorece más a otros parámetros, por lo que el comportamiento al momento de aplicarlos, pueden beneficiar en diferente orden y proporciones.

### 5.1.3. Molle (*Schinus molle* L.)

Se evaluó la efectividad del Molle con unas dosis establecidas producto de un análisis de nuestros antecedentes, seleccionando así esas cantidades para todas las aplicaciones y así poder determinar la dosis adecuada entre ellas, obteniendo los siguientes resultados frente a los parámetros fisicoquímicos.

**Tabla 14**

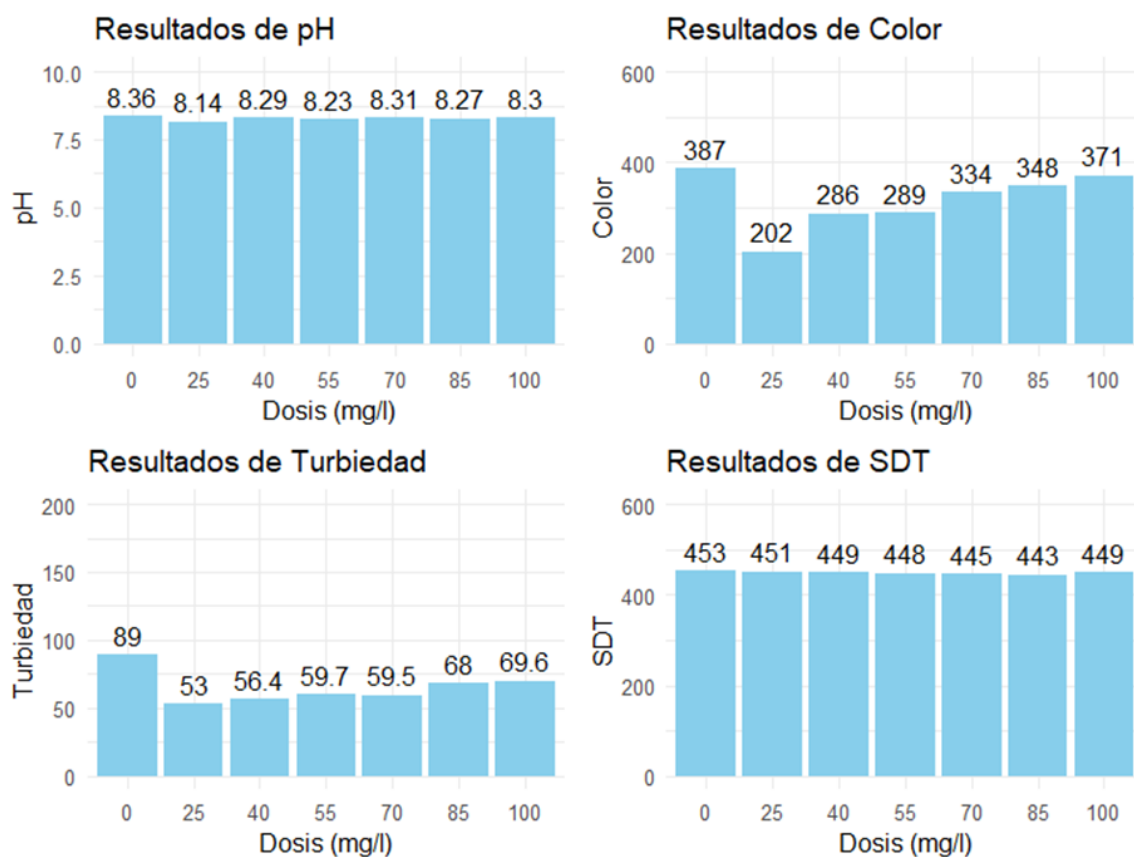
*Resultados obtenidos a diferentes dosis con la aplicación del Molle.*

Dosis		Parámetros Fisicoquímicos			
		pH	Color	Turbiedad	SDT
0	mg/l	8.36	387	89	453
25	mg/l	8.14	202	53	451
40	mg/l	8.29	286	56.4	449
55	mg/l	8.23	289	59.7	448
70	mg/l	8.31	334	59.5	445
85	mg/l	8.27	348	68	443
100	mg/l	8.3	371	69.6	449

En los valores de dosis 0 mg/l, representa la muestra libre el cual no se aplicó ningún tipo de coagulante.

**Figura 22**

*Gráfico de los parámetros fisicoquímicos luego de la aplicación del Molle.*



### **Análisis.**

Tras realizarse la experimentación con el Molle se obtuvieron diferentes resultados, donde sobresale que los menores valores para el pH, color, turbiedad es con dosis de 25 mg/l y para los SDT con una dosis de 85 mg/l, por el cual se observó que la dosis adecuada, fue de 25 mg/l, de donde surgió la siguiente prueba estadística para demostrar la influencia significativa del tratamiento con Molle.

#### **5.1.3.1. Prueba inferencial.**

Para el pH se realizó un intervalo de confianza del 95% para poder apreciar que los datos reflejan un límite inferior (5,5) y superior (9) que mantienen la escala de este parámetro.

#### **Intervalo de confianza del 95% para el pH.**

Para el pH se realizó un intervalo de confianza del 95% ya que se interpreta de acuerdo a la escala (ácida o alcalina) teniendo un valor neutro referencial, por tal razón este p. físicoquímico mantiene rangos para el agua.

**Tabla 15**

*Intervalo de confianza para la media del pH del tratamiento con Molle.*

	Descriptivo	Estadístico	Error estándar
	Media	8.2567	.02603
95% de intervalo de confianza para la media	<b>Límite inferior</b>	<b>8.1897</b>	
	<b>Límite superior</b>	<b>8.3236</b>	

Efectivamente se observa que al 95 % de confianza el promedio de pH se encuentra entre 8.2 y 8.3, que está dentro de la escala establecida por los ECAs.

Los datos competen solo a un grupo, por tal razón también se realiza la prueba de normalidad (Shapiro Wilk), para poder observar si los resultados de la aplicación del Molle en los parámetros de color, turbiedad y SDT mantienen una distribución normal, supuesto que necesita para aplicar el T- Student, de una sola muestra, ya que aquí se observó si el coagulante natural influye significativamente en relación a la ML.

#### **Prueba de Normalidad para el color, turbiedad y los SDT.**

Planteamiento de hipótesis.

**Ho:** Los datos para los parámetros color, turbiedad y los SDT, siguen una distribución normal.

**Ha:** Los datos para los parámetros color, turbiedad y los SDT, no siguen una distribución normal.

#### **Regla de decisión que se usó para los tres parámetros:**

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

**Tabla 16**

*Prueba de normalidad para el color, turbiedad y los SDT con Molle.*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Color</b>	.210	6	.200*	.925	6	<b>.545</b>
<b>Turbiedad</b>	.248	6	.200*	.917	6	<b>.486</b>
<b>SDT</b>	.234	6	.200*	.928	6	<b>.568</b>

Como muestra la tabla 16 la prueba de normalidad Shapiro Wilk por la cantidad de datos < 50, se observó que, para el color, turbiedad y los SDT el p-valor superan el nivel de significancia de 0.05, con los siguientes valores; 0.55, 0.49 y 0.57, por lo cual se toma la Ho, demostrando que los datos para los tres parámetros siguen una distribución normal y se continuó con la prueba T para cada parámetro (color, turbiedad y SDT).

#### **T – Student para el color**

Se aplica esta prueba para demostrar que el Molle si influye significativamente al haber agregado diferentes dosis frente al valor de la muestra libre.

Planteamiento de Hipótesis.

**Ho:** El tratamiento con el Molle para el color no muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

**Ha:** El tratamiento con el Molle para el color si muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

**Tabla 17**

*T - Student para el color del tratamiento con Molle.*

Prueba para una Muestra					
Valor de prueba = 387					
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-3.323	5	.021	-88.0000	-145.4401	-18.5599

La tabla 17, muestra la prueba t-Student para el color, donde se comparó la media de los datos obtenidos al tratar el AR con el Molle y se observó que hay diferencia significativa ante el valor de la ML, ya que se obtuvo el p-valor  $< 0.05$ , por lo cual se tomó la  $H_a$ .

### **T-Student para la turbiedad**

Planteamiento de Hipótesis:

**Ho:** El tratamiento con el Molle para la turbiedad no muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre

**Ha:** El tratamiento con el Molle para la turbiedad si muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor  $> 0.05$  se toma la ( $H_o$ ) y si el p-valor  $< 0.05$  se toma la ( $H_a$ ).

**Tabla 18**

*Prueba T- Student para la turbiedad del tratamiento con Molle.*

Prueba para una Muestra					
Valor de prueba = 89 NTU					
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-10.519	5	<.001	-27.967	-34.80	-21.13

La tabla 18, muestra la prueba T-Student para la turbiedad, donde se comparó la media de los datos obtenidos al tratar el AR con el Molle y se observó

que hay una diferencia significativa ante de la ML, ya que el p-valor  $< 0.05$ , por lo cual se tomó la  $H_a$ .

### T-Student para los SDT

Planteamiento de Hipótesis:

**Ho:** El tratamiento con el Molle para los SDT no muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre

**Ha:** El tratamiento con el Molle para los SDT si muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor  $> 0.05$  se toma la ( $H_0$ ) y si el p-valor  $< 0.05$  se toma la ( $H_a$ ).

**Tabla 19**

*Prueba T- Student para los SDT del tratamiento con Molle.*

Prueba para una Muestra					
Valor de prueba = 453 mg/l					
T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-4.568	5	.006	-5.5000	-8.595	-2.405

La tabla 19 mostró que la media de los tratamientos a diferentes dosis con el Molle aplicados al AR, si muestra una diferencia significativa al del resultado de la muestra libre ya que se obtuvo un p-valor  $< 0.05$ , por lo que existe suficiente evidencia estadística con un nivel de confianza del 95% que el tratamiento con Molle si influye significativamente en los SDT por ende se acepta la  $H_a$ . El tratamiento con esta especie demuestra mayor ventaja en los SDT ya que a diferentes dosificaciones se observó resultados más eficientes, determinando así la dosis adecuada de 25 mg/l, del cual se origina una tabla comparativa con un antes y después de las propiedades fisicoquímicas.

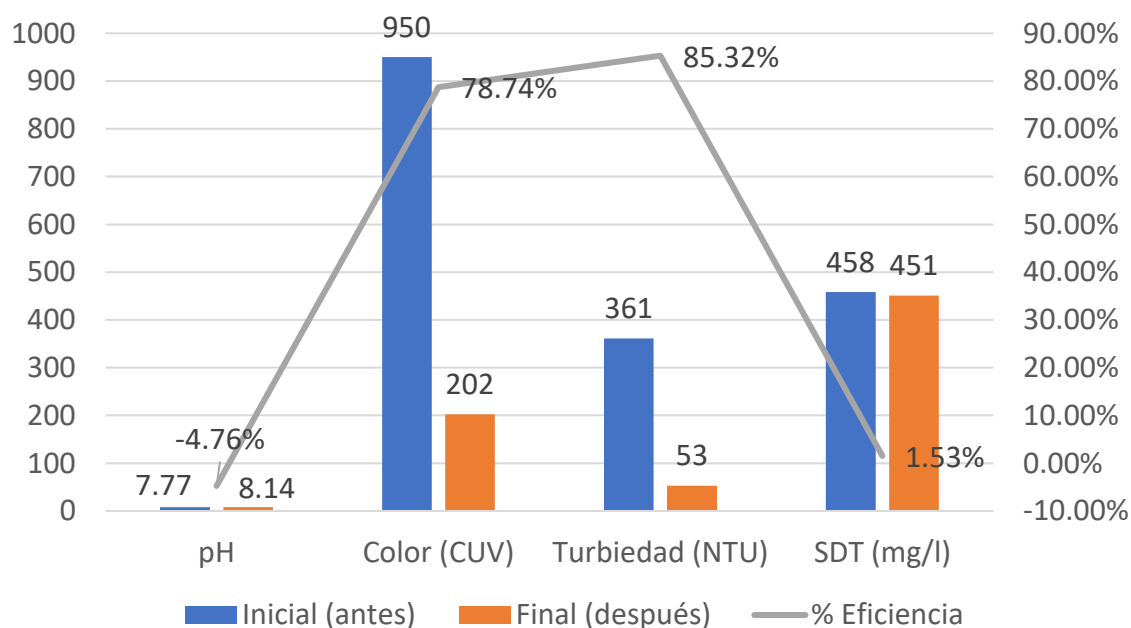
**Tabla 20**

*Comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del Molle con dosis adecuada de 25 mg/l.*

P. Fisicoquímicos	Inicial (antes)	Final (después)	Efecto	% Eficiencia	% Diferencia
pH	7.77	8.14	0.37	-4.76%	104.76%
Color (CUV)	950	202	-748	78.74%	21.26%
Turbiedad (NTU)	361	53	-308	85.32%	14.68%
SDT (mg/l)	458	451	-7	1.53%	98.47%

**Figura 23**

*Gráfica comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del Molle.*



### **Análisis.**

La aplicación del tratamiento con Molle resultó en mejoras notables en los parámetros fisicoquímicos del agua. El pH aumentó de 7.77 a 8.14, indicando un incremento de 0.37. El color de la muestra se redujo significativamente de 950 a 202 UCV, mostrando un descenso de 748 unidades. La turbiedad disminuyó de 361



a 53 NTU, evidenciando una reducción de 308 unidades y para los SDT, aunque es más efectivo en otra dosis, de los 458 mg/l (valor inicial) redujo a 451 mg/l, con una reducción de 7 unidades en su dosis adecuada de 25 mg/l del coagulante natural.

Interpretando en porcentajes de eficiencia, el pH, se incrementó en 4.76%, el color fue efectivo en 78.74%, la turbiedad en un 85.32% y para los Sólidos Disueltos Totales (SDT), se observó una eficiencia de 1.53%, siendo este el mejor tratamiento para este parámetro del valor original. Por lo tanto, el tratamiento con Molle, muestra resultados significativos en la calidad del agua, para color y turbiedad, los SDT y alcaliniza el valor del pH inicial.

#### 5.1.4. Chicle Pupa (*Ligaria cuneifolia* R.)

Se evaluó la efectividad del Chicle pupa, en las dosificaciones establecidas para poder observar los mejores resultados entre las seis jarras y se obtuvo los siguientes valores de la tabla.

**Tabla 21**

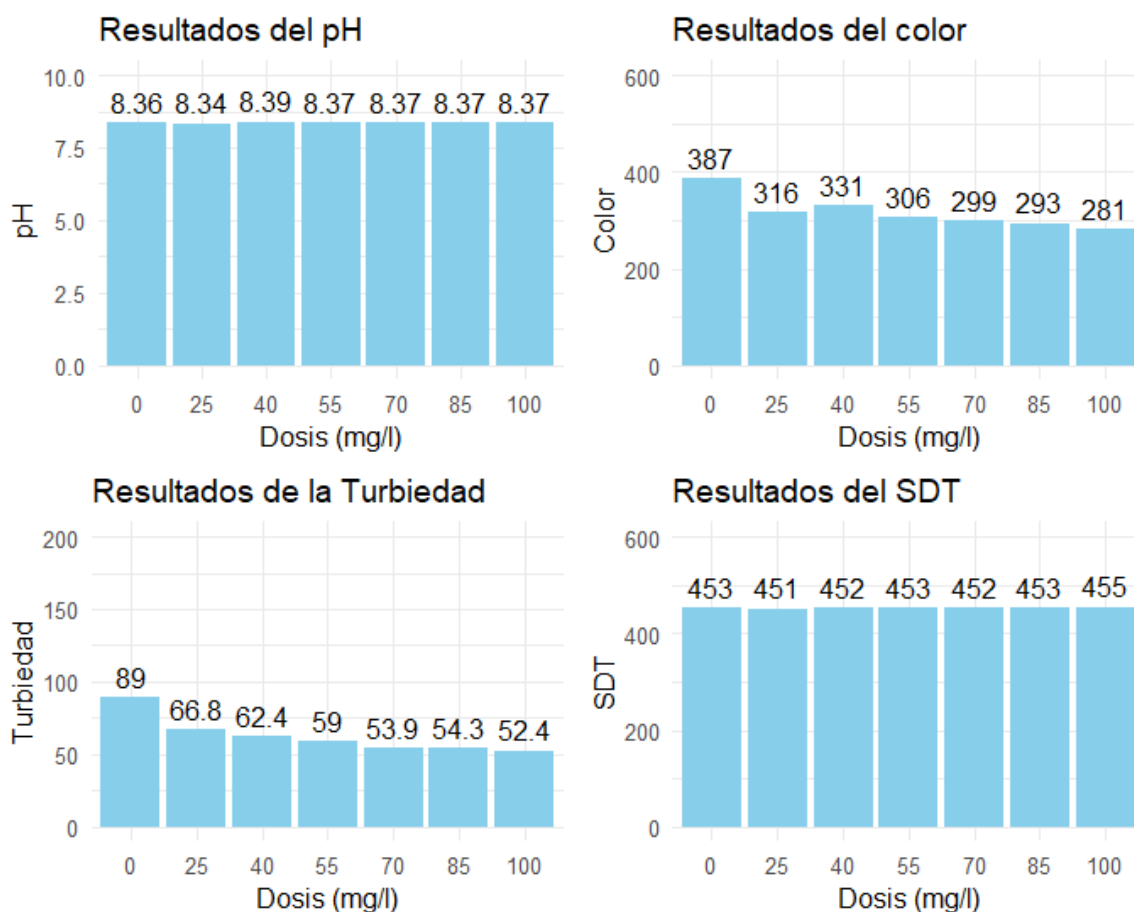
*Resultados obtenidos a diferentes dosis con la aplicación del Chicle pupa.*

Dosis		Parámetros Físicoquímicos			
		pH	Color	Turbiedad	SDT
0	mg/l	8.36	387	89	453
25	mg/l	8.34	316	66.8	451
40	mg/l	8.39	331	62.4	452
55	mg/l	8.37	306	59	453
70	mg/l	8.37	299	53.9	452
85	mg/l	8.37	293	54.3	453
100	mg/l	8.37	281	52.4	455

Las dosis aplicadas están en un intervalo de 15 de acuerdo al análisis que se realizó para determinar la aplicación del coagulante natural, en base a una revisión de varios trabajos de investigación.

**Figura 24**

Gráfico de los parámetros fisicoquímicos luego de aplicación del Chicle pupa.



### Análisis.

Tras realizarse la experimentación con el Chicle Pupa se obtuvieron diferentes resultados por las dosis aplicadas, donde sobresalen los valores más óptimos para dos parámetros: pH y los SDT con 25 mg/l de Chicle, mientras que para el color y turbiedad los resultados más satisfactorios fueron a 100 mg/l. Por lo que se observó que la dosis adecuada es a 100 mg/l del coagulante natural, entonces a base de la dosis adecuada, el color se redujo de 950 a 281 UCV, lo mismo sucede en la turbiedad pues toma el valor más bajo de 361 a 52.4 NTU, en relación al SDT se redujo de 458 a 455 mg/l y para el pH aumenta el valor de 7.77 a 8.37 indicando que hay mejores dosis para estos dos últimos parámetros, por lo

que surgió la necesidad de una prueba estadística inferencial, para demostrar que si existe una influencia significativa al aplicar la especie natural.

#### 5.1.4.1. Prueba inferencial.

Para el pH se realizó un intervalo de confianza del 95% para poder apreciar que los datos reflejan un límite inferior (5,5) y superior (9) que mantienen la escala de este parámetro.

#### Intervalo de confianza del 95% para el pH.

Para el pH se realizó un intervalo de confianza del 95% por que se interpreta de acuerdo a una escala (ácida o alcalina) teniendo un valor neutro referencial, por tal razón este parámetro fisicoquímico mantiene rangos para el agua.

**Tabla 22**

*Intervalo de confianza para la media del pH del tratamiento con Chicle pupa.*

	Descriptivo	Estadístico	Error estándar
	Media	8.3683	.0065
95% de intervalo de confianza para la media	<b>Límite inferior</b>	<b>8.3515</b>	
	<b>Límite superior</b>	<b>8.3851</b>	

Efectivamente se observa que al 95 % de confianza el promedio de pH se encuentra entre 8.4 y 8.4, que está dentro de la escala establecida por los ECAs.

Los datos competen solo a un grupo, por tal razón también se realizó la prueba de normalidad (Shapiro Wilk), para poder observar si los resultados de la aplicación con Chicle p. en los parámetros de color, turbiedad y SDT mantienen una distribución normal, supuesto que necesita para aplicar el T- Student, de una sola muestra, ya que aquí se observó si el coagulante natural influye significativamente en relación a la ML.

#### Prueba de Normalidad para el color, turbiedad y los SDT.

Planteamiento de hipótesis.

**Ho:** Los datos para los parámetros color, turbiedad y los SDT, siguen una distribución normal.

**Ha:** Los datos para los parámetros color, turbiedad y los SDT, no siguen una distribución normal.

**Regla de decisión que se usó para los tres parámetros:**

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

**Tabla 23**

*Prueba de normalidad para el color, turbiedad y los SDT con Chicle pupa.*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Color</b>	.129	6	.200*	.992	6	<b>.993</b>
<b>Turbiedad</b>	.251	6	.200*	.912	6	<b>.446</b>
<b>SDT</b>	.237	6	.200*	.927	6	<b>.554</b>

Como muestra la tabla 23 la prueba de normalidad correcta corresponde a Shapiro Wilk por la cantidad de datos < 50, se observó que, para el color, turbiedad y los SDT el p–valor > 0.05, con los siguientes valores; 1, 0.45 y 0.55, por lo cual se toma la Ho, demostrando que los datos para los tres parámetros siguen una distribución normal y se continuó con la prueba T para cada parámetro (color, turbiedad y SDT).

**T – Student para el color**

Se aplica esta prueba para demostrar que el Chicle p. si influye significativamente al haber agregado diferentes dosis frente al valor de la muestra libre.

Planteamiento de Hipótesis.

**Ho:** El tratamiento con el Chicle p. para el color no muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

**Ha:** El tratamiento con el Chicle p. para el color si muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

#### Tabla 24

*T - Student para el color del tratamiento con Chicle pupa.*

Prueba para una Muestra					
Valor de prueba = 387					
T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-11.496	5	<.001	-82.6667	-101.152	-64.182

La tabla 24, muestra la prueba t-Student para el color, donde se comparó la media de los datos obtenidos al tratar el AR con el Chicle p. y se observó que hay diferencia significativa ante el valor de la ML, ya que se obtuvo el p-valor < 0.05, por lo cual se tomó la Ha.

#### **T-Student para la turbiedad**

Planteamiento de Hipótesis:

**Ho:** El tratamiento con el Chicle p. para la turbiedad no muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

**Ha:** El tratamiento con el Chicle p. para la turbiedad si muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

**Tabla 25**

*Prueba T-Student para la turbiedad del tratamiento con el Chicle pupa.*

Prueba para una Muestra					
Valor de prueba = 89 NTU					
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-13.384	5	<.001	-30.867	-36.79	-24.94

La tabla 25, muestra la prueba T-Student para la turbiedad, donde se comparó la media de los datos obtenidos al tratar el AR con el Chicle pupa y se observó que hay una diferencia significativa ante de la ML, ya que el p-valor < 0.05, por lo cual se tomó la Ha.

### **T-Student para los SDT**

Planteamiento de Hipótesis:

**Ho:** El tratamiento con el Chicle p. para los SDT no muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre

**Ha:** El tratamiento con el Chicle p. para los SDT si muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

**Tabla 26**

*Prueba T-Student para los SDT del tratamiento con Chicle pupa.*

Prueba para una Muestra					
Valor de prueba = 453 mg/l					
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-.598	5	.576	-.3333	-1.767	1.100

La tabla 26 mostró que la media de los tratamientos a diferentes dosis con Chicle pupa aplicados al AR, no muestra una diferencia significativa al del resultado

de la ML ya que se obtuvo un p-valor  $> 0.05$ , por lo que existe suficiente evidencia estadística con un nivel de confianza del 95% que el tratamiento con Chicle pupa no influye significativamente en los SDT por ende se acepta la  $H_0$ .

Con la estadística inferencial se comprobó que existe un efecto significativo al agregar el coagulante natural, por lo tanto, se determinó que la dosis adecuada fue a 100 mg/l al presentar mejores resultados que las demás. La siguiente tabla presenta la comparación del antes y después del tratamiento con la mejor dosis.

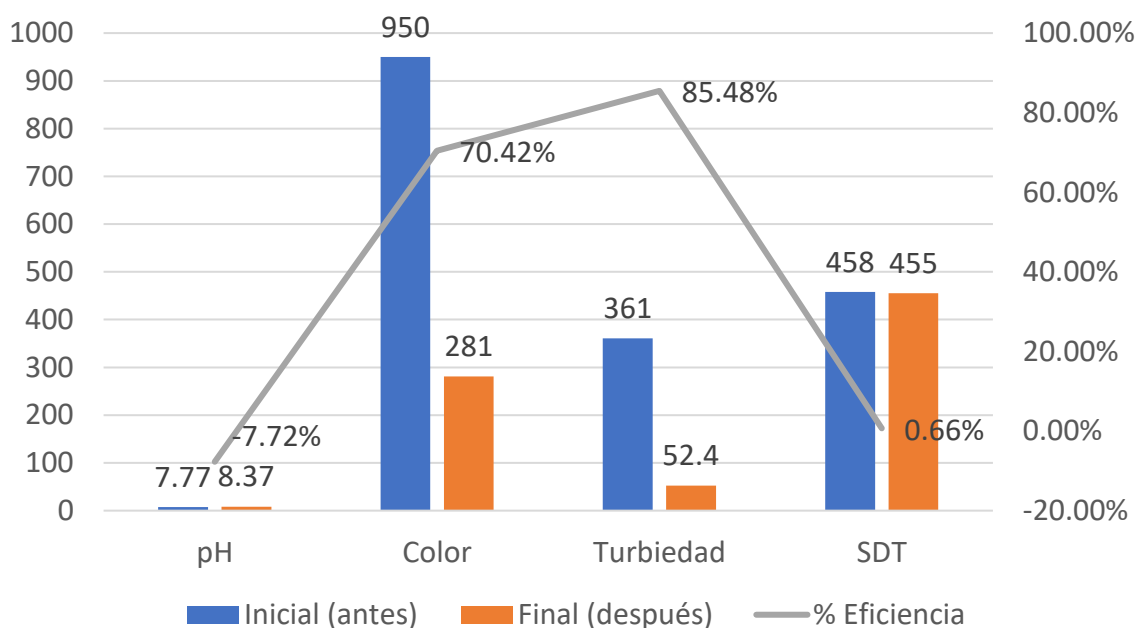
**Tabla 27**

*Comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del Chicle pupa con dosis adecuada de 100 mg/l.*

P. Fisicoquímicos	Inicial (antes)	Final (después)	Efecto	% Eficiencia	% Diferencia
pH	7.77	8.37	0.6	-7.72%	107.72%
Color	950	281	-669	70.42%	29.58%
Turbiedad	361	52.4	-308.6	85.48%	14.52%
SDT	458	455	-3	0.66%	99.34%

**Figura 25**

*Gráfica comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del Chicle Pupa.*



### **Análisis.**

La aplicación del tratamiento con el Chicle Pupa muestra que para el pH de 7.77, mueve la escala a 8.37, lo que representa un incremento de 0.6 unidades, en cuanto al color, hubo una reducción significativa de 950 a 281 UCV, mostrando un descenso de 669 unidades, el cual aporta en la claridad del agua.

La turbiedad disminuyó considerablemente de 361 a 52.4 NTU, con una reducción de 308.6 unidades, indicando una mayor pureza del agua. Por último, los sólidos disueltos totales (SDT) pasaron de 458 a 455 mg/l, disminuyendo en 3 unidades, aunque para el pH y los SDT la mejor dosis haya sido de 25 mg/l.

En porcentajes de eficiencia el pH, se incrementó en 7.72%, el color indica una eficiencia del 70.42%, una turbiedad con 85.48% de remoción y para los SDT con 0.66% en la reducción. Por lo tanto, el tratamiento con el Chicle en su dosis adecuada determinada de 100 mg/l da resultados en la mejora de la calidad del AR tratada, resaltando el color y turbiedad.

#### **5.1.5. Combinación de los coagulantes naturales Soccomporo, Molle y el Chicle Pupa.**

Al evaluar la efectividad de cada coagulante natural considerado en la investigación por separado, surge la necesidad de conocer si la combinación de estos 3 generará algún efecto superior o no, indicando también que trabajos en temas similares realizan este tipo de experimentaciones para poder observar otros tipos de resultados, por tal motivo se preparó un coagulante combinado del cual se presentan los hallazgos a continuación.

#### **Preparación considerada de acuerdo a:**

**+E a -E = Rc**

Existiendo varias posibilidades de poder combinar los coagulantes, se optó



por una como muestra la siguiente tabla, respetando el criterio planteado.

**Tabla 28**

*Preparación para la combinación de los coagulantes naturales.*

<b>Efectividad</b>	<b>Coagulantes</b>	<b>Proporciones</b>	<b>Cantidad en g</b>	<b>Solución</b>
<b>1ero</b>	Socomporo.	50%	5	500 ml
<b>2do</b>	Molle	35%	3.5	
<b>3ero</b>	Chicle	15%	1.5	
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	<b>10</b>	<b>al 2%</b>

La técnica utilizada fue ascendente de acuerdo a las mejores dosis aplicadas para las tres especies, en intervalos de 25, el cual está sujeta a la falta del agua destilada que hace la función de Solvente, la tabla muestra las cantidades utilizadas que suman los 10 gramos, a la misma concentración del 2%, con el que se pasara a dosificar en las mismas cantidades ya establecidas para su tratamiento.

La tabla 29 muestra la manera de preparación de la combinación, del cual se observará los siguientes resultados en la siguiente tabla, después de aplicarlas en la AR del río Yanamayo.

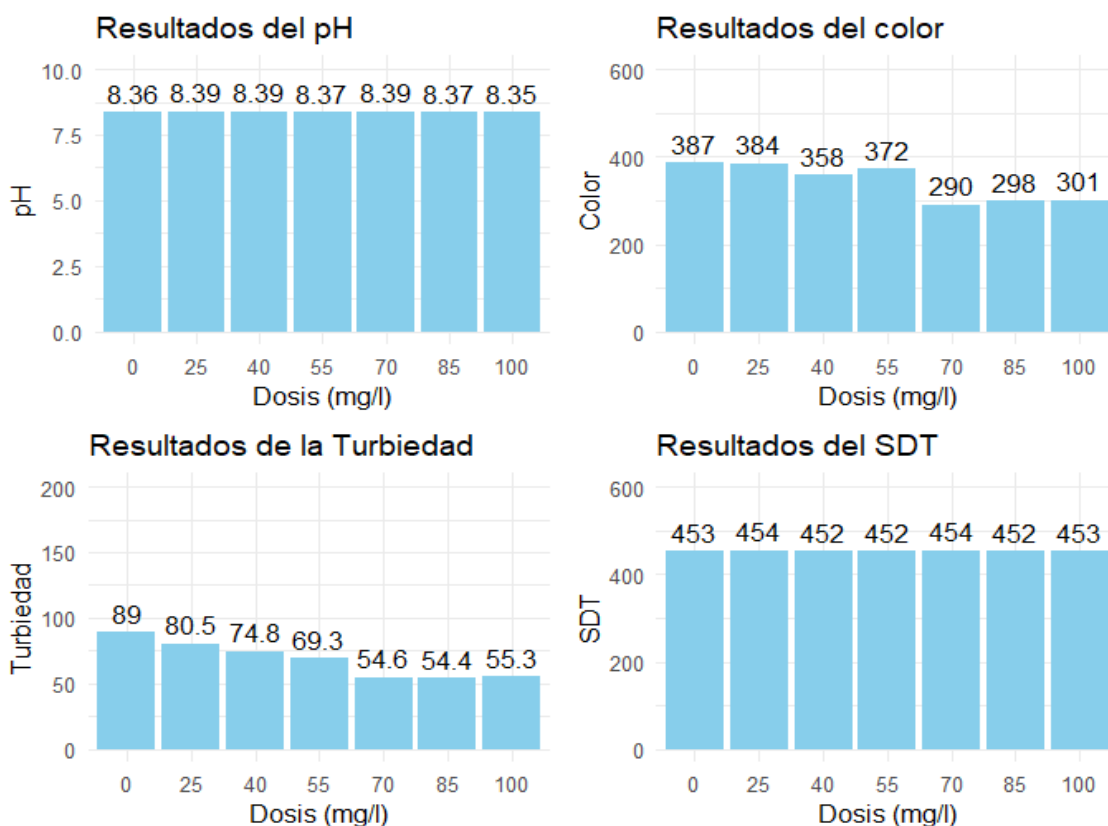
**Tabla 29**

*Resultados obtenidos a diferentes dosis con la aplicación de la combinación de los coagulantes naturales Soccomporo, Molle y el Chicle pupa.*

<b>Dosis</b>		<b>Parámetros Físicoquímicos</b>			
		<i>pH</i>	<i>Color</i>	<i>Turbiedad</i>	<i>SDT</i>
0	mg/l	8.36	387	89	453
25	mg/l	8.39	384	80.5	454
40	mg/l	8.39	358	74.8	452
55	mg/l	8.37	372	69.3	452
70	mg/l	8.39	290	54.6	454
85	mg/l	8.37	298	54.4	452
100	mg/l	8.35	301	55.3	453

**Figura 26**

Gráfico de los parámetros fisicoquímicos luego de la aplicación de la combinación de los coagulantes naturales Soccomporo, Molle y el Chicle pupa.



### Análisis.

Una vez aplicada la combinación de los coagulantes naturales, observamos diferentes resultados; para el pH se tiene los mejores valores en dosis de 100, 85 y 55 mg/l estos dos últimos siendo igual, dejando de 7,77 inicial a 8,35 y 8,37, lo que significa una alcalinidad en la escala. Para el color los resultados más notorios fueron a 70 y 85 mg/l, reduciendo de 950 a 290 y 298 UCV, para la turbiedad se observa que las dosis de 85, 70 y 100 mg/l remueven mejor que las demás cantidades, dejando del valor inicial de 361 en, 54.4, 54.6 y 55.3 NTU. Finalmente, para los SDT se observar casi una uniformidad en resultados, siendo las mejores dosificaciones en 40, 55, y 85 mg/l, reduciendo de 458 mg/l a 452 mg/l. Por lo cual se observó que la dosis adecuada para la combinación de coagulantes es a 85

mg/l, aunque en otras cantidades la eficiencia es mejor para otros parámetros, por lo cual se realizó la estadística inferencial para demostrar que si existe una influencia significativa al aplicar la combinación de las tres especies naturales.

#### 5.1.5.1. Prueba inferencial.

Para el pH se realizó un intervalo de confianza del 95% para poder apreciar que los datos reflejan un límite inferior (5,5) y superior (9) que mantienen la escala de este parámetro.

#### Intervalo de confianza del 95% para el pH.

Para el pH se realizó un intervalo de confianza del 95% por que se interpreta de acuerdo a una escala (ácida o alcalina) teniendo un valor neutro referencial, por tal razón este parámetro fisicoquímico mantiene rangos para el agua.

**Tabla 30**

*Intervalo de confianza para la media del pH del tratamiento con la combinación de las especies naturales.*

	Descriptivo	Estadístico	Error estándar
	Media	8.3767	.0067
95% de intervalo de confianza para la media	<b>Límite inferior</b>	<b>8.3595</b>	
	<b>Límite superior</b>	<b>8.3938</b>	

Efectivamente se observa que al 95 % de confianza el promedio de pH se encuentra entre 8.4 y 8.4, que está dentro de la escala establecida por los ECAs.

Los datos competen solo a un grupo, por tal razón también se realizó la prueba de normalidad (Shapiro Wilk), para poder observar si los resultados de la aplicación con la combinación del Soccomporo, Molle y Chicle p. en los parámetros de color, turbiedad y SDT mantienen una distribución normal, supuesto que necesita para aplicar el T- Student, de una sola muestra, ya que

aquí se observó si el coagulante natural a base de la combinación de las tres especies, influye significativamente en relación a la ML.

### **Prueba de Normalidad para el color, turbiedad y los SDT.**

Planteamiento de hipótesis.

**Ho:** Los datos para los parámetros color, turbiedad y los SDT, siguen una distribución normal.

**Ha:** Los datos para los parámetros color, turbiedad y los SDT, no siguen una distribución normal.

### **Regla de decisión que se usó para los tres parámetros:**

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

**Tabla 31**

*Prueba de normalidad para el color, turbiedad y los SDT con la combinación de las tres especies.*

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Color</b>	.283	6	.146*	.841	6	<b>.134</b>
<b>Turbiedad</b>	.295	6	.113*	.838	6	<b>.127</b>
<b>SDT</b>	.302	6	.094*	.775	6	<b>.035</b>

Como muestra la tabla 31 la prueba de normalidad correcta corresponde a Shapiro Wilk por la cantidad de datos < 50, se observó que, para el color y turbiedad el p-valor > 0.05, con los siguientes valores; 0.134 y 0.13, por lo cual se toma la Ho, demostrando que los datos para los dos parámetros siguen una distribución normal y se continuó con la prueba T para el color y turbiedad.

Para los SDT se observó un p-valor < 0.05 indicando que, para este parámetro, el tratamiento con la combinación de las especies no siguen una

distribución normal siendo el caso de la  $H_a$ , esta situación no impide realizar la prueba T-Student de una sola muestra para los SDT.

### T – Student para el color

Se aplica esta prueba para demostrar que la combinación si influye significativamente al haber agregado diferentes dosis frente al valor de la muestra libre.

Planteamiento de Hipótesis.

**Ho:** El tratamiento con la combinación para el color no muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

**Ha:** El tratamiento con la combinación para el color si muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la ( $H_o$ ) y si el p-valor < 0.05 se toma la ( $H_a$ ).

**Tabla 32**

*T - Student para el color del tratamiento con la combinación de las tres especies.*

Prueba para una Muestra					
Valor de prueba = 387					
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-3.097	5	.027	-53.167	-97.29	-9.04

La tabla 32, muestra la prueba t-Student para el color, donde se comparó la media de los datos obtenidos al tratar el AR con la combinación del Soccomporo, Molle y Chicle p. y se observó que hay diferencia significativa ante el valor de la ML, ya que se obtuvo el p-valor < 0.05, por lo cual se tomó la  $H_a$ .

### T-Student para la turbiedad

Planteamiento de Hipótesis:

**Ho:** El tratamiento con la combinación para la turbiedad no muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

**Ha:** El tratamiento con el Combinación para la turbiedad si muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre.

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

### Tabla 33

*Prueba T-Student para la turbiedad del tratamiento con la combinación de las tres especies.*

Prueba para una Muestra					
Valor de prueba = 89 NTU					
T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-5.120	5	.004	-24.1833	-36.324	-12.043

La tabla 33, muestra la prueba T-Student para la turbiedad, donde se comparó la media de los datos obtenidos al tratar el AR con la combinación y se observó que hay una diferencia significativa ante de la ML, ya que el p-valor < 0.05, por lo cual se tomó la Ha.

### T-Student para los SDT

Planteamiento de Hipótesis:

**Ho:** El tratamiento con la combinación para los SDT no muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre

**Ha:** El tratamiento con la combinación para los SDT si muestra diferencia significativa al valor de la muestra libre

Trabajando a un nivel de significancia del 5% ó 0.05.

Si el p-valor > 0.05 se toma la (Ho) y si el p-valor < 0.05 se toma la (Ha).

**Tabla 34**

*Prueba T-Student para los SDT del tratamiento con la combinación de las tres especies.*

Prueba para una Muestra					
Valor de prueba = 453 mg/l					
T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
-415	5	.695	-.167	-1.20	.87

La tabla 34 mostró que la media de los tratamientos a diferentes dosis con la combinación del Soccomporo, Molle y Chicle pupa aplicados al AR, no muestra una diferencia significativa al del resultado de la ML ya que se obtuvo un p-valor > 0.05, por lo que existe suficiente evidencia estadística con un nivel de confianza del 95% que el tratamiento con la combinación no influye significativamente en los SDT por ende se acepta la Ho.

Con ayuda de la estadística inferencial se comprobó que existe un efecto significativo al agregar el coagulante natural, por lo tanto, se determinó que la dosis adecuada fue a 85 mg/l al presentar mejores resultados que las demás, a continuación, la siguiente tabla presenta la comparación del antes y después del tratamiento con la mejor dosis.

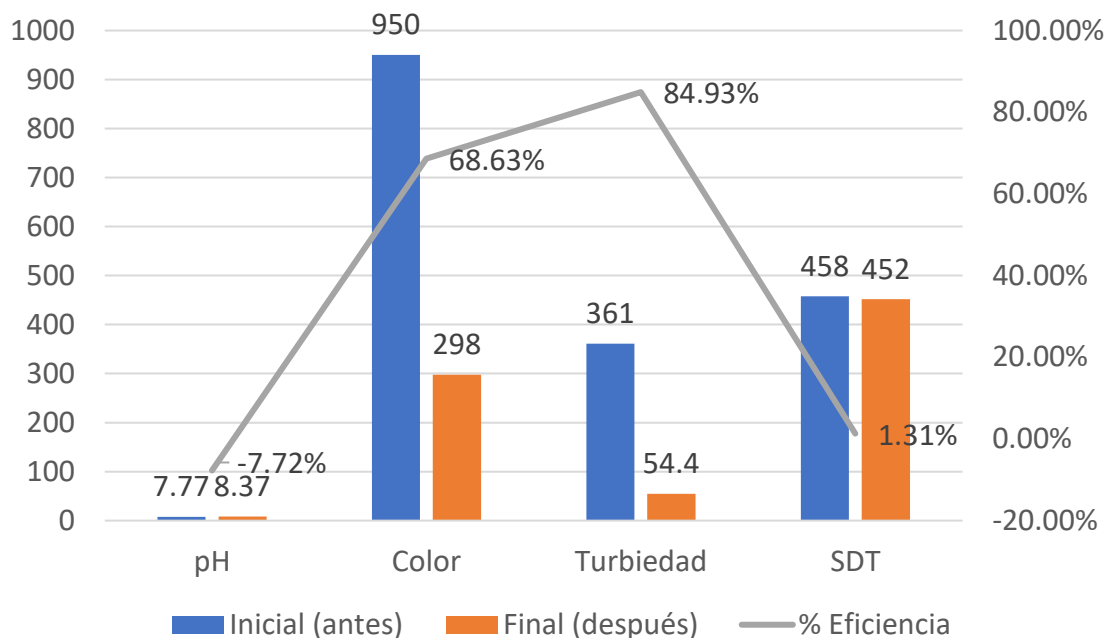
**Tabla 35**

*Comparativa de los p. fisicoquímicos antes y después de aplicar la combinación de los C.N en dosis de 85mg/l.*

P. Fisicoquímicos	Inicial (antes)	Final (después)	Efecto	% Eficiencia	% Diferencia
pH	7.77	8.37	0.6	-7.72%	107.72%
Color	950	298	-652	68.63%	31.37%
Turbiedad	361	54.4	-306.6	84.93%	15.07%
SDT	458	452	-6	1.31%	98.69%

**Figura 27**

*Gráfica comparativa de los parámetros fisicoquímicos antes y después de aplicar la combinación de los coagulantes naturales.*



### **Análisis.**

La combinación de los coagulantes naturales si son efectivos, pero en menor proporción que aplicándolos de manera individual para este caso en la dosis adecuada, el pH de 7,77 paso aumentar a 8,37, con un incremento de 0,6 unidades, el color de 950 a 298 UCV, con un descenso de 652 unidades, para la turbiedad de los 361 a 54.4 NTU, mostrando una reducción de 306,6 unidades y finalmente para los SDT se redujo de 458 a 452 mg/l, indicando un descenso de 6 unidades.

Interpretando los resultados en porcentajes de eficiencia, podemos decir que el pH se incrementó en un 7.72%, el color tuvo una efectividad de 68.63%, una turbiedad con 84.93% y finalmente los SDT a 1.31%. Entonces podemos afirmar que la dosis adecuada de la combinación de las plantas se comporta con una pequeña similitud a los demás coagulantes naturales, ya que en otras dosificaciones observamos igual desenvolvimiento para el pH y los SDT, pero para



la turbiedad y el color fue un resultado inferior al desenvolvimiento individual de cada coagulante natural aplicados en las muestras del AR del rio Yanamayo.

### 5.1.6. Comparación de los coagulantes naturales frente al

#### Sulfato de aluminio.

Se determinaron las mejores dosis para cada uno, por lo que continua realizar la comparación de los mismos con el sulfato de Al, en la dosis comercial (30 mg/l), una de referencia para mayores resultados con la ficha técnica del sulfato de Al de una empresa y en las dosis que resultaron más efectivos los coagulantes naturales (para mantenerlas en igualdad de condiciones). De acuerdo a los resultados se realizó una tabla en la que veremos la aplicación del sulfato de Aluminio Tipo A, en su dosis comercial la cual se obtuvo a través de la revisión de los antecedentes, en el que se referencia la investigación de Pastrana et al (2023) y aplicamos la preparación del mismo sulfato de Al como indica la ficha técnica de una empresa llamada “Losaro” cuyo producto esta destinado a la limpieza de piscinas, con el fin de observar más resultados a diferentes aplicaciones del sulfato.

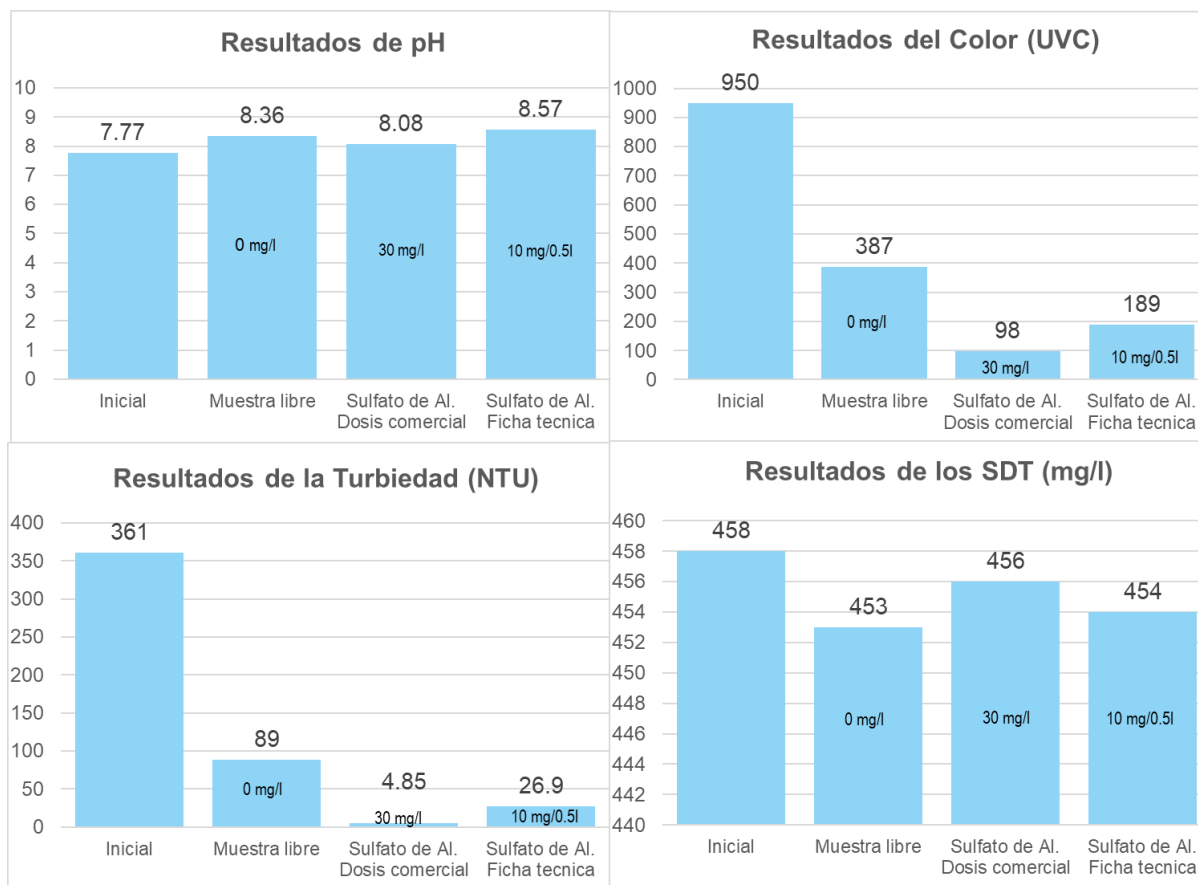
**Tabla 36**

*Efectividad del sulfato de aluminio de tipo A, en diferentes aplicaciones para la muestra de agua residual.*

Dosis Comercial	0.20%	Velocidad de Agitación			RESULTADOS T:A	
		Rápido	Lento	Tiempo de Sedimentación		
30 mg/l	7.5 ml	140 rpm / min	35 rpm / 15 min	30 min	<i>pH</i>	8.08
					<i>Color</i>	98
					<i>Turb.</i>	4.85
					<i>SDT</i>	456
<b>Ficha Técnica de Losaro: 0.02k/m3</b>					<b>RESULTADOS T:A</b>	
10 mg	500 ml				<i>pH</i>	8.57
					<i>Color</i>	189
					<i>Turb.</i>	26.9
					<i>SDT</i>	454

**Figura 28**

*Gráfico de los parámetros fisicoquímicos luego de la aplicación del sulfato de Al tipo A en diferentes aplicaciones.*



### **Análisis.**

Podemos observar que el sulfato de Al en 30mg/l y 10g/0.5 l, para el parámetro de pH, movió el valor de la escala de 7,77 a 8.08 y 8.57 demostrando una ligera alcalinidad en dosis comercial y uno aún más alcalino para el siguiente. Para el color disminuyó de 950 a 98 UCV la dosis comercial y 189 UCV con la preparación de la ficha técnica, con el parámetro de la turbiedad de 361 a 4.85 NTU, con la dosis comercial y 26.9 NTU con la preparación de la ficha técnica y finalmente los SDT se redujeron de 458 a 456 y 454 mg/l, disminuyendo 2 unidades y 4 unidades para la preparación comercial y con la ficha técnica de Losaro, siendo solo en este parámetro más efectivo la ficha técnica. Entonces se afirma que el

sulfato de aluminio es más eficiente en la remoción del color y turbiedad en su dosis comercial (que sería su dosis adecuada) que la aplicación con la ficha técnica de 10mg/0.5l de agua a tratar.

En la siguiente tabla se aprecia los resultados en porcentajes de ambas aplicaciones.

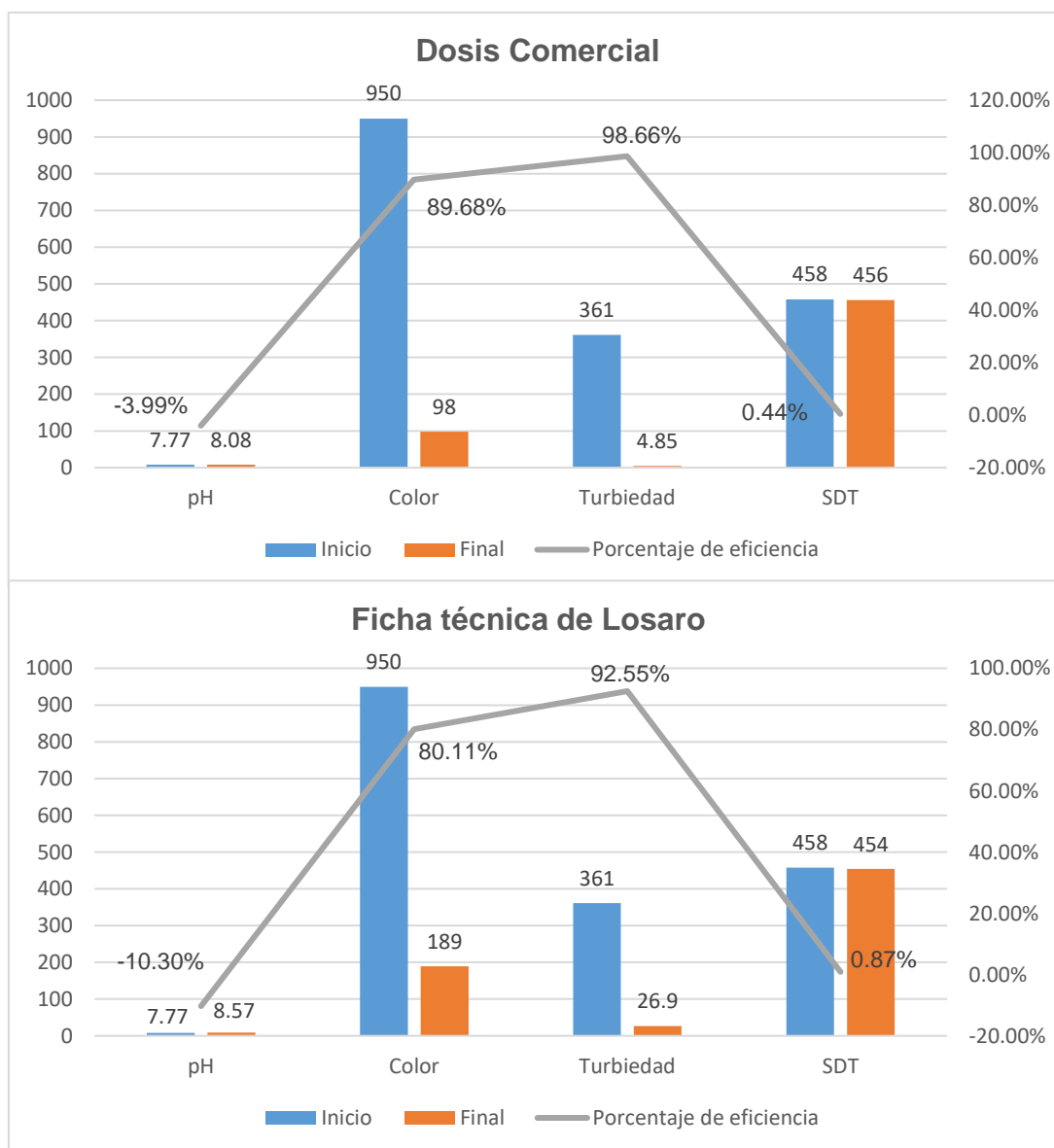
**Tabla 37**

*Aplicación del Sulfato de Aluminio expresado en porcentaje de efectividad, de ambos tratamientos.*

<b>Resultados en su dosis comercial (30mg/l)</b>				
<b><i>P. Físicoquímicos</i></b>	<b><i>% Diferencia</i></b>	<b><i>% Eficiencia</i></b>	<b><i>Final (después)</i></b>	<b><i>Antes (inicial)</i></b>
<b><i>pH</i></b>	103.99%	-3.99%	8.08	
<b><i>Color</i></b>	10.32%	89.68%	98	
<b><i>Turbiedad</i></b>	1.34%	98.66%	4.85	
<b><i>SDT</i></b>	99.56%	0.44%	456	
<b>Resultados de acuerdo a la preparación de la ficha técnica de Losaro (10 mg/500 ml)</b>				○ 7.77
<b><i>P. Físicoquímicos</i></b>	<b><i>% Diferencia</i></b>	<b><i>% Eficiencia</i></b>	<b><i>Final (después)</i></b>	○ 950 (UCV)
<b><i>pH</i></b>	110.30%	-10.30%	8.57	○ 361 (NTU)
<b><i>Color</i></b>	19.89%	80.11%	189	○ 458 (mg/l)
<b><i>Turbiedad</i></b>	7.45%	92.55%	26.9	
<b><i>SDT</i></b>	99.13%	0.87%	454	

**Figura 29**

*Porcentaje de efectividad de dos diferentes aplicaciones del Sulfato de Al.*



### **Análisis.**

Como se puede observar la tabla 18, el sulfato de Al tiende a ser más efectivo, interpretando en porcentajes, la dosis comercial incrementa el pH en 3.99%, y la aplicación con la ficha técnica en 10.30%, demostrando ser más alcalina, para el color podemos interpretar la efectividad a un 89.68% en sus dosis comercial, mientras que para la aplicación con la ficha técnica tuvo 80.11%; para la

turbiedad la efectividad fue de 98.66% en la dosis comercial, mientras que para la aplicación de la ficha técnica fue a un 92.55% y finalmente los SDT con una efectividad de 0.44% en la dosis comercial y para la aplicación de 10 mg/ 500ml de AR a tratar fue un 0.87%.

Ahora se muestra la siguiente tabla con los resultados de la aplicación de sulfato de Al tipo A, en las mejores dosis que resultaron los coagulantes naturales, para observar una comparativa en igualdad de condiciones y la efectividad al tratar las mismas muestras de AR del río Yanamayo.

**Tabla 38**

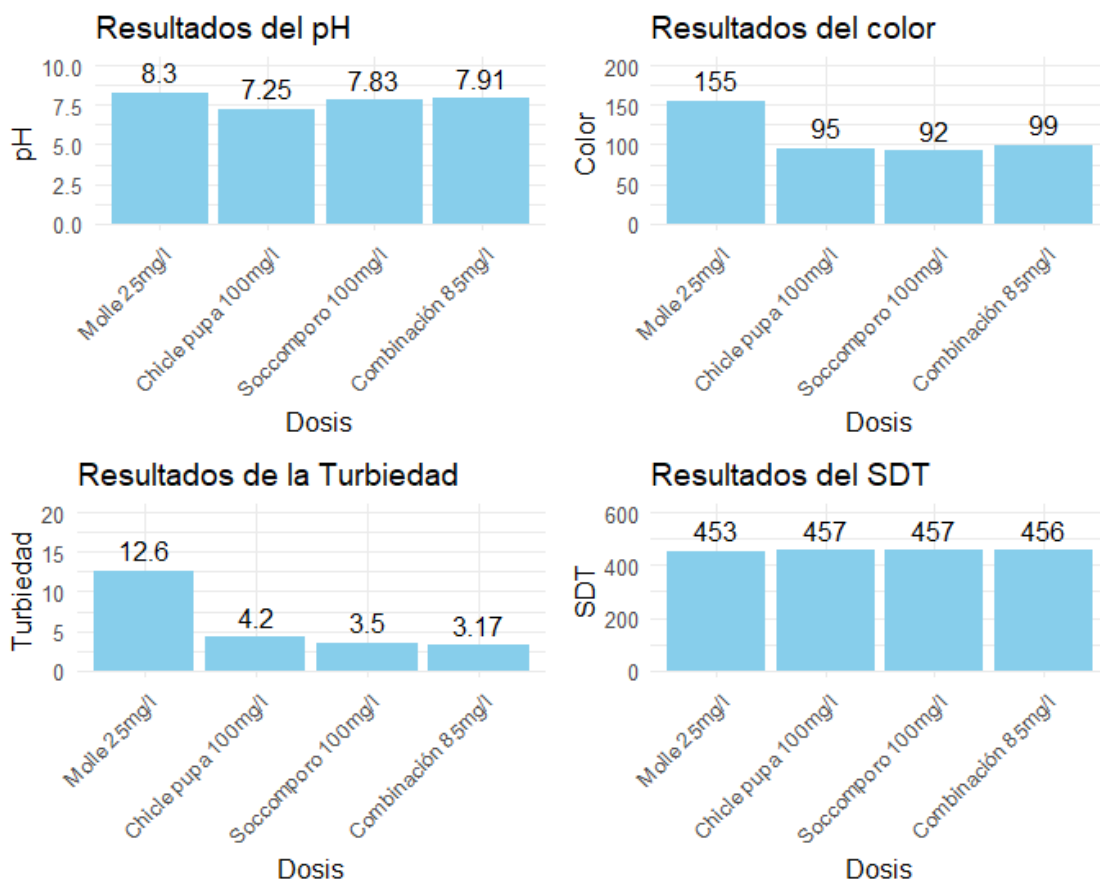
*Resultados de la aplicación de Sulfato de Al en las mismas dosis óptimas de los coagulantes naturales.*

Dosis óptimas	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (mg/l)	Resultados después de tratamiento			
		pH	Color	Turbiedad	SDT
Molle	25	8.30	155	12.6	453
Chicle pupa	100	7.25	95	4.2	457
Soccomporo	100	7.83	92	3.5	457
Combinación	85	7.91	99	3.17	456

La tabla muestra la aplicación del sulfato de Al en dosificaciones en el que los coagulantes naturales fueron más efectivos.

**Figura 30**

Gráfico de los parámetros fisicoquímicos luego de la aplicación de Sulfato de Aluminio en las mismas dosis óptimas de los coagulantes naturales.



### Análisis.

- Sulfato de Al (25 mg/l): la escala del pH de 7,77 paso a 8,3, el cual indica un AR tratada más alcalina, para el color de 950 redujo a 155 UCV, la turbiedad disminuyo de 361 a 12.6 NTU y finalmente para los SDT se observa que de los 458 se redujo a 453 mg/l.
- Sulfato de Al (100 mg/l): la escala del pH de 7,77 paso a 7,25 y 7,83 el cual indica una reducción de la escala inicial y para la otra dosificación un aumento de la escala; el color paso de 950 a 95 y 92 UCV, siendo más efectivos que la anterior dosis con una ligera diferencia de 3 unidades en mismas cantidades; la turbiedad se redujo

de 361 a 4.2 y 3.5 NTU, indicando la gran efectividad a esta dosificación con 0.7 unidades de diferencia y por ultimo para los SDT se redujo de 458 a 457 y 457 mg/l mostrando casi una nula efectividad al tratar este parámetro pero mismo efecto en misma cantidad.

- Sulfato de Al (85 mg/l): el porcentaje de hidrogeno de 7,77 paso a 7,91 mostrando un incremento de la escala, para el color se redujo de 950 a 99 UCV, en caso de la turbiedad se redujo de 361 a 3.17 NTU, siendo en esta dosis más efectiva que las demás para este parámetro y finalmente los SDT pasaron de 458 a 456 mg/l, el cual indica una ligera remoción de los sólidos disueltos.

Se determinó que el sulfato de aluminio fue más efectivo en los parámetros de pH, color y turbiedad que los coagulantes naturales, en las mejores dosis de cada una de ellas, con algunos valores semejantes, el cual demuestra su eficiencia y poder para tratar AR con las plantas aplicadas que no deberían ser descartadas ya que algunas mantienen la altura frente a este coagulante inorgánico muy usado en la industria y tratamientos de agua para el consumo del hombre. Mientras que para los SDT observamos que los coagulantes naturales son más eficientes que el sulfato de aluminio, ya que éste redujo a unos valores considerables el cual no logro el coagulante inorgánico, recordando siempre que la aplicación de las especies naturales es totalmente inocua.

Una vez analizada y observado los resultados en efectividad de cada uno de los tratamientos que se realizó con las muestras de AR del rio Yanamayo, a continuación, podremos ver la síntesis para poder comparar cada tratamiento en las mejores dosis de cada una de ellas, en la presente tabla que demuestra estas diferencias en los resultados.

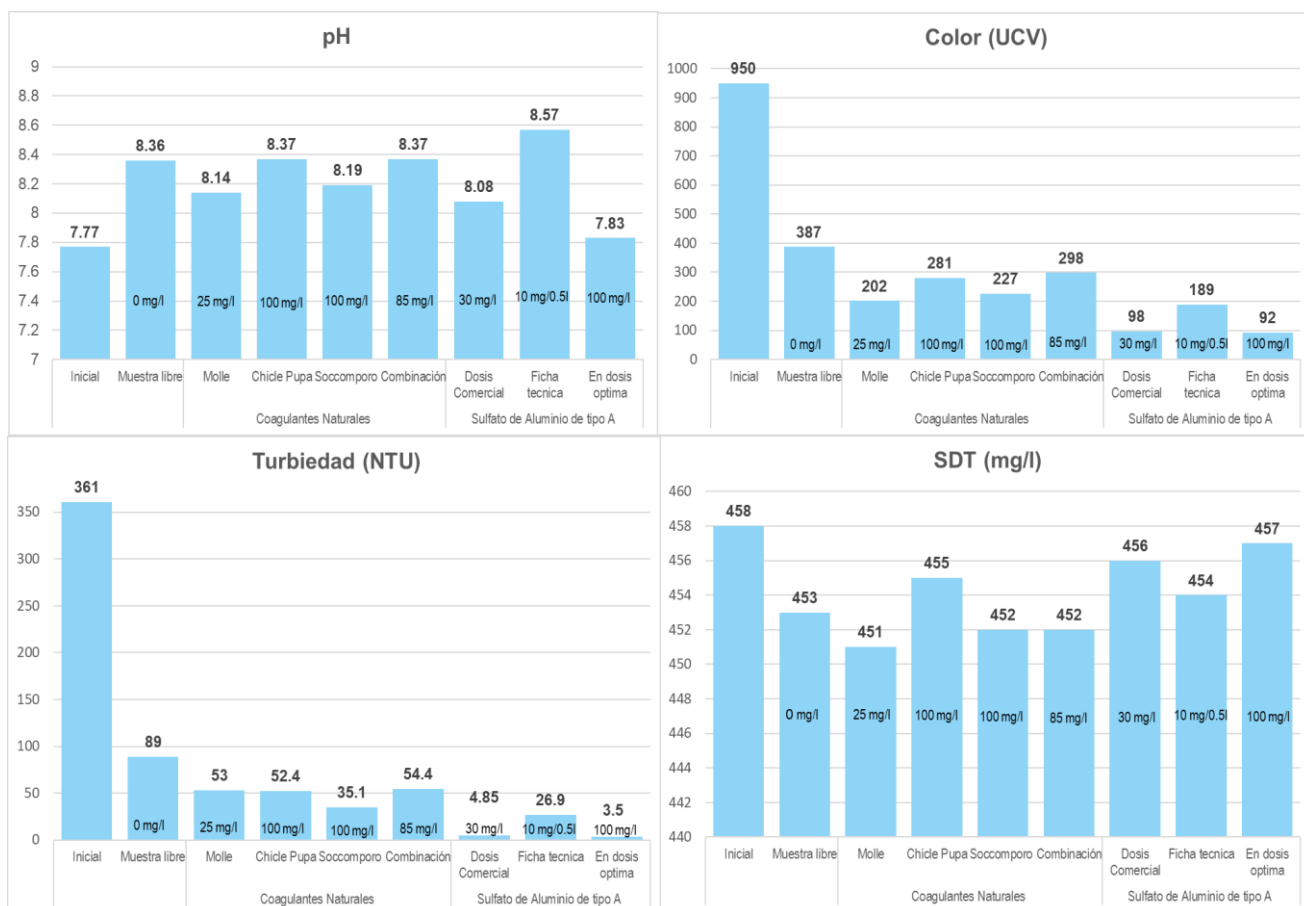
Tabla 39

Comparativa de la efectividad de los Coagulantes Naturales frente al Sulfato de Aluminio.

P. físicoquímicos	Inicial	Muestra Libre	Coagulantes Naturales (C.N)				Sulfato de Aluminio de tipo A (S.A)			
			<i>M</i>	<i>C.p</i>	<i>S</i>	<i>Comb.</i>	<i>Comercial</i>	<i>F. Técnica</i>	<i>S.A en dosis óptima</i>	
			(25mg/l)	(100mg/l)	(100mg/l)	(85mg/l)	(30mg/l)	(10mg/0.5l)	(100mg/l)	
<b>pH</b>	7.77	8.36	8.14	8.37	8.19	8.37	8.08	8.57	7.83	
<b>Color (UCV)</b>	950	387	202	281	227	298	98	189	92	
<b>Turb. (NTU)</b>	361	89	53	52.4	35.1	54.4	4.85	26.9	3.5	
<b>SDT (mg/l)</b>	458	453	451	455	452	452	456	454	457	

Figura 31

Comparativa de los mejores resultados, coagulantes naturales frente al Sulfato de Al.





### **Análisis.**

La tabla 20 nos muestra los resultados de la comparación de los coagulantes naturales frente al sulfato de Al, la figura 28 muestra la interpretación grafica de manera resumida y sencilla. Aquí es donde comprobamos la efectividad de las plantas al tratar las muestras AR, con los valores que representan cada parámetro al analizarlos en laboratorio. En el pH la aplicación con el Chicle y la combinación mantienen casi el mismo valor que la muestra libre, mientras que el Molle y el Soccomporo incrementan ligeramente la escala al del valor inicial. La aplicación del sulfato de Al, mediante la solución madre, para 30mg/l y 100mg/l, sube en menores valores el pH que los coagulantes naturales (el cual podría interpretarse que son mejores) y la aplicación del sulfato de Al de acuerdo a la Ficha técnica de la Empresa Losaro (10mg/ 0.5 l de agua a tratar) indica verterlos directamente sin preparar ninguna solución madre, este tratamiento resulto ser el más alto, ya que incrementó la escala del pH más que los demás tratamientos, el cual le convierte en una pésima elección para este parámetro.

Para el color la aplicación del sulfato de Al en dos tipos de tratamiento, resultaron más efectivos, ya que los valores logrados fueron bajos, pero a 10mg/0.5 l el sulfato fue el menos eficiente de entre los dos, dejando el valor más elevado de 189 UCV, el que podría compararse con la aplicación de los coagulantes naturales, ya que lograron valores de 202 y 227 UCV, las más efectivas que le corresponden al Molle y al Soccomporo.

En la turbiedad, los mejores resultados fueron aplicando dos tipos de dosificaciones del sulfato, ya que la aplicación guiada de la ficha técnica, mantiene el valor más elevado entre los dos. La aplicación con las especies naturales logra

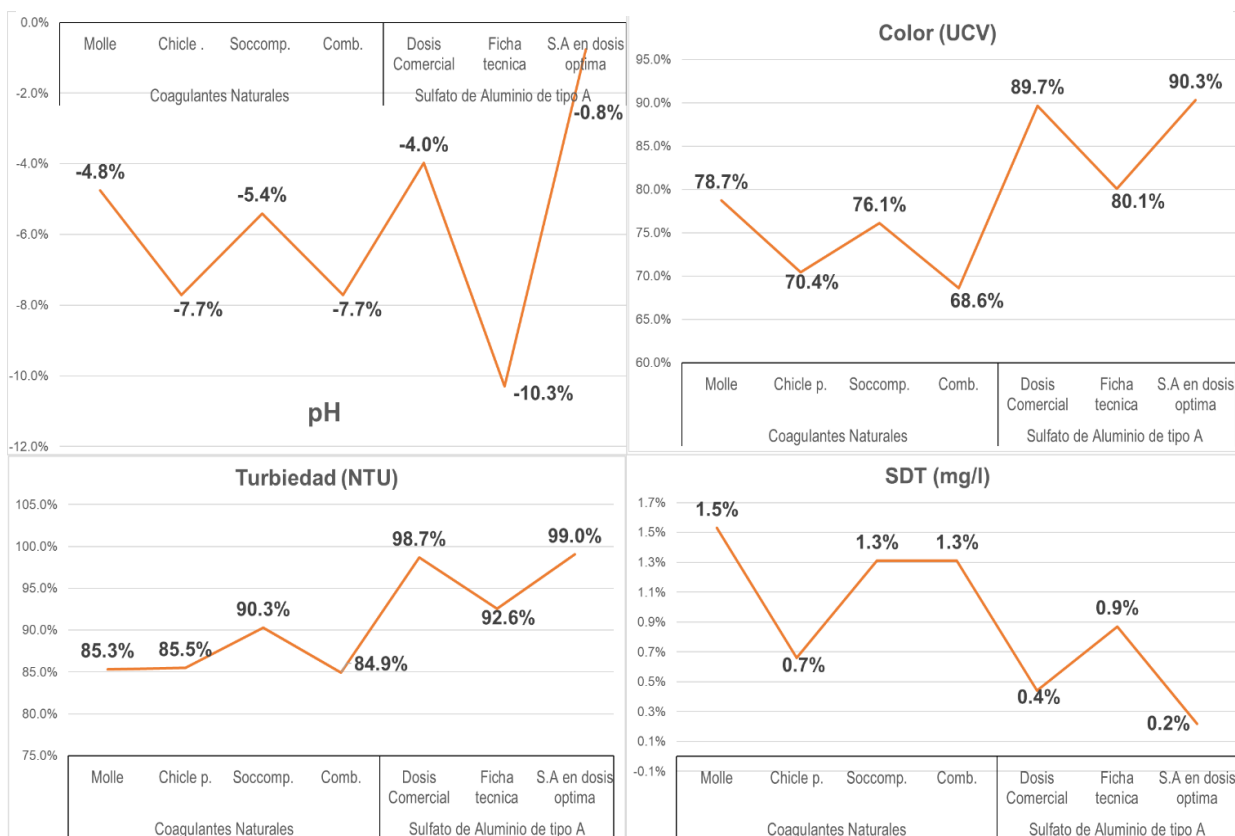
la efectividad, pero menos eficiente que el inorgánico, en este caso aplicando Soccompro se consiguió un valor de 35.1 de los 361 NTU inicial del AR.

Finalmente, los SDT observamos que este parámetro no es removido en gran cantidad por lo que se puede deducir que las mejores aplicaciones fueron con los coagulantes naturales, es aquí donde las especies lograr superar al sulfato de Al. Curiosamente en las barras de las gráficas observamos un resultado alterno a los anteriores ya que, para el sulfato de Al, el mejor resultado se logró con la aplicación de la ficha técnica, mientras que los otros dos tratamientos mantienen valores similares, aclarando que para este parámetro agregar directamente 10mg/0.5 l de agua tratar, tiene mejor resultado, pero continúa siendo inferior que los coagulantes naturales.

La siguiente figura representa los resultados expresados en porcentajes.

**Figura 32**

*Porcentaje de efectividad de los mejores resultados al aplicar coagulantes naturales y el sulfato de Al.*



### **Analisis.**

Interpretando estos resultados en porcentajes de efectividad, vemos que para el pH la grafica muestravalores negativos el cual se interpretaria como el incremento de la escala como es el caso de la Ficha tecnica el uso del sulfato de Al -10.3% fue el que mas alcalizo el agua, covirtiendola en el peor tratamiento para este parametro. Para el color los porcentajes muestran que el sulfato de Al lograron valores de 90.3%, 89.7% y 80.1% siendo los mejores, mientras que los coagulantes naturales lograron 78.7%, 76.1%, 70.4% y 68.6% resultados muy satisfactorios. La turbiedad, los mejores resultados de efectividad se lograron con el sulfato de Al consiguiendo 99.0%, 98.7% y 92.6% casi cubriendo la totalidad del tratamiento, mientras uqe para los coagulantes naturales observamos un 90.3%, 85.5%, 85.3% y 84.9%, que tambien demuestran su poder coagulador para este parametro y finalmente para los SDT observamos que la aplicación de los coagulantes naturales lograron mejores resultados en porcentajes, con valores de 1.5%, 1.3%, 1.3% y 0.7% de efectividad, mientras que el sulfato logró un 0.9%, 0.4% y 0.2% de efectividad.

Entonces podemos afirmar que el sulfato de Al es mejor para el color y la turbiedad, pero los coagulantes naturales destacan en el pH y los SDT, sin descartar que también lograron remover en el color y la turbiedad con valores muy satisfactorios, sumándole la nula contaminación secundaria que causa los coagulantes inorgánicos utilizados en los tratamientos de agua.

### **5.2. Discusión de resultados.**

Como objetivo general consideramos determinar la efectividad de los coagulantes naturales frente a un coagulante inorgánico en la remoción de parámetros fisicoquímicos con muestras de un AR pertenecientes al rio Yanamayo,

en base a ello se considera la teoría de Coagulación, en el que Ojeda, (que cita el trabajo de Olivera Huaman (2022)), nos enseña que la efectividad por coagulación es el proceso de desestabilizar las cargas de toda partícula suspendida al momento de agregar algún tipo de coagulante de origen natural o inorgánico, a la vez que la teoría sobre Coagulantes Naturales, que está presente en la investigación de Olivera, nos ilustran sobre efectividad que no perjudica las propiedades del agua a tratar, ya que es inocuo para la salud humana y demás microorganismos, debido a que las especies naturales son de complejas estructuras poliméricas, que a su vez componen diferentes proteínas, carbohidratos, entre otros., por tal teoría depende la efectividad y poder coagulador. Dentro de la teoría se considera también a los coagulantes inorgánicos compuestos mayormente de sales de Fe y Al, causantes de desestabilizar las cargas negativas, un claro representante el Sulfato de Al que en la actualidad forma parte de la industria y el tratamiento de agua a gran escala, esta composición química es un metal muy toxico que se concentra en los organismos de todo ser vivo, causando diferentes enfermedades a largo plazo. (Bolivar, 2022). Parte de las bases teóricas Ibarra Rodriguez (2020) nos dice sobre los factores que influyen para una correcta efectividad en el proceso de coagulación, que incluye a los parámetros fisicoquímicos, como el pH, turbiedad y solidos disueltos, estos van sujetos al tipo de insumo (coagulante), método de aplicación, el tiempo, temperatura y otros factores. Los resultados que se lograron en la presente investigación corrobora lo mencionado en la teoría, logrando un tratamiento de las muestras de AR del rio Yanamayo en los parámetros fisicoquímicos aplicados, con una efectividad de 89% con lo coagulantes naturales frente al 97% del sulfato de Al en promedios generales, el cual coincide con la investigación de Barreto et al (2019), donde trató aguas residuales empleando

coagulantes naturales (semilla de palta y el mucilago de café) cuya efectividad logró 48% frente a la efectividad del 95% con el uso del sulfato de Al, observando una gran ventaja que lleva el coagulante inorganico para este caso, pero podemos considerar aun mas resultados como el de Sierra et al (2019), quienes lograron una efectividad con la medula de banano de 68% frente a un 98% que logró el sulfato de Al, considerando los resultados que realizó en otras investigaciones con la medula de banano, que llegaron a un 99% de efectividad, otros resultados realizaron experimentos solo empleando coagulantes naturales como el caso de Olivero et al (2017) quienes trataron agua de un rio empleando *Moringa O.* y la *Opuntia F.* consiguiendo un resultado de 90% de efectividad. Por lo tanto los resultados de los antecedentes con la presente investigación demuestran que si existe efecto al someter en tratamiento una muestra de agua contaminada, con un coagulante natural, siendo menos efectiva que el inorgánico en la mayoría de casos, pero se debe tener en cuenta también que la aplicación con lo natural logra resultados similares al inorgánico, todo dependiendo de la cantidad, situación y metodología a usar, resaltando también que los residuos generados en los tratamientos con los coagulantes inorgánicos, no son aprovechables, causando deterioro y enfermedades a largo plazo en el medio ambiente y el hombre, caso contrario al emplear coagulantes naturales ya que los residuos generados son aprovechables para diferentes actividades de la agricultura y no representan riesgo a la salud, referenciado en Cevallos et al (2022) quienes llegaron a esa conclusión.

Como primer objetivo específico se planteo determinar la concentración inicial de los parametros fisicoquimicos de las muestras de AR del rio Yanamayo, antes de someterlas a un tratamiento, por lo cual se considera la teoria de Tejero et al (2012) sobre los "Parametros Fisicoquimicos", citado en el trabajo de Chavarria

et al (2024), donde nos dicen que son de gran importancia porque indican las condiciones iniciales del agua, brindando ciertas propiedades, que ayuden a elegir sus distintos usos, algunos son percibidos por el cuerpo humano y dependiendo de su estado afectan el ambiente acuático, también son necesarios para identificar contaminantes de origen químico presentes en el agua y analizar el estado real de la fuente hídrica. Por ello es de principal importancia considerar la medición antes, de un cuerpo de agua a ser tratada para conocer los contaminantes y la cantidad que lo conforma. Los resultados encontrados para las muestras de AR del río Yanamayo en los p. físicoquímicos aplicados fueron: pH con 7.77, indicando estar dentro de la escala, un color de 950 UCV, que lo caracterizó inmediatamente como agua turbia a simple vista, excediendo los ECAs en las dos categorías tomadas de punto de referencia a comparar, en turbiedad llegó a 361 NTU, por lo que excede solo la categoría 1 de los ECAs y finalmente los SDT con 458 mg/l, demostrando estar dentro del ECA para agua. Si bien se aclara que el propósito no es alcanzar las categorías a través del tratamiento, es más utilizado en referencia para poder observar el comportamiento del poder coagulador de las especies utilizadas, que sumen de conocimiento y valores reales aplicables en referencia para otros posibles estudios, por tal motivo se encontró resultados semejantes al campo de estudio en el trabajo de Olivero et al (2017) donde realiza el tratamiento de agua de un río, con coagulantes naturales y/o inorgánico, en el que también realizó una evaluación para conocer el estado inicial de su muestra de agua en los p. físicoquímicos de: Turbiedad, Absorbancia y pH, cuyos resultados fueron de 489, 464 y 433 NTU; una absorbancia de 0.266, 0.198 y 0.259 N.A; la escala del pH con 6.89, 8.2 y 7.3. Basados en el decreto de su país (Colombia) N° 1575-2007, indicando que la turbiedad no debe exceder de 2 NTU y para el pH estar dentro de

6.5 a 9. Otro trabajo que coincide con analizar la concentración inicial de los p. fisicoquímicos de su muestra de agua, es el de Cevallos et al (2022), quienes determinaron resultados para Turbiedad con 1153.33 NTU, un color de 8197.33 PCU, los Sólidos Suspendidos Totales de 850.67 mg/l y un pH de 7.1, concentración que tiene las muestras de AR de una fábrica de harina de pescado, valores que no cumplen en la tabla 8 del libro TULSMA que establece límites de descarga al sistema de alcantarillado público y que sometieron a tratarlos con coagulantes naturales y coagulantes inorgánicos.

Por lo tanto realizar un estudio antes de someterlas a tratamientos, es fundamental como indica el aporte teórico y los antecedentes, ya que solo así observaremos cambios en las variables que nos permitirá identificar la concentración inicial y final, como también la efectividad de la aplicación de los coagulantes utilizados.

Como segundo objetivo específico se planteó determinar los parámetros operacionales adecuados del Soccomporo para lograr una efectividad en la remoción de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de AR del río Yanamayo en base ello se considera la teoría de la doble capa eléctrica propuesta por Helmholtz ya que modela la superficie intermedia sobre la partícula coloidal y el seno del líquido, base fundamental para comprender la formación de los coágulos (a través del test de jarras), al agregar Soccomporo sobre la muestra de AR (en diferentes dosis), este pasará a un proceso de desestabilizar la suspensión coloidal, retirando las capas eléctricas que cubren a las partículas coloidales (que comprende al tiempo de espera), como indica Ojeda en el trabajo de Olivera H. (2022) y que esto se da por sus cargas catiónicas y estructura poliméricas que tienen un gran potencial.

Los resultados obtenidos con los parámetros operaciones adecuados para el Soccompro (dosis del coagulante, Velocidad de agitación y el tiempo de sedimentación) en la escala del pH, fue de 8,19 de 7,77 valor inicial, incrementando 0,42 unidades, mientras que la efectividad para el color fue del 76.11%, una turbiedad con 90.28% y para los SDT se consiguió el 1.31%, con 100 mg/l a 140 rpm/min rápido, 35 rpm/15min lento y un tiempo de sedimentación de 30 min. La aplicación del Soccompro fue más efectiva en el pH y turbiedad sin descartar los eficientes resultados para el color y poca influencia para los SDT el cual lo convierte en una excelente alternativa natural. Resultados similares al de Rivera et al (2022) ya que su trabajo de investigación fue evaluar la eficiencia de las semillas del frijol, con unas muestras de AR doméstica, en el pH y turbiedad, cuyo parámetros operacionales adecuados que lograron fue a 1000 mg/l a 150 rpm/min rápido, 30 rpm/10min lenta y un tiempo de sedimentación de 20 min, logrando un pH de 6 del 5,75 inicial de su muestra, incrementando 0.25 unidades, mientras que la efectividad que logro con las semillas del frijol para la turbiedad fue de 59.69% de remoción. Y con el sulfato de Al logro una turbiedad de 79.06%, siendo este mayor en un 21.37% que el natural. Otro trabajo de investigación que comparte similitud se encontró en Azabache et al (2022) donde trataron el agua de una quebrada empleando coagulante de almidón de yuca y el sulfato de Al, cuyos parámetros operacionales que manejaron fueron diferentes excepto la dosis adecuada del almidón, que fue a 1 mg/l, en las que consiguieron una efectividad para el color y turbiedad de 48% y 50% de remoción, sin afectar la escala del pH por tratarse del coagulante natural mientras que el c. inorgánico logró una efectividad de 85% y 95% para el color y turbiedad.



En tal sentido los antecedentes y la coincidencia con la presente investigación demuestran que es importante identificar los parámetros operaciones adecuados para lograr un efecto significativo en la remoción de los parámetros fisicoquímicos, ya que se demostró que los resultados con el Soccomporo si influenciaron en el pH y turbiedad (sin descartar al color ya que para los SDT no logro un efecto significativo) como en el trabajo de Rivera y Azabache et al., sus coagulantes naturales lograron influenciar en pH, color y turbiedad, por ende se muestra como existen alternativas naturales que podrían reemplazar al sulfato de Al para el tratamiento primario del agua, así como la investigación de Cevallos et al (2022), quien se planteó evaluar la eficacia de coagulantes sintéticos y naturales (gel de sábila y pitahaya) en el tratamiento de AR generadas en la industria pesquera, concluyendo que los coagulantes sintéticos son efectivos y económicos, sin embargo generan lodos tóxicos que producen cáncer a los organismos y no son aprovechables a diferencia de los naturales.

Como tercer y cuarto objetivo específico se planteó determinar los parámetros operacionales adecuados del Molle y Chicle pupa como coagulante natural para lograr una efectividad en la remoción de parámetros fisicoquímicos, con muestras de aguas del río Yanamayo con la que se considera la teoría de Coagulación, que empleamos para los coagulantes naturales, según Olivera H. (2022) indica que tienen un gran potencial que contienen carbohidratos, taninos y proteínas, siendo biodegradables. Dependiendo de la estructura, propiedades y la forma de operacionalización de cada especie natural podremos encontrar diferentes resultados aplicados en diferentes parámetros fisicoquímicos, siendo este el caso se empleó dos especies nuevas en el presente campo de estudio para utilizarlas como remediadores de agua, es aquí donde consideró la base teórica de

Aguas Residuales que según la OMS son un recurso valioso del cual pueden recuperarse varios elementos, como agua limpia, energía y nutrientes. (Baeza, 2023)

Los resultados obtenidos con los parámetros operaciones adecuados para el Molle y Chicle p. (dosis del coagulante, Velocidad de agitación y el tiempo de sedimentación) en la escala del pH, fue de 8,14 y 8,37 de 7,77, incrementando 0,37 y 0,6 unidades, mientras que la efectividad para el color fue del 78.74 y 70.42%, una turbiedad lograda de 85.32 y 85.48%, finalmente para los SDT se consiguió el 1.53 y 0.66%, con 25 y 100 mg/l de las mejores dosis a 140 rpm/min rápido, 35 rpm/15min lento y un tiempo de sedimentación de 30 min. La aplicación con Molle fue más efectiva en el pH, color y SDT sin descartar los eficientes resultados para la turbiedad el cual lo convierte en una excelente alternativa natural, mientras que con el Chicle fue el segundo mejor para la turbiedad sin descartar el eficiente resultado para el color ya que para el pH y los SDT no tuvo un efecto significativo.

Resultados similares al de Cevallos et al (2022) ya que su trabajo de investigación fue determinar la eficiencia con el mucilago de la cascara de pitahaya y la Sábila, con unas muestras de AR de la producción de harina de pescado, en el pH, color y turbiedad, cuyo parámetros operacionales adecuados que lograron fue a 90 y 100 mg/l a 250 rpm/min rápido, 35 rpm/15min lenta y un tiempo de sedimentación de 30 min para ambos tratamientos, logrando un pH de 7 y 7,2 del 7,1 inicial de su muestra, incrementando 0.1 y 0.2 unidades, mientras que la efectividad que logro para el color fue de 68.28 y 83.28% de remoción y para la turbiedad fue de 62.26 y 75.15%. Y como el trabajo muestra también el tratamiento con con el sulfato de Al y el policloruro de Al es pertinente mencionar que logro un pH de 7 y 6,5, en el color presenta ausencia de este dato para el sulfato de Al, pero

con el policloruro de Al logró al 99.73% y para la turbiedad fue 99.87 y 99.59%, demostrando ser superior que el natural. Otro trabajo de investigación que comparte similitud se encontró en Barreto et al (2019) donde compararon el coagulante extraído del mucilago de café y la semilla de palta en el agua proveniente de una quebrada, cuyos parámetros operacionales adecuados fue de 300 y 120 mg/l a 100 rpm/3min rápido, 40 rpm/15min lento con un tiempo de sedimentación de 1 hora, en las que consiguieron una efectividad para la turbiedad 65 y 30%, el color de a un 30 y 39% de remoción, mientras que el c. inorgánico logró una efectividad de 99 y 90% para la turbiedad y color. En la presente investigación, también se encontró que el sulfato de Al superó a los coagulantes naturales en términos de remoción de turbidez y color.

Los antecedentes y sus coincidencias con la presente investigación, se observó que los coagulantes naturales, aunque menos eficientes, pueden ofrecer ventajas ambientales significativas de acuerdo a una estricta identificación de los parámetros operaciones a los que se someterán las especies orgánicas, ya que toda existe una brecha con la manipulación de los coagulantes naturales y sus metodologías a explorar, pero es un hecho que los tratamientos orgánicos tienen bajos impactos negativos, como menciona el trabajo de Cevallos et al (2022), la generación de lodos son aprovechables en caso de emplear coagulantes orgánicos, la inocuidad en la salud del hombre y los recursos con los que intersece, caso que no es posible con los coagulantes inorgánicos del cual desprenden innumerables impactos al medio ambiente, los seres vivos y el sofisticado manejo que requiere.

Finalmente como ultimo objetivo específico se planteó determinar los parámetros operaciones adecuados de la combinación de las tres especies naturales para lograr una efectividad en la remoción de los parámetros

fisicoquímicos de las muestras de AR del río Yanamayo, para ello se considera de igual manera la teoría de Hemholtz ya que explica sobre la distribución de las cargas eléctricas del cual se parte camino para comprender el proceso de coagulación al desestabilizar la carga negativa de la partícula coloidal, en base a la teoría mencionada se interpretó que existiría la formación de coágulos al combinar las tres especies de coagulantes naturales, proporcionando una nueva fórmula para experimentar.

Los resultados obtenidos con los parámetros operaciones adecuados para la combinación (dosis del coagulante, velocidad de agitación y el tiempo de sedimentación) fue con 85 mg/l a 140 rpm/min rápido, 35 rpm/15min lento y un tiempo de sedimentación de 30 min, en relación de 15C%;35M%;50S% que tuvo resultados en la escala del pH, de 8,37 de 7,77 valor inicial, incrementando 0,6 unidades, mientras que la efectividad para el color fue del 68.63% siendo el menor de todas las aplicaciones con las especies naturales, una turbiedad con 84.93% que le coloca en una resultado similar al de la efectividad del molle y el chicle y para los SDT se consiguió el 1.31% que le posiciona en el segundo lugar junto a la efectividad del soccomporo ya que el molle en el tratamiento posiciona el primer lugar entre los coagulantes naturales. La combinación de las tres especies no tuvo mucha influencia significativa en los parámetros fisicoquímicos, por lo que se puede afirmar para este caso, que las aplicaciones individuales son la mejor opción a considerar.

Estos estudios se pueden asemejar con la investigación de Olivero et al (2017) ya que empleo como coagulantes naturales la *O. ficus* y la *M. Oleifera*, frente al Sulfato de Al, los autores de igual manera realizaron una experimentación combinando las dos especies naturales, cuyos resultados fueron superiores que al

aplicarlos por separados, siendo el porcentaje de efectividad de la combinación para el parámetro de turbiedad en un 94% en relación de 60M%;40O% y para el pH partiendo del valor inicial de 7, aplicando la combinación alcanzo un 8 el porcentaje de hidrogeno. Frente a la efectividad del sulfato de Al que los autores emplearon, lograron para la turbiedad un 99.7% y un pH de 8. Con lo que se reafirma que al emplear coagulante inorgánico suele ser mejor los resultados, pero reiteremos que no son convenientes, ya que en la investigación de Pastrana et al (2023) y Carriquiriborde (2021) nos afirma que el coagulante inorgánico como el sulfato de Al es muy aplicado en el tratamiento de aguas, pero el riesgo de contaminación es irreparable, pues estos dejan residuos de Al que fácilmente se bioacumulan y pasan a biomagnificarse a través de los organismos. La combinación de coagulantes naturales, como se demostró en el estudio actual, puede ofrecer una alternativa viable y más ecológica al uso exclusivo de sulfato de Al, especialmente cuando se buscan soluciones que equilibren la eficiencia y la sostenibilidad ambiental.

## VI. Conclusiones

**Conclusión General.** La efectividad de los coagulantes naturales (Soccomporo, Molle y Chicle pupa) empleados resultaron de 89%, frente al sulfato de Aluminio que logró un 97%, para los parámetros fisicoquímicos de pH, color, turbiedad y los sólidos disueltos totales, para un tratamiento primario con muestras de agua residual del río Yanamayo, contando también que la aplicación de insumos naturales son inofensivos y aprovechables con los residuos que se genera, caso que empleando el sulfato de aluminio no se consigue.

**Conclusión 1.** La concentración inicial de la muestra del agua del río Yanamayo sobre los parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio de la planta de tratamiento de agua del distrito Mantaro fueron de 7.77 en pH, 458 mg/l de SDT, 950 UCV de color y una turbiedad de 361 NTU, y que dos de los parámetros fisicoquímicos como el color y turbiedad son las que sobrepasan los ECAs en la categoría 1 y 3 del agua.

**Conclusión 2.** Al emplear la especie natural de Soccomporo se determina, que a una sola programación en el test de jarras y tiempo de sedimentación de 30 min para todos los tratamientos, fueron los parámetros operaciones adecuados en este estudio, se logró una efectividad en su dosis adecuada de 100 mg/l obteniendo un pH de 8.19 elevó la escala inicial en 0.42 unidades, para el color logró el 76.11% de efectividad, para la turbiedad 90.28% y los sólidos disueltos totales al 1.31%, siendo más efectivo en la turbiedad ya que el sulfato de aluminio logró un pH de 7.83, 8.08 y 8.57 en las diferentes dosificaciones, un color de 86.70% en promedio, una turbiedad de 96.75% en promedio y finalmente los sólidos disueltos totales logró el 0.51% en promedio con las diferentes dosificaciones, demostrando una

ventaja de efectividad en el color con 10.59 unidades y en la turbiedad con 6.47 unidades de distancia.

**Conclusión 3.** Al emplear la especie natural de Molle se determina, que a una sola programación en el test de jarras y tiempo de sedimentación de 30 min para todos los tratamientos, fueron los parámetros operaciones adecuados en este estudio, se logró una efectividad en su dosis adecuada de 25 mg/l obteniendo un pH de 8.14 que elevó la escala inicial en 0.37 unidades, en el color logró 78.74% de efectividad , una turbiedad de 85.32% y los sólidos disueltos totales al 1.53%, siendo más efectivos en el color y los SDT con gran diferencia, el sulfato de aluminio logró un pH de 7.83, 8.08 y 8.57 en sus diferentes dosificaciones, un color de 86.70% en promedio, una turbiedad de 96.75% en promedio y finalmente para los sólidos disueltos totales logró el 0.51% en promedio en sus diferentes dosificaciones, demostrando una ventaja de efectividad en porcentaje del color con 7.96 unidades y los SDT con 1.02 unidades de distancia.

**Conclusión 4.** Al emplear la especie natural Chicle pupa se determina, que a una sola programación en el test de jarras y tiempo de sedimentación de 30 min para todos los tratamientos, fueron los parámetros operaciones adecuados en este estudio, se logró una efectividad en su dosis adecuada de 100 mg/l obteniendo un pH de 8.37 que elevó la escala inicial en 0.6 unidades , para el color consiguió el 70.42% de efectividad , una turbiedad de 85.48% y los sólidos disueltos totales al 0.66%, siendo ligeramente más efectivos en la turbiedad, el sulfato de aluminio logró un pH de 7.83, 8.08 y 8.57 en sus diferentes dosificaciones, un color cuyo porcentaje representa el 86.70% en promedio, una turbiedad de 96.75% en promedio y finalmente para los sólidos disueltos totales logró el 0.51% en promedio

en sus diferentes dosificaciones, demostrando más ventaja de efectividad en la turbiedad con 11.27 unidades de distancia.

**Conclusión 5.** Finalmente al haber combinado las tres especies naturales se determina, que a una sola programación en el test de jarras y tiempo de sedimentación de 30 min para todos los tratamientos, fueron los parámetros operaciones adecuados en este estudio, se logró una efectividad en su dosis adecuada de 85 mg/l obteniendo un pH de 8.37 que elevó la escala inicial en 0.6 unidades , para el color consiguió el 68.63% de efectividad , una turbiedad de 84.93% y los sólidos disueltos totales al 1.31%, siendo ligeramente más efectivo en la turbiedad, el sulfato de aluminio logró un pH de 7.83, 8.08 y 8.57 en sus diferentes dosificaciones, un color cuyo porcentaje representa el 86.70% en promedio, una turbiedad de 96.75% en promedio y finalmente para los sólidos disueltos totales logró el 0.51% en promedio en sus diferentes dosificaciones, demostrando más ventaja de efectividad en la turbiedad con 11.82 unidades de distancia.



## VII. Recomendaciones

01. Para poder mejorar el porcentaje de efectividad de las especies naturales debemos considerar realizar más investigaciones sobre cada especie ya que como todo ser vivo contiene diversos componentes en sus propiedades y al realizar la experimentación es importante incrementar el número de tratamientos, identificando los parámetros operacionales que se adecue mejor al tipo de especie a emplear para lograr una aproximación de mejores resultados.
02. Se recomienda a la UTEA implementar en los laboratorios, equipos como el multiparámetro y test de jarras para poder realizar las mediciones en el campo del agua pues es un gran obstáculo para futuras investigaciones.
03. Para el tratamiento primario de AR es recomendable emplear especies de la familia cactácea como el Soccomporo ya que su efectividad es mayor para la turbiedad, color y pH, al contener mucilago, este le favorece más en la formación de los coágulos y al compararlo con el sulfato de Al, la distancia de efectividad es menor, por lo que considerar reemplazar los coagulantes inorgánicos es necesario debido a las innumerables desventajas.
04. Al aplicar el Molle a la muestra de AR del río Yanamayo se observó un buen desempeño para el color y los SDT por lo que es prescindible emplearlos con otros tipos de parámetros que hay para el agua, ya que todavía se desconoce su efecto sobre otras circunstancias de aplicación.
05. Considerar otro tipo de metodología de obtención del producto coagulador y la aplicación para las especies naturales aplicadas,

especialmente para el Chicle pupa ya que, por ser nuevas de estudio en este tema, se empleó la misma metodología para las tres especies, por lo que podemos tener diferentes resultados a distintas metodologías.



- Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional de la UNU.  
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3851>
- BOSS TECH. (22 de Junio de 2023). Conoce el proceso de la sedimentación en aguas residuales.  
*BossTech.pe*. Obtenido de <https://bosstech.pe/proceso-sedimentacion-aguas-residuales/>
- Cano, G. M. (22 de Abril de 2019). Estudio Comparativo del alumbre y cogulantes naturales para remover la turbidez del agua en el centro poblado Agropensa-Barranca, 2019. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión]. Repositorio UNJFSC.  
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7547>
- Carrasco, J. (14 de Junio de 2022). Evaluación y propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, distrito de Poroy, Cusco-2022. [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la UCV.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22384?locale-attribute=es>
- Carriquiriborde, P. (Ed.). (22 de Abril de 2021). *Principios de Ecotoxicología. Biodisponibilidad, bioconcentración, bioacumulación y biomagnificación de los contaminantes* (cap. 3, pp. 62-92). Argentina: Universidad Nacional de la Plata.  
<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/131168>
- Cevallos, N., Burgos, G., & Cordova, A. (15 de Agosto de 2022). Evaluación de la eficacia de coagulantes sintéticos y naturales en el tratamiento de aguas residuales generadas en la producción de harina de pescado. *Publicaciones En Ciencias Y Tecnología*, 16(2), 54-68.  
<https://revistas.uclave.org/index.php/pcyt/article/view/4024>
- Chavarria, E., Lopez, G., Chavez, M., Orellana, D., Perez, J., & Roca, W. (18 de Marzo de 2024). *Evaluación de parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua del río San Juan de Pillo, Tayacaja* (1ra ed.). Fondo editorial UNAT.  
<https://fondoeditorial.unat.edu.pe/index.php/EdiUnat/catalog/book/51>
- Chipana, J. (2022). Caracterización y evaluación de los lodos residuales provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) la escalerilla, para su reaprovechamiento en la agricultura [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional de UNSA.  
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/62c4d3a4-9d4e-4ae8-9e8d-b387cb180b8c/content>
- Choque, D., Choque, Y., Solano, A., & Ramos, B. (Agosto de 2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Scielo*, 38(2), 298-309.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852018000200008&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852018000200008&script=sci_arttext)
- Clean TeQ Water. (Setiembre de 2020). *Reutilización de Aguas Residuales Municipales*.  
<https://www.cleanteqwater.com/es/mercados/reutilizacion-de-aguas-residuales-municipales/>
- Conesa, P., & Pilar, E. (11 de Julio de 2000). Operativización de Variables en la Investigación Psicológica. *Psicothema*.  
[https://www.psicothema.com/pi?pii=538#:~:text=De%20forma%20cl%C3%A1sica%2C%20se%20puede,replicar%20\(Rosel%2C%201986\).](https://www.psicothema.com/pi?pii=538#:~:text=De%20forma%20cl%C3%A1sica%2C%20se%20puede,replicar%20(Rosel%2C%201986).)
- Dearmas, D., & Ramirez, L. (1 de Julio de 2015). Remoción de nutrientes mediante cogulantes naturales y químicos en planta de tratamiento de aguas residuales, Valledupar Colombia.

- Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 183-196.  
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1415>
- Diario Oficial el Peruano. (21 de Enero de 2023). MVCS traslada 12 toneladas de sulfato de aluminio para potabilizar el agua en Puerto Maldonado. *Diario Oficial el Peruano*.  
 Obtenido de <https://elperuano.pe/noticia/202713-mvcs-traslada-12-toneladas-de-sulfato-de-aluminio-para-potabilizar-el-agua-en-puerto-maldonado>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (13 de Marzo de 2024). *Información sobre la protección de las fuentes de agua*. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-sobre-la-proteccion-de-las-fuentes-de-agua>
- EPS SEDACUSCO S.A. (5 de Julio de 2023). *El proceso de producción de agua potable*.  
<https://www.sedacusco.com/comunicados/el-proceso-de-produccion-del-agua-potable/#>
- Escuela de Post Grado Industrial. (20 de Octubre de 2022). *Tratamiento de aguas : que es, tipos y donde formarse*. <https://postgradoindustrial.com/tratamiento-aguas-tipos-formacion/>
- FLOWEN. (27 de Julio de 2022). *Proceso de coagulación y floculación en el tratamiento de efluentes*. <https://flowen.com.pe/coagulacion-y-floculacion-en-el-tratamiento-de-aguas/>
- Genesis Water Tech. (07 de Setiembre de 2023). *Coagulantes/Folculantes Naturales: ¿Cuál es el ¿Lo mejor para el tratamiento del agua?*. <https://es.genesiswatertech.com/blog-post/natural-coagulants-what-is-best-for-water-treatment/>
- Gomez, T. (13 de Febrero de 2023). Introducción *in vitro* de *Corryocactus ayacuchoensis* "puchjuli" con compuestos orgánicos, 6 bencilaminopurina y ácido naftalenacético, Ayacucho 2021. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanaga]. Repositorio de la UNSCH.  
[https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/5345/1/TESIS%20B929\\_Gom.pdf](https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/5345/1/TESIS%20B929_Gom.pdf)
- Gonzales, F. (Julio de 2023). Árboles, religión y cambios socioambientales en los Andes centrales: El caso del "*Schinus molle*" L. en la Cordillera Negra, Perú. *Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente*, (12), A-005.  
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/Kawsaypacha/article/view/26853>
- Guerra, K. (31 de Julio de 2020). Impacto del vertido, del proceso de potabilización del agua, en la cantidad de Aluminio en las aguas del río Shilcayo, Tarapoto, 2018 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín. Repositorio de la UNSM.  
<https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3957/1/ING.%20AMBIENTAL%20-%20Kenyo%20Bryand%20Guerra%20V%C3%A1squez.pdf>
- Guevara, P. (15 de enero de 2024). Guía para enter el tratamiento del agua. *Safety Culture*.  
<https://safetyculture.com/es/temas/tratamiento-de-aguas/>
- HANNA Instruments. (2024). *Parámetros Físicoquímicos*. <https://hannachile.com/base-de-conocimiento/>
- Hernandez, R., & Mendoza, P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas: cuantitativa ,cualitativa y mixta* (1ra ed.). McGRAW-HILL INTERAMERICANA  
<http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>

- Herrea, G. (2007). Optimización de parámetros operacionales en unidad de osmosis inversa [Tesis de Mestria, Escuela Politecnica Nacional]. Repositorio digital - EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8350>
- Higiene Ambiental . (01 de Junio de 2023). *Qué nos dice la conductividad sobre la calidad del agua de consumo*. <https://higieneambiental.com/conductividad-y-calidad-del-agua-potable>
- Huaman, F. (11 de Julio de 2023). Análisis de polifenoles en poblaciones de *Ligaria cuneifolia* (R. et P.) Tiegh (Loranthaceae) que crecen en la provincia de Huamanga de la región de Ayacucho [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga. Repositorio de la UNSCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5153>
- Huaman, H., Arauco, S., Rojas, R., & Rojas, J. (30 de Junio de 2020). Optimización de la cantidad de coagulantes para la producción de agua potable en zonas de la sierra del Perú [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio de la UCV. <https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ucv-scientia/article/view/920>
- Huaranca, Y. (19 de Mayo de 2023). Evaluación de la calidad del agua de la laguna de Matara, Distrito de Huaquirca, Provincia de Antabamba- Apurímac, 2020 [Tesis de Pregrado, UTEA]. Repositorio de la UTEA. <https://repositorio.utea.edu.pe/items/bf13626a-2b01-4808-a741-59964b40f394>
- Huelva. (2018). *Especiales ambientales contaminantes*. <https://www.lineaverdehuelva.com/lv/consejos-ambientales/contaminantes/Que-es-la-contaminacion-ambiental.asp>
- Ibarra Rodriguez, D. (31 de Agosto de 2020). Análisis integral y optimización de un proceso de floculación-coagulación empleando pectina de nopal para el tratamiento de aguas contaminadas con metales de la industria de la galvanoplastia [Tesis Doctorado, CIDETEQ]. Repositorio CIDETEQ. <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1021/453>
- IBM . (2024). *IBM SPSS Statistics*. <https://www.ibm.com/mx-es/products/spss-statistics>
- Infomed Instituciones. (2023). *Alcaloides*. <https://instituciones.sld.cu/medicinaturalssp/alcaloides/#:~:text=Sustancias%20org%C3%A1nicas%20nitrogenadas%20con%20car%C3%A1cter,rango%20terap%C3%A9utico%20es%20muy%20estrecho>
- Ingenieria. (15 de Enero de 2021). Proceso de remoción de contaminantes. *Ingenieria*. Obtenido de <https://blog.cbr-ingenieria.com.mx/proceso-de-remocion-de-contaminantes>
- Instituto de la Calidad Ambiental. (20 de Enero de 2023). *Alcaloides*. <https://institutoambiental.pe/eca-para-agua/#:~:text=El%20est%C3%A1ndar%20de%20calidad%20ambiental,una%20ciudad%20regi%C3%B3n%20o%20pa%C3%ADs>
- Instituto Nacional del Cancer . (2023). *pH*. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/ph>
- Kuprat, M. (31 de julio de 2019). Sulfato de Aluminio en el agua es un peligro. *Agua Viva eco tecnologias*. Obtenido de <https://www.agua-viva.info/blog/el-sulfato-de-aluminio-en-el-agua-es-un-peligro-n22>

- Lowry, R. (2016). Sólidos Disueltos Totales. *Orenda Blog*. Obtenido de <https://blog.orendatech.com/es/entendiendo-0sólidos-disueltos-totales#:~:text=El%20SDT%20se%20mide%20con,oxidaci%C3%B3n%20reducci%C3%B3n%20en%20mV>
- Malave, A., Silva, R., & Martínez, M. (Mayo de 2016). *Riesgos Asociados a las Aguas Residuales, Tratamiento y Reutilización en los Ssistemas Agrícolas*. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/306374691\\_Riesgos\\_Asociados\\_a\\_las\\_Aguas\\_Residuales\\_Tratamiento\\_y\\_Reutilizacion\\_en\\_los\\_Sistemas\\_Agrícolas](https://www.researchgate.net/publication/306374691_Riesgos_Asociados_a_las_Aguas_Residuales_Tratamiento_y_Reutilizacion_en_los_Sistemas_Agrícolas)
- Marquez, A. (08 de Marzo de 2021). *Afluyente*. Ecología verde. <https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-afluyente-3264.html#:~:text=Afluentes%20o%20tributarios%3A%20son%20r%C3%ADos,distribuida%20hacia%20r%C3%ADos%20m%C3%A1s%20peque%C3%B1os>
- METTLER TOLEDO. (2023). *Alimentos y bebidas: soluciones de laboratorio*. mt.com. <https://www.mt.com/mx/es/home/applications/laboratory/food-and-beverages/edible-oil-fats.html>
- Meza, M., Riaños, K., Mercado, I., Olivero, R., & Jurado, M. (13 de marzo de 2018). Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de Moringa oleífera en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico. *Dialnet*, 17(2), 95-104. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6340617.pdf>
- MICRONICS. (2023). ¿Qué son las aguas residuales industriales y de dónde proceden?. <https://www.micronicsinc.com/es/filtration-news/what-is-industrial-wastewater/>
- Ministerio de la Producción. (20 de Enero de 2020). *Plataforma del estado Peruano*. [https://www.sanipes.gob.pe/archivos/ensayos\\_aptitud/Informe-Final-C-termotolerantes-NMP-2020-V.pdf](https://www.sanipes.gob.pe/archivos/ensayos_aptitud/Informe-Final-C-termotolerantes-NMP-2020-V.pdf)
- Mira, J. (19 de Febrero de 2024). Eficiencia, Eficacia y Efectividad. *Toyota blog*. <https://blog.toyota-forklifts.es/eficiencia-eficacia-efectividad-en-almacen>
- Moreno, M., & Mora, J. (15 de Setiembre de 2021). Relación cuantitativa estructura actividad del factor de bioconcentración de los bifenilos policlorados en especies de peces utilizando métodos basados en aprendizaje de máquina: Relación cuantitativa estructura actividad del factor de bioconcentración de los bifenilos policlorados. *ACI Avances En Ciencias E Ingenierías*, 13(2), <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/2275>
- Olivera Huaman, D. (14 de Julio de 2022). Aplicación del coagulante natural áloe vera como tratamiento terciario en la PTAR - Jauja [Tesis de Pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11493>
- Olivero, R., Florez, A., Vega, L., & Villegas, G. (12 de Julio de 2017). Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, *Opuntia ficus* y *Moringa oleífera* en clarificación de aguas. *Revista Producción + Limpia*, 12(2). <http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/pl/article/view/1544>
- Oliveros, I. K. (21 de junio de 2022). Uso de semilla de Mangífera índica como coagulante natural para tratamiento de potabilización. *Revista Agua, Saneamiento & Ambiente*, 17(1), 13–21. <https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1409>

- Pastrana, A., Solis, R., Avila, I., Laines, J., & Sanchez, B. (6 de Marzo de 2023). Coagulación de aguas residuales mediante una mezcla de polvo de *Crotalaria longirostrata* y sulfato de aluminio. *Revista Tecnología En Marcha*, 36(2), 135-142.  
[https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/6000](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/6000)
- Perez, F., & Urrea, M. (18 de Enero de 2012). *Tema 06 Coagulación y floculación* [Diapositiva de PowerPoint]. OCW UPCT.  
[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/PEREZ%20DE%20LA%20CRUZ%20Y%20URREA%202011.%20Coagulaci%C3%B3n%20y%20floculaci%C3%B3n.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/PEREZ%20DE%20LA%20CRUZ%20Y%20URREA%202011.%20Coagulaci%C3%B3n%20y%20floculaci%C3%B3n.pdf)
- QUIMICA.ES . (2023). *Bioacumulación*.  
<https://www.quimica.es/enciclopedia/Bioacumulaci%C3%B3n.html>
- QUIMICOMPANY. (2024). *Equipos para laboratorio*. <https://quimicompany.com.co/productos-2/equipos-para-laboratorio-2/floculador-digital/#:~:text=El%20floculador%20Test%20de%20Jarras,laboratorios%20de%20an%C3%A1lisis%20de%20agua>
- Quintero, L. (25 de Mayo de 2017). Evaluación de la eficiencia de coagulantes naturales en el tratamiento de las aguas residuales del café [Tesis de Maestría, Universidad de Manizales]. Repositorio institucional de la RIDUM.  
<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/3455>
- Real Academia Española. (2023). Afluyente. <https://dle.rae.es/afluyente>
- Ridge, B. (16 de Febrero de 2024). *Introducción al Diseño Experimental y Ejemplos en la Práctica*. MBlog multimedia. Obtenido de <https://acortar.link/Ta5Lbl>
- Rivera, R., Flores, S., & Muñoz, V. (15 de Marzo de 2022). El uso de semillas del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) para remover turbidez del agua residual doméstica" (San Martín). *Inventum*, 17(32), 50-56.  
[https://www.researchgate.net/publication/363147506\\_Uso\\_de\\_semillas\\_del\\_frijol\\_comun\\_Phaseolus\\_vulgaris\\_para\\_remover\\_turbidez\\_del\\_agua\\_residual\\_domestica](https://www.researchgate.net/publication/363147506_Uso_de_semillas_del_frijol_comun_Phaseolus_vulgaris_para_remover_turbidez_del_agua_residual_domestica)
- Rodas, Y. (2018). Caracterización fisicoquímica y microbiológica (*Coliformes Totales y Fecales*) de las aguas residuales generadas en el campus de la Universidad Nacional Autónoma de Chota [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. Repositorio de la UNACH. <https://repositorio.unach.edu.pe/items/3f798149-4bfe-46af-adf7-12b216963e9a>
- Rodriguez, J. (01 de Mayo de 2019). *¿Qué es la biomagnificación?*. Divulgazeral.  
<https://www.azeral.es/divulgazeral/ecotoxicologia/que-es-la-biomagnificacion>
- Romero, Y., & Kosett, Y. (16 de Enero de 2022). Los estudios explicativos en el campo de las ciencias sociales. *ACTA JURÍDICA PERUANA*, 4(1), 95-113. Obtenido de <http://revistas.autonoma.edu.pe/index.php/AJP/article/view/277>
- Sierra, A., Navarro, A., Mercado, I., Florez, A., & Jurado, M. (9 de Agosto de 2019). Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando médula de banano como coagulante. *Revistas UIS Ingenierías*, 18(4), 131-138.  
<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/9750>
- Singler, A., & Bauder, J. (15 de Noviembre de 2012). *Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales*. Colorado State University.



[https://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Alkalinity\\_pH\\_TDS%202012-11-15-SP.pdf](https://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf)

Sistema Nacional de Información Ambiental. (7 de Junio de 2017). *Estandares de Calidad Ambiental*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

Stewart, L. (Febrero de 13 de 2024). *¿Cuál es la diferencia entre investigación aplicada e investigación básica?*. Atlas.ti. <https://atlasti.com/es/research-hub/investigacion-basica-vs-aplicada#cual-es-la-diferencia-entre-investigacion-aplicada-e-investigacion-basica>

Studocu. (05 de Setiembre de 2023). *Operaciones Unitarias II*. <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-mayor-de-san-simon/histologia/tiempo-de-agitacion-operaciones-unitarias/20262978>

StudySmarter. (2023). *Reacciones Ácido-base*. <https://www.studysmarter.es/resumenes/quimica/reacciones-acido-base/conductividad-electrica/#:~:text=el%C3%A9ctrica%20%2D%20Puntos%20clave-,La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20es%20la%20capacidad%20de%20un%20material%20para,la%20letra%20griega%20sigma%2>

Tarazona, A. (2 de Mayo de 2023). Coagulantes para el tratamiento de aguas residuales. *ADINTUS*. <https://adintus.com/blog/coagulantes-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales/>

Tirado, E., Portugal, M., Apaza, J., & Tirado, L. (10 de Mayo de 2022). Optimización de dos coagulantes naturales coadyuvados por hidróxido de sodio para la potabilización de aguas del río Caplina. *Revista Veritas ET SCIENTIA - UPT*, 11(1), 87-98. <https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/vestsc/article/view/600>

Universidad de Oviedo. (2024). *Parámetros Fisicoquímicos*. Universidad de Oviedo. <https://www.indurot.uniovi.es/actividad/proyectosdestacados/water/fisicoquimico>

Velasquez, C. A. (26 de Enero de 2022). Dosis óptima y eficiencia del coagulante sulfato de aluminio utilizado en el proceso de floculación para el tratamiento de agua potable en la EPS SEDACAJ S.A [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana del Norte]. *Repositorio Institucional UPN*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30225?locale-attribute=es>

Zarza, L. (21 de Marzo de 2017). *Día Mundial del Agua: 22 de marzo, 22 razones por las aguas residuales*. iagua. <https://www.iagua.es/blogs/laura-f-zarza/dia-mundial-agua-22-marzo-22-razones-aguas-residuales>

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes