

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL COAGULANTE NATURAL DE *Aloe vera L.* (SÁBILA) DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO RÍMAC, CHOSICA, 2022”.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autores:

Alessandra Emperatriz Aguilar Toro

Katty Margot Cruz Sanchez

Asesor:

Mg. Elifio Gustavo Castillo Gomero

<https://orcid.org/0000-0002-5474-545X>

Lima - Perú

2023

JURADO CALIFICADOR

Jurado 1	Margeo Javier Chuman López	45997406
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Irma Geralda Horna Hernández	40317442
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Angelica Ysabel Miranda Jara	40670962
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

tesis final

INFORME DE ORIGINALIDAD

6% INDICE DE SIMILITUD	6% FUENTES DE INTERNET	2% PUBLICACIONES	4% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad de Cartagena Trabajo del estudiante	1%
3	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unae.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
7	Submitted to University of Leicester Trabajo del estudiante	1%
8	www.scielo.org.co Fuente de Internet	1%
9	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	1%
10	Submitted to Universidad Militar Nueva Granada Trabajo del estudiante	1%

DEDICATORIA

A nuestros padres Juan José, Ligia, Santos y Rosa, por habernos forjado como las personas que somos en la actualidad gracias a los valores inculcados por encima de todo.

A nuestros hermanos Jean Pool y Edith, por ser el soporte necesario en cada uno de nuestros pasos y por el apoyo en cada una de nuestras decisiones.

A nuestros grandes amigos, por haber hecho que nuestra etapa universitaria sea la mejor y por convertirse en nuestra segunda familia.

AGRADECIMIENTO

A Dios por acompañarnos durante nuestro camino estudiantil y profesional. Sobre todo, por darnos sabiduría, fortaleza y la perseverancia necesaria para continuar.

A nuestra familia, por motivarnos a superarnos día a día y apoyarnos.

A nuestros queridos docentes, por los sabios consejos y conocimientos en cada clase
brindada.

A nuestros amigos, por estar incondicionalmente desde el inicio de nuestra etapa universitaria hasta el final compartiendo experiencias únicas e inolvidables.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	28
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	42
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	57
REFERENCIAS.....	66
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Etapa – Técnica - Instrumento</i>	31
<i>Tabla 2: Variables de estudio</i>	33
<i>Tabla 3: Factores de operación y niveles de estudio</i>	33
<i>Tabla 4: Matriz de experimentación</i>	34
<i>Tabla 5: Coordenadas del punto de muestreo</i>	36
<i>Tabla 6: Relación de peso en g y g/L</i>	39
<i>Tabla 7: Velocidades de agitación</i>	39
<i>Tabla 8: Combinaciones por cada bloque en el desarrollo de prueba de jarras</i>	40
<i>Tabla 9: Caracterización de los parámetros iniciales de turbidez, pH y sólidos disueltos totales de la cuenca baja del Río Rímac</i>	42
<i>Tabla 10: Resultados de la media de ambas repeticiones de turbidez por cada bloque</i>	43
<i>Tabla 11: Resultados de la media de ambas repeticiones para el parámetro de pH por cada bloque</i>	44
<i>Tabla 12: Resultados de la media de ambas repeticiones para el parámetro de sólidos disueltos totales por cada bloque</i>	45
<i>Tabla 13: Resultados de la caracterización de los parámetros finales de turbidez, pH y sólidos disueltos totales de la cuenca baja del Río Rímac</i>	51
<i>Tabla 14: Prueba de normalidad para el Pre - Test</i>	52
<i>Tabla 15: Prueba de normalidad para el Post - Test</i>	53
<i>Tabla 16: Prueba de análisis de varianza (ANOVA)</i>	54
<i>Tabla 17: Prueba de Barlett</i>	55
<i>Tabla 18: Prueba de Duncan</i>	56
<i>Tabla 19: Análisis de costos – coagulante sintético vs coagulante natural</i>	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diseño experimental Pre experimental	29
Figura 2: Resultados de turbidez de la media de ambas repeticiones	46
Figura 3: Resultados del pH de la media de ambas repeticiones.....	47
Figura 4: Resultados de los solidos disueltos totales de ambas repeticiones	48
Figura 5: Comparacion de turbidez inicial vs media de turbidez de ambas repeticiones	49
Figura 6: Comparacion de pH inicial vs media de pH de ambas repeticiones	49
Figura 7: Comparacion de TSD inicial vs media de TSD de ambas repeticiones	50

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó bajo el contexto de la realidad que se vive por la presencia de turbidez en la fuente de agua superficial de la cuenca baja del Río Rímac. Según (Sedapal, 2018, como se citó en INEI, 2018) el nivel de turbidez en el Río Rímac es de un promedio de 617.2 NTU. Por ello, para el tratamiento de reducción de la turbidez generalmente se utilizan coagulantes sintéticos como el Sulfato de Aluminio. Sin embargo, en esta oportunidad nuestro estudio consistió en un tratamiento natural que permite reducir la turbidez aplicando el coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila). Por lo que, se trabajó bajo la metodología de prueba de jarras empleando 9 tratamientos con 2 repeticiones usando dosis de coagulante de 2g/L, 4g/L y 6g/L y velocidades de agitación de 20, 40 y 50 RPM por un espacio de 20 minutos. Posteriormente, se obtuvo que el mejor tratamiento fue el T6 con una dosis de 6g/L y una velocidad de agitación de 40 RPM. Finalmente, se logró remover hasta 58.1 NTU de turbidez debido a que los coagulantes naturales ayudan a disminuir la turbidez y el color presentes en los cuerpos de agua superficial.

Palabras clave: turbiedad, coagulante natural, agua superficial.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Las primordiales razones del preocupante incremento de la contaminación de las aguas superficiales en el continente asiático, África y Latinoamérica son el incremento demográfico, el incremento de la actividad económica, la extensión e intensificación de la agricultura y la más grande proporción de aguas residuales no tratadas que se descargan en los ríos y lagos (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2016).

La contaminación de las fuentes de agua es una problemática que sigue presente año tras año debido al inadecuado vertimiento de las aguas residuales en los ríos y lagos. Dentro de las soluciones frente a esta problemática ambiental se encuentra el uso de coagulantes naturales que son compuestos primordialmente de procedencia natural extraídos de plantas, algas o animales.

En cuanto a la turbiedad, que no es más que la función de un líquido de diseminar un haz luminoso, puede ser por partículas de arcilla provenientes de la erosión del suelo, algas o crecimientos bacterianos. El color está construido por sustancias químicas, la mayoría de las veces provenientes de la degradación de la materia orgánica, como por ejemplo hojas y plantas acuáticas con las cuales entra en contacto (Morales, 2019).

Por lo cual, la aplicación de los coagulantes naturales para reducir la turbidez presente en las aguas superficiales como para el saneamiento se convierte en una de las resoluciones a la grave crisis del agua, concebido todo el proceso a partir de la evaluación de las condiciones del territorio donde se va a aplicar, o sea, a partir de un

alcance económico, social, legal y medioambiental. Sin embargo, en el Perú se usa como coagulante el Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ el cual se demostró que podría ser perjudicial para la salud de las personas si son ingeridos en altas concentraciones (OMS, 2012).

Con relación al flujo de agua proveniente de la cuenca baja del Río Rímac, que es destinada a consumo humano tiene presencia de turbidez. Así mismo, esta fuente de agua superficial es contaminada por factores antropogénicos y también por descargas de efluentes residuales.

Por tal fundamento, nace la necesidad de evaluar especies de procedencia vegetal, las cuales no son tóxicas para el consumo humano, comprobando su efectividad como clarificantes que permitan reemplazar parcial o plenamente los productos químicos (Ramírez y Jaramillo, 2014).

Asimismo, el presente trabajo de investigación se realiza para aportar información relacionada a la variable en estudio sobre el uso del coagulante natural del *Aloe Vera L.* para reducir la turbidez y sirva de base para futuros trabajos a realizar con el fin de promover la búsqueda y el interés por las tecnologías sostenibles aplicadas a cuerpos de agua. Ya que, las aguas superficiales son contaminadas en su mayoría por la acción antropogénica ya sea por contaminación directa al desechar nuestros residuos a la fuente de agua o por los vertimientos de aguas residuales provenientes de industrias, minerías u otros. Por ello, esta investigación contribuirá en brindar los conocimientos científicos necesarios para encontrar una solución adecuada a la turbidez de aguas superficiales por medio del uso de los coagulantes naturales.

Además, la problemática en mención afecta no solo al medio ambiente sino también a la salud de la población que consume las aguas provenientes del Río Rímac debido al incumplimiento de los valores establecidos en la normativa que ocasionan diversas enfermedades. De modo que, el trabajo de investigación aportará conocimientos referidos al mejoramiento de la calidad del agua destinada al consumo humano, mediante agentes naturales para mitigar los niveles de turbiedad presentes en el agua.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Internacionales

Rodrigues, A., Aquino, D., y Cordeiro, L. (2020) en su artículo titulado “Evaluación de *Aloe arborescens* como coagulante para la eliminación de color y turbidez en el tratamiento de agua convencional” se plantearon como objetivo evaluar al coagulante natural para poder eliminar la turbiedad y el color presente en el tratamiento de agua convencional. Se realizaron pruebas de jarras con la muestra del agua superficial del Río Sao Tomás utilizando concentraciones de 0.025 ml a 10.0ml L⁻¹. Siguiendo la metodología del test de jarras como tipo experimental se logró obtener una reducción de 36% de turbiedad y en cuanto al color un 52%. Pese a ello no se llegó a cumplir con los requisitos de la norma de potabilidad vigente en Brasil.

Benjumea, C., Toro, M., y Luna, V. (2021) en su artículo titulado “Evaluación de la eficiencia de extractos naturales en el proceso de coagulación floculación de aguas crudas, con fines de potabilización” se plantearon como objetivo evaluar la eficiencia del: *Aloe Vera L.* (sábila), *Zea Mays* (maíz) y *Citrus sinensis* (naranja) para disminuir valores de turbidez presentes en el agua destinada a consumo humano. La

metodología que se empleo fue de tipo experimental la cual permitió una remoción de turbidez del 85% usando la sábila y el maíz mientras que con la naranja se obtuvo un 65%. Es por ello que los autores afirman que los coagulantes naturales tienen beneficios como el bajo costo, el acceso a conseguir la materia prima y que sirven de gran aporte en disminuir los impactos ambientales.

López, M., Canché, J., Guevara., J., y Oropeza, N. (2020) en su artículo titulado “Remoción de la turbidez en muestras sintéticas mediante coagulación – floculación y filtración utilizando materiales naturales” se tuvo como objetivo aplicar un tratamiento usando la sábila como coagulante natural y *Piscidia piscipula* cumpliendo el rol de carbón activado para remover turbidez en las muestras sintéticas. Para ello, se realizó el método de prueba de jarras aplicando una agitación rápida de 100 RPM y una agitación lenta de 40 RPM con dosis de: 10, 20, 30, 40, 50, y 60 ml. Los resultados obtenidos indican que se logró una remoción de 77.24% con una dosis óptima de 50 ml del coagulante de la sábila.

Romero, M. (2022) en su estudio titulado “Estudio de la eficiencia de los coagulantes naturales con respecto a los coagulantes sintéticos utilizados en el tratamiento de agua potable” planteó como objetivo realizar el estado del arte sobre los coagulantes naturales en el tratamiento de agua potable. Para ello, se utilizó una base de datos como parte de la metodología, tomando en cuenta fuentes de información académica como Redalyc, Scielo, Dialnet, Researchgate, etc. Se realizó una comparación de los coagulantes naturales más utilizados en el tratamiento de agua potable de los cuales; la *Moringa Oleífera* y *Opuntia Ficus* alcanzan porcentajes de remoción de turbidez mayores al 90%, la *S. Potatorium* alcanza porcentajes de

entre 69% y 90%, mientras que la *C. Spinosa* presenta una remoción entre 46.15% y 58.06%.

Ortiz, V., López, G., Torres, C., y Pampillón, L. (2018) en su artículo titulado “Almidón de yuca (*Manihot esculenta* Cramtz) como coadyuvante en la coagulación floculación de aguas residuales domésticas” plantearon como objetivo ofrecer una alternativa a los sistemas de tratamientos fisicoquímicos de aguas residuales domésticas que utilizan sales metálicas. Para ello realizaron pruebas de tratabilidad mediante el método de prueba de jarras que permitió obtener la dosis óptima de $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $Ca(OH)_2$ y del polímero orgánico de yuca (*Manihot esculenta* Cramtz). El resultado determinó que la mayor eficiencia fue la combinación de 250mg/L de $Al_2(SO_4)_3$ y 750mg/L del almidón, con turbiedad inicial de 24 NTU, el cual logró remover el 75% de turbiedad, obteniéndose una turbiedad final de 6 NTU.

1.2.2 Nacionales

Morales, J. (2019) en su estudio titulada “Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano – Oxapampa – 2018” planteo como objetivo determinar el poder coagulante de la sábila para poder remover la turbidez en el proceso que se realiza al agua para el consumo humano. Se realizó una metodología de tipo experimental para realizar el procedimiento de manipular la concentración de mucilago de sábila y turbidez inicial del agua en el laboratorio aplicando 7 concentraciones (0.3 g/L, 0.6 g/L, 0.9 g/L, 1.2 g/L, 1.5 g/L, 1.8 g/L y 2.1 g/L) diferentes. Para conseguir los resultados se siguió el proceso del método de pruebas de jarras en donde se añadió el mucilago de sábila según la concentración necesaria. De acuerdo a ello se determinó

que la dosis óptima de sábila es de 1.8 g/L. Dichos resultados arrojaron la conclusión que con la dosis optima de sábila aplicada durante las pruebas de jarras que fueron 25 se logró remover la turbidez presente con el uso del coagulante natural.

Vander, J.; y Yarleque, E. (2018) en su estudio titulada “Determinación de la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa (*Solanum tuberosum*) en la purificación del agua del Río Patari para uso de consumo humano” plantearon el objetivo de determinar la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa en la purificación del agua de la fuente de agua superficial. Para ello, utilizaron la metodología de Aparicio mediante la cual el porcentaje de almidón extraído fue de 9.9 % y se mezcló con el agua a tratar. Al realizar el procedimiento se emplearon 5 dosis de (20, 40, 60, 80 y 100 mg/L) con la cual la dosis de 80 mg/L redujo la turbidez presente a 4.1 NTU de 30 NTU. Respecto a este resultado se concluyó que el uso del coagulante natural de la papa posee la capacidad de clarificar a un 86.3% volviendo el agua apta para consumo humano según la guía de la OMS y el ECA para agua.

Suyón, L. (2018) en su estudio titulada “Evaluación del coagulante natural almidón de *Calathea allouia* (dale dale) para remover parámetros de turbidez y color en aguas de consumo humano” tuvo como objetivo evaluar el almidón de *Calathea allouia* para remover la turbidez y color en aguas de consumo humano del manantial de Chorrobamba ubicada en el departamento de San Martín. La metodología del trabajo fue pre experimental, se recolectó 15 L del agua proveniente de la captación del manantial y se aplicó la prueba de jarras para obtener la dosis óptima. Además, se hizo un estudio al almidón para tener conocimiento de la cantidad de carbohidratos

que contiene. Cuando se aplicó el coagulante al 5% el color bajo a 4.7 Pt/Co y con 9 ml el valor de la turbiedad bajo a 2 NTU. Este resultado arrojó la conclusión que el coagulante natural se puede aplicar para la remoción de los parámetros de turbiedad y color.

Barbarán, H., López, J., y Chico, J. (2017) en su artículo titulado “Remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno (*Prunus persica*) y palta (*Persea americana*) plantearon como objetivo determinar la remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno y palta sobre la clarificación del agua del río Santa-Chimbote. Aplicaron una metodología de tipo experimental para el procedimiento de preparación de los coagulantes a concentraciones de (5, 10 y 15 gr/L) adaptados al test de jarras. Los resultados indicaron que el coagulante obtenido de la semilla de durazno posee un porcentaje de remoción del 92.95% a una concentración de 15 gr/L; mientras que la semilla de palta a 5 gr/L, un porcentaje de remoción de 48,92%. Por lo tanto, se concluyó que las semillas de durazno desengrasadas son más efectivas que las semillas de palta para reducir la turbidez del agua.

Ruiz, E.; et al. (2022) en su artículo titulado “*Aloe Vera (L.)* como floculante para remoción de turbidez de aguas superficiales” propusieron como objetivo modelar a partir de superficie de respuesta en la optimización de la remoción de turbidez del agua a nivel de laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. La metodología utilizada fue de tipo aplicativo y diseño experimental, en donde se empleó 225 tratamientos con 3 repeticiones cada uno. Los resultados obtenidos para la dosis óptima del *A. vera* al 1% es de 0,4 mL por cada 500 mL de

muestra, concluyéndose que de acuerdo con el modelo de superficie de respuesta dicha dosis alcanza la mayor eficiencia para la remoción de la turbidez.

1.3 Bases Teóricas

1.3.1 Coagulación

La coagulación es un proceso fisicoquímico usado para eliminar las partículas coloidales de las aguas superficiales. Este fenómeno ocurre cuando se aumenta un agente coagulante, el cual pierde las cargas electrostáticas de las partículas y provoca la compresión de la capa de difusión que circunda los coloides, lo que les posibilita la formación de flóculos por medio de un mecanismo de puentes entre partículas, produciendo una malla porosa en funcionalidad de su radio efectivo, haciendo más fácil de esta forma la formación de microflóculos. Muchos coagulantes son usados en los procesos de tratamiento de agua, estos coagulantes tienen el recurso de posicionarse como coagulantes de tipo inorgánico, también en orgánicos sintéticos y en coagulantes de procedencia natural (Bravo, 2017). Según Guananga, M. (2013), señala que es aquel proceso del tratamiento de aguas donde se tiene una serie de operaciones químicas cuyo objetivo es remover la turbidez, adicionando un producto para anular o minimizar fuerzas que tienden a conservar o separar las partículas en suspensión, o también denominados coloides, generando pequeños flocs, donde incrementara el peso y así se logren sedimentar con más facilidad.

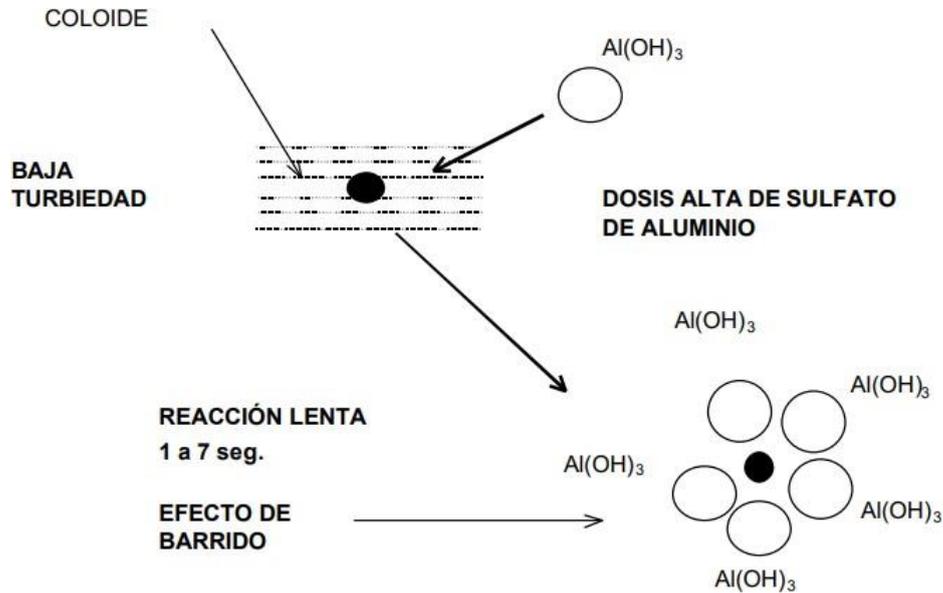
1.3.2 Tipos de coagulación

Hay dos tipos principales de coagulación: adsorción y barrido.

- a) **Coagulación por adsorción:** Ocurre cuando el agua posee alta concentración de partículas a un estado coloidal; cuando el coagulante es añadido al agua turbia,

Ilustración 2.

Coagulación por barrido



Nota: La figura representa la coagulación por adsorción. Tomado de Sedapal, por Y. Andía, 2000 (<http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>).

1.3.3 Factores que afectan la coagulación

Uno de los factores que afectan la coagulación de la turbiedad es la influencia de pH, que es la variable de mayor relevancia a considerar al instante de la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar inmediatamente, ello es dependiente de la naturaleza de la alcalinidad y los iones que están presentes en el agua. Si la coagulación se hace fuera del rango de pH óptimo entonces se debería incrementar la porción del coagulante (Escobal, 2018). Así mismo, influencia de la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) de diferentes grados que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que el proceso de la coagulación se hace mucho más lenta; las temperaturas bastante altas desfavorecen

por igual a la coagulación. Una disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación produce a un aumento de su viscosidad (Escobal, 2018). También, la influencia de la dosis de coagulante es la porción del coagulante a usar tiene predominación directa en la eficiencia de la coagulación, de esta forma, la escasa proporción del coagulante que no neutraliza por completo las cargas de las partículas es por ello que la formación de los microflóculos es bajo y hace que la turbiedad residual sea alta. La alta proporción del coagulante genera la inversión de la carga de la partícula donde conduce a la formación de gran proporción de microflóculos con tamaños bastante pequeños cuyas velocidades de sedimentación son bajas; por consiguiente, la turbiedad residual es por igual alta. La elección del coagulante y la porción óptima de su aplicación; se establece a través de los ensayos de pruebas de jarras (Escobal, 2018). Además, la influencia de mezcla menciona que el nivel de agitación que se presenta en la masa de agua cuando se añade el coagulante, establece si la coagulación es completa; turbulencias desiguales hacen que cierta cantidad de agua tenga más concentración de coagulantes y la otra parte tenga poco o casi nada; la agitación debería ser uniforme e intensa en toda la masa de agua, para asegurar que se haya producido la mezcla de agua y coagulante y que haya tenido lugar la correspondiente reacción química neutralizadora de carga (Escobal, 2018).

1.3.4 Influencia de la dosis del coagulante

La cantidad de coagulante utilizado afecta directamente la eficiencia de la coagulación, así: la baja cantidad de coagulante no neutraliza completamente la carga de partículas, la formación de microflóculos es baja, por lo que la turbiedad residual es alta. Así también, altas cantidades de coagulante invierten la carga de las

partículas, se forma un gran número de microflóculos de tamaño muy pequeño, haciendo muy baja la velocidad de sedimentación, por lo tanto, la turbidez residual es igualmente alta. La selección de coagulante y cantidad óptima de aplicación es determinada a través de los ensayos de pruebas de jarras (Andía, 2000).

1.3.5 Ventajas de aplicación de coagulantes naturales

Las primordiales ventajas de la aplicación de coagulantes naturales son: la eliminación de turbidez orgánica e inorgánica, reducción del color verdadero y aparente, producción de lodos sencillos de tratar, devastación de patógenos, algas y plancton, así como la supresión de sustancias que imparten olor y sabor (Rodiño et al., 2015). Asimismo, los polímeros naturales se han usado en el transcurso de la historia humana por más de 2000 años en India, África, China, y México para tratar el agua cruda, debido a las características que se le confieren disminuyen la turbidez y el color del agua (Asrafuzzaman et al., 2011). Por otro lado, Banchón et al., (2016) señalan que dentro de los compuestos coagulantes encontramos; proteínas, polisacáridos, mucilagos, taninos y alcaloides que permiten la desestabilización de los sólidos suspendidos y la remoción de sólidos disueltos produciendo menor proporción de lodos residuales; además esta producción es 5 veces menor que lo que producen los coagulantes químicos.

1.3.6 Tipos de coagulantes naturales

Los tipos de coagulantes naturales son coagulantes catiónicos que generalmente tienen grupos de amonio cuaternario que tienen una carga positiva y se conocen como polímeros electrolíticos fuertes. Algunos de sus derivados como el quitosano se pueden utilizar para el tratamiento de aguas residuales (Cuadro y Rodas,

2018). Los coagulantes aniónicos que contienen en su estructura grupos de ácidos carboxílicos ácidos. También se utilizan muchos polisacáridos sulfatados, como el sulfonato de lignina. Tienen carga negativa: en contacto con el agua forman cationes, que permiten la remoción de partículas cargadas positivamente y son más efectivos a pH alto (Cuadro y Rodas, 2018) y los coagulantes no-aniónicos incluyen almidones derivados de celulosa, galactomananos, gomas y gelatinas. Se utilizan como floculantes y se diferencian en su peso molecular y estructura, lo que tiene la ventaja de que son biodegradables (Cuadro y Rodas, 2018).

1.3.7 Propiedades de los coagulantes naturales

Los polímeros naturales son complicados en su estructura química, están constituidos primordialmente por diversos tipos de polisacáridos y proteínas. Ciertos de ellos poseen características coagulantes o floculantes y en varios sitios son utilizados en forma experimental para poner en claro el agua turbia, con resultados satisfactorios (Choque et al., 2018). Varios de dichos polímeros no poseen una sola estructura química, sino están constituidos por diversos tipos de polisacáridos (almidón, celulosa, glucósidos y otros) y proteínas (caseína, gelatina, olieratina y otros). Además de tener características coagulantes, también tienen características antimicrobianas, por lo cual disminuyen o eliminan el contenido de microorganismos patógenos que generan patologías (Ynofuente y Flores, 2020).

1.3.8 Sábila

El *Aloe Vera L.* tiene en su interior una sustancia pegajosa característica, también conocida como gel o mucílago. Después de algunas investigaciones, se determinó que contenía más de 130 compuestos, incluidos polisacáridos con

cantidades variables de manosa, glucosa y galactosa. Cabe señalar que, el acetomanano cobra gran interés en los últimos tiempos ya que su componente activo es definido como un polisacárido mucilaginoso (Vila, 2001, como se citó en Morales, 2019).

1.3.9 Turbidez

Uno de los parámetros evaluados en la calidad de las aguas para consumo humano es la turbidez que se entiende como la existencia de partículas en suspensión que crea la falta de transparencia de un líquido. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el líquido, el líquido se volverá más sucio y la turbidez será más alta. Mientras que la turbidez sea más alta, menor será la calidad del agua (Rojas y Sastoque, 2007). Las partículas en suspensión dispersan la luz del sol provocando que las algas y plantas encargadas de generar oxígeno en el agua no sean eficientes y como consecuencia una disminución de oxígeno en el agua. Por lo cual, en el proceso de tratamiento de agua potable la turbiedad es un indicador de la calidad del agua, a medida que más turbidez tenga menor es la calidad del agua, puesto que es más la contaminación del agua a tratar. De acuerdo con la OMS, la turbiedad del agua para consumo humano no debería superar en ningún caso los 5 UNT y estar idealmente bajo el 1 NTU (Gonzales, 2011).

1.3.10 Equipo y proceso de Test de Jarras

Uno de los equipos que se utiliza para encontrar las dosis más efectivas para muestras de aguas para controlar la fase de coagulación y floculación es el test de jarras es el mejor equipo que simula la química de clarificación y el proceso llevado a cabo. Este procedimiento se basa en un arreglo fácil de vasos de precipitación y

paletas que permiten equiparar numerosas combinaciones, las cuales dependen de condiciones hidráulicas semejantes. Esta prueba se hace para establecer la concentración óptima de floculante - coagulante primordial para obtener un floc con las mejores características (Salaverry, 2016).

1.3.11 Coagulantes

Los coagulantes son agentes químicos que se añaden al agua para facilitar la deposición de sustancias coloidales que se encuentran en suspensión. Las partículas que se unen incrementan de peso y decantan. Las partículas coloidales crean turbidez y color del agua, tienen un gran poder de adsorción, absorben iones del medio y están cargadas negativamente. Cuando se añade el coagulante neutraliza las cargas, provocando que la nube de iones que rodea a los coloides colapse de modo que puedan aglomerarse (Guananga, 2013).

1.3.12 Partículas coloidales

Las partículas coloidales se caracterizan por ser hidrófilas (tienen afinidad por el agua) e hidrófobas (es mencionar, repelen el agua), las primeras se distribuyen espontáneamente en el agua y permanecen rodeadas por moléculas de agua que cada contacto subsiguiente entre ellas evita estas partículas; las partículas hidrofóbicas no permanecen rodeadas de moléculas de agua, su repartición en el agua no es espontánea y por consiguiente necesita el apoyo de medios químicos y físicos (SEDAPAL, 2000).

1.3.13 pH

En química, el pH es una escala numérica que se utiliza para indicar el contenido de acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Es el logaritmo negativo en base 10 de la actividad del ion hidrógeno (Vázquez et al, 2016).

1.3.14 Remoción de turbidez

La remoción de turbidez es un proceso que desestabiliza las partículas mediante la aplicación de una dosis de coagulantes en aguas que contienen partículas que producen turbidez (CEPIS, 1975).

1.3.15 Coagulación – floculación

Es el proceso mediante el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas con una gravedad específica mayor que la del agua, denominadas escamas. Este procedimiento se utiliza para: (a) eliminar la turbidez orgánica o inorgánica que no puede sedimentar rápidamente; (b) eliminar el color real y aparente; (c) eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos que puedan separarse por coagulación; (d) destrucción de algas y plancton en general, y (e) eliminación de sustancias formadoras de sabor y olor en algunos casos y de precipitados químicos en suspensión o compuestos orgánicos en otros (Arboleda, 1992).

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema General

- ¿La aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) reducirá la turbidez del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica 2022?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál será el valor de turbidez inicial del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022?
- ¿De qué manera la dosis de coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) reducirá la turbidez del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022?
- ¿De qué manera la velocidad de agitación influenciará en reducir la turbidez del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022?
- ¿Cuáles será el valor de turbidez final del agua mediante la aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022?
- ¿Cuánto será el porcentaje de reducción de turbidez del agua mediante la aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Reducir la turbidez del agua mediante la aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.

1.5.2. Objetivos específicos

- Hallar el valor de turbidez inicial del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.
- Determinar la dosis de coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) para la reducción de la turbidez del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.
- Determinar la velocidad de agitación para la reducción de la turbidez del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.

- Hallar el valor de turbidez final del agua mediante la aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.
- Hallar el porcentaje de reducción de turbidez mediante la aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- El coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) reducirá la turbidez que se encuentra presente en las aguas de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022

1.6.2. Hipótesis específicas

- El valor inicial de turbidez sirve de gran ayuda para conocer la calidad del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.
- La dosis de coagulante natural adecuada de *Aloe Vera L.* (sábila) permite reducir la turbidez presente en el agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.
- La velocidad de agitación correcta influye en la aplicación de la dosis de coagulante natural adecuada de *Aloe Vera L.* (sábila) para reducir la turbidez presente en el agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.
- El valor final de turbidez permite conocer el estado final de la calidad del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.
- El porcentaje de reducción de turbidez mediante la aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) sirve para conocer en cuánto disminuye la turbidez del agua.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de Investigación

2.1.1. Tipo

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicada. De acuerdo al nivel de investigación es correlacional puesto que, según Hernández, et al. (2003) señala que el tipo correlacional es un tipo de análisis que tiene como objetivo principal evaluar la interacción que exista en 2 o más conceptos, categorías o cambiantes. Los estudios cuantitativos correlacionales miden el nivel de interacción entre aquellas 2 o más variables que se encuentran presentes en el tema de investigación a estudiar. Por tanto, esta investigación es correlacional ya que trabaja sobre la aplicación de un coagulante natural *Aloe Vera L.* para remover el parámetro de turbidez expresado en (NTU) de aguas destinadas a consumo humano provenientes de la cuenca baja del Río Rímac.

2.1.2. Enfoque

De la misma forma, el tipo de investigación se fundamenta en un enfoque cuantitativo, que según Hernández, Fernández y Baptista (2014) usa la recolección y el análisis de datos para responder cuestiones de investigación y probar hipótesis establecidas antes, y confía en la medición numérica, el conteo y muchas veces en la utilización de la estadística para implantar con precisión patrones de comportamiento en una población (p.10). Por lo tanto, la presente investigación tiene este enfoque debido a que se realizó la recolección y análisis de datos para dar respuesta a los objetivos planteados con relación a la realidad de la calidad de las aguas superficiales que provienen de la cuenca baja del Río Rímac para que así se pueda establecer una propuesta de solución usando el coagulante

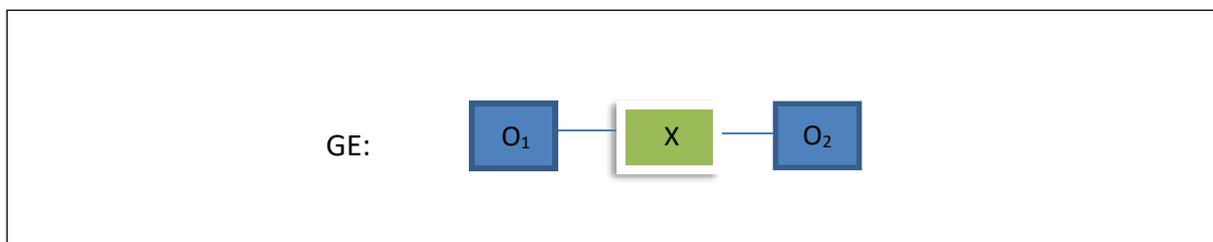
natural de *Aloe vera L.* para remover el parámetro de la turbidez que se encuentra presente en las aguas destinadas a consumo humano.

2.1.3. Diseño

La presente investigación es de diseño experimental, que según Arias (2012) nos menciona que el diseño experimental es aquel proceso en donde se somete a un grupo de individuos o a un objeto a determinados tratamientos, estímulos o condiciones que vendría a ser la variable independiente, para examinar los efectos que se puedan producir, esto vendría a ser la variable dependiente la cual no se manipula deliberadamente. Es decir, en la investigación no se varía intencionalmente la variable. Asimismo, dentro del diseño experimental se clasifica como pre experimental que según Campbell y Stanley (1963) se aborda un estudio pre experimental cuando se mide un sujeto o un grupo de sujetos antes de que se aplique la variable independiente y luego de aplicarse la variable como parte del proceso. Por lo tanto, cumple con la condición de obtener valores numéricos iniciales de turbidez y luego de pasar por el tratamiento aplicando la dosis óptima ver cuánto es la turbidez luego de su aplicación.

Figura 1

Diseño experimental Pre experimental



Nota: Diagrama de bloques del diseño experimental Pre experimental

Dónde:

GE: Grupo experimental

O₁: Pre test

X: Tratamiento

O₂: Post test

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

En el presente trabajo de investigación Según Tamayo (2014), nos menciona que la población se conceptualiza como la integridad del fenómeno a aprender, en donde cada unidad poblacional tiene una característica en común el cual se examina y ésta otorga los datos de la indagación y puede ser finito o infinito. Por ende, la presente investigación considera población al punto de ubicación en donde se obtuvieron las muestras para el análisis. Este punto tiene como coordenadas las siguientes: Latitud: -12.011781 S, Longitud: -76.948440 W.

2.2.2 Muestra

De igual importancia, según Hernández (2013) se define como muestra a la selección de ciertos recursos con el fin de consultar algo sobre una población definida. Es decir, es una sección completamente del cosmos o población y que sirve para representarlo. Con la finalidad de determinar la muestra se empleó el método probabilístico aleatorio simple ya que se eligió el agua superficial de la cuenca baja del Río Rímac (15 L) para obtener la cantidad de agua necesaria requerida para las Pruebas de Jarra. Para recolectar la muestra se siguió con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales establecido por la Autoridad Nacional del Agua por Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

2.3 Técnicas, instrumentos de recolección, métodos y análisis de datos

2.3.1. Técnicas

Según Valle (2000) las técnicas son herramientas que se hallan accesibles, a la espera que cada investigador realice un uso en concreto de ellas en un análisis abordado (p.97). De este modo la técnica general que se empleó fue la técnica de observación ya que según González (1997) la observación permite la recolección de datos que se basa en mirar cautelosamente como es que se realiza la vida de un objeto o actividad. De tal modo, teniendo de técnica general a la observación se aplicaron las siguientes técnicas específicas: Muestreo del agua superficial, cortado manual, análisis fisicoquímico, test de jarras y estadística.

2.3.2 Instrumentos

Los instrumentos para la técnica de observación en el presente estudio fueron: La cadena de custodia del agua, la aplicación de la prueba de jarras, multiparámetro, pH-metro y materiales de laboratorio para poder realizar el tratamiento con el coagulante natural de la sábila.

En la siguiente tabla se muestran los instrumentos por cada etapa del proyecto de investigación de acuerdo con la técnica empleada.

Tabla 1:

Etapa - Técnica - Instrumento

Etapa	Técnica	Instrumento
Recolección de la muestra de agua superficial	Muestreo del agua superficial	Cadena de custodia de la muestra
Extracción del coagulante natural	Cortado manual	Balanza Analítica, Cutter.

Medición de los parámetros iniciales y finales de turbidez, pH y TDS	Análisis físico y químicos	Turbidímetro 2100Q Multiparámetro HQd HACH.	portátil HACH, portátil
Desarrollo de la prueba de jarras	Test de jarras	Equipo de prueba de jarras, Vasos de precipitado de 1L, Lunas de reloj, Espátula.	
Tratamiento de datos	Estadística	Microsoft Excel, SPSS Statistics versión 27.	IBM

Nota: Esta table muestra las etapas, técnicas e instrumentos que se utilizaron durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

2.3.3 Método Inductivo – Deductivo

El método empleado para la presente investigación fue el método inductivo-deductivo, puesto que se obtuvo conocimientos de dos procedimientos inversos. Según Rodríguez y Pérez (2017). la inducción y la deducción se complementan mutuamente: por medio de la inducción se establecen generalizaciones desde lo común en diversos casos, después desde dicha generalización se deducen algunas conclusiones lógicas, que por medio de la inducción se traducen en generalizaciones enriquecidas, por lo cual en el estudio de cada variable implicada en nuestro objetivo de investigación se lograron realizar generalizaciones con relevancia científica que permitieron sustentar afirmaciones respecto a nuestra hipótesis.

2.3.3.1 Proceso de experimentación

El diseño experimental que se aplicará será el diseño factorial con dos factores y tres niveles, cuya fórmula está basada en:

$$N^{\circ} \text{ de tratamientos} = m^n$$

Donde:

m: Indica los valores de niveles (bajo, medio y alto)

n: Indica el número de variables independientes (dosis del coagulante natural y velocidad de agitación)

Tabla 2:

Variables de estudio

Variable dependiente	Variable Independiente
Remoción de la turbiedad (Y)	X ₁ : Dosis coagulante natural
	X ₂ : Velocidad de agitación

Nota: Esta tabla muestra las variables: dependiente e independiente consideradas para el desarrollo de la tesis.

Reemplazando en la fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de tratamientos} = 3^2$$

$$N^{\circ} \text{ de tratamientos} = 9$$

Se realizará 2 repeticiones por cada tratamiento por ende se tendrá:

$$N^{\circ} \text{ total de unidades experimentales} = 9 \times 2 = 18$$

Tabla 3:

Factores de operación y niveles de estudio

Factores de Factor de operación	Nivel bajo (-)	Nivel medio (*)	Nivel alto (+)
Dosis del del X₁ coagulante natural (g/L)	2 g/L <> 1g	4 g/L < 2g	6 g/L < 3g

Velocidad de X₂ agitación (RPM)	20	40	50
---	----	----	----

Nota: Esta tabla muestra los factores de operación para realizar el test de jarras en los niveles: bajo, medio y alto.

Tabla 4:

Matriz de experimentación

N°	X ₁	X ₂	Dosis del coagulante natural (g/L)	Velocidad de agitación (RPM)
1	-	-	D ₁ : 2g/L	VA ₁ : 20
2	-	*	D ₁ : 2g/L	VA ₂ : 40
3	-	+	D ₁ : 2g/L	VA ₃ : 50
4	*	-	D ₂ : 4g/L	VA ₁ : 20
5	*	*	D ₂ : 4g/L	VA ₂ : 40
6	*	+	D ₂ : 4g/L	VA ₃ : 50
7	+	-	D ₃ : 3g/L	VA ₁ : 20
8	+	*	D ₃ : 3g/L	VA ₂ : 40
9	+	+	D ₃ : 3g/L	VA ₃ : 50

Nota: Esta tabla muestra el número de tratamientos que se consideraron para el desarrollo del test de jarras en el laboratorio con sus respectivas dosis de coagulante natural y velocidades de agitación.

2.3.3.2 Metodología para la recolección de muestras de agua

Para realizar la recolección de las muestras de agua se aplicará el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales establecido por la Autoridad Nacional del Agua por Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

2.3.3.3 Método para determinar el porcentaje de remoción de la turbidez

Para determinar el porcentaje de remoción de la turbidez se tomará en cuenta la

siguiente relación:

$$PRT = \frac{T_i - T_f}{T_i} \times 100$$

Dónde:

T_i: Turbidez inicial

T_f: Turbidez final

PRT: Porcentaje de remoción de turbidez

2.3.3.4 Método para determinar la dosis de coagulante natural

Se aplicará una regla de tres simple para hallar la cantidad en g de coagulante de acuerdo al volumen del vaso de precipitado que se usará partiendo del resultado de la dosis óptima de nuestra tesis guía. (1,8 g/L <> 0,9 g)

$$\begin{array}{r} 0,9 \text{ g} \dots\dots\dots 0,5 \text{ L} \\ \times \dots\dots\dots 0,5 \text{ L} \end{array}$$

Donde:

x: Dosis del coagulante (g)

2.3.3.5 Método de análisis de datos

Se utilizará el programa de IBM SPSS Statistics versión 27 y el programa Microsoft Excel versión 2016 para procesar los resultados obtenidos por medio de gráficos y analizar con los datos la reducción de turbidez.

2.4 Procedimiento

2.4.1 En campo:

Para la toma de datos nos dirigimos al lugar de la toma de muestra teniendo en cuenta el punto de muestreo, los parámetros a evaluar, la preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección.

Muestreo de las aguas de la fuente de agua superficial:

Georreferenciación del punto de muestreo:

Tabla 5:

Coordenadas del punto de muestreo

Norte	Este
1457067.2	575299.89

Nota: Esta tabla muestra las coordenadas del punto de ubicación de donde se obtuvo la muestra de la cuenca baja del Río Rímac.

Cantidad: 15 L de agua

Rotulado y etiquetado de la muestra: Se debe colocar el código del punto de muestreo, el tipo de cuerpo de agua, fecha y hora de muestreo, nombre del responsable de la muestra. El etiquetado se realizará antes de la toma de muestra. El anexo II del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales fue tomado de referencia para el etiquetado de las muestras.

Materiales para el muestreo: Recipientes para la toma de muestra de contenido (15L).

Toma de muestra:

- El personal responsable se colocará las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestra de agua.
- Se ubicará en un punto medio de la corriente principal.

- Se tomó un volumen adecuado de agua en un balde limpio.
- Se cogió un recipiente, se retiró la tapa sin tocar la superficie interna del recipiente.
- Antes de recolectar la muestra se enjuagará el recipiente 2 veces
- Se cogió el recipiente por debajo del cuello sumergiéndolo en dirección opuesta al flujo de agua
- Se considerará un espacio de 1% de la capacidad del envase

Llenado de la cadena de custodia: Se considerará los siguientes ítems: Nombre de la persona, correo electrónico, número telefónico del responsable de la toma de muestras, Nombre del proyecto, Código del punto de muestreo, Clasificación de la matriz de agua (agua de río, laguna, mar, etc), Fecha y hora del muestreo, Número y tipo de envase por punto de muestreo, Preservación de la muestra, firma de la persona responsable del monitoreo y observaciones en campo. Para ello se tomó como referencia el anexo III del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.

Transporte de la muestra: El recipiente de la muestra se trasladó al laboratorio de la Universidad Privada del Norte Sede Lima Norte. Además, en el anexo VII del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales fue tomado de referencia para saber el tiempo máximo de almacenamiento de la muestra de agua para la turbiedad, pH (24h), y sólidos disueltos totales (7 días).

2.4.2 En el laboratorio:

Medición de parámetros iniciales:

Se procederá a realizar la medición de los parámetros iniciales considerados: turbidez con el equipo del turbidímetro, pH y sólidos disueltos totales con el multiparámetro HACH.

Extracción y preparación del coagulante natural del *Aloe Vera L.* (sábila)

Lavado: La materia prima se sometió a lavado para retirar las impurezas o suciedad que pueda contener.

Extracción del coagulante natural: Según Morales (2019) realizó manualmente el cortado de la cáscara de sábila para retirar el mucílago del *Aloe Vera L.* (sábila). Es por ello que, aplicamos este proceso manual retirando el coagulante natural para el desarrollo del procedimiento en el laboratorio. Por consiguiente, una vez retirada la cáscara de sábila se estableció la cantidad de coagulante natural a utilizar.

Desarrollo de la prueba de jarras:

Con el objetivo de establecer la dosificación óptima del coagulante natural del *Aloe Vera L.* (sábila) se establecerá la cantidad del mucílago de sábila a utilizar, de acuerdo al resultado de la dosis óptima que se empleó en el trabajo de investigación de la tesis de Morales (2019) se partió una base de 0.9 g de coagulante natural.

Seguido de ello, habiendo extraído nuestro coagulante natural, seleccionamos los siguientes pesos en una concentración de 0,5 L. Se tuvo una muestra de control por cada bloque sin adición del coagulante natural.

Tabla 6:

Relación de peso en g y g/L

N°	Peso del coagulante en (g)	Peso del coagulante en g/L
D₁	1 g	2 g/L
D₂	2 g	4 g/L
D₃	3 g	6 g/L

Nota: Esta tabla muestra la relación del peso de la dosis de coagulante en gramos y gramos por litro.

Seguido de ello, se iniciará el tratamiento con la metodología de prueba de jarras comenzando con una mezcla rápida de 100 RPM por espacio de 1 minuto. Posteriormente se seleccionará las velocidades de agitación correspondientes de 20, 40 y 50 RPM por un espacio de 20 minutos. Asimismo, se realizó 2 repeticiones por cada experimento.

Tabla 7:

Velocidades de agitación

N°	Velocidad de agitación (RPM)
VA₁	20
VA₂	40
VA₃	50

Nota: Esta tabla muestra las velocidades de agitación consideradas para el desarrollo del experimento teniendo en cuenta que estas velocidades son las que se encontraban puestas en el equipo de test de jarras.

De acuerdo con la matriz de experimentación se realizarán las combinaciones de la dosis del coagulante natural y la velocidad de agitación. Para ello, se ordenará la combinación de experimentos con el fin de optimizar el proceso en el equipo de prueba de jarras siguiendo la secuencia.

Tabla 8:

Combinaciones por cada bloque en el desarrollo de prueba de jarras

N° tratamientos	Dosis del coagulante natural (g/l)	Velocidad de agitación (RPM)
T1	D ₁ : 2 g/L	VA ₁ : 20
T2	D ₂ : 4 g/L	VA ₁ : 20
T3	D ₃ : 6 g/L	VA ₁ : 20
N° tratamientos	Dosis del coagulante natural (g/l)	Velocidad de agitación (RPM)
T4	D ₁ : 2 g/L	VA ₂ : 40
T5	D ₂ : 4 g/L	VA ₂ : 40
T6	D ₃ : 6 g/L	VA ₂ : 40
N° tratamientos	Dosis del coagulante natural (g/l)	Velocidad de agitación (RPM)
T7	D ₁ : 2 g/L	VA ₃ : 50
T8	D ₂ : 4 g/L	VA ₃ : 50
T9	D ₃ : 6 g/L	VA ₃ : 50

Nota: Esta tabla muestra los tratamientos rotulados del T1 al T9 separados en 3 bloques porque se usaron 3 equipos de test de jarras.

Medición de parámetros finales

Se medirá los valores finales de la turbidez, pH y sólidos disueltos totales de la muestra obtenida.

2.4.3 Validez y confiabilidad de información

Para la validez del trabajo de investigación se aplicó la prueba de jarras que de acuerdo a Navarro (2015) menciona que en la prueba de jarras se aplican variaciones en las dosis del coagulante a implementar en cada jarra lo cual permite reducir los coloides

suspendidos y la materia orgánica, quiere decir que este proceso simula procesos de floculación, coagulación y sedimentación.

En el caso de la confiabilidad se verificó que los equipos utilizados como el: multiparámetro, test de jarras y turbidímetro estuvieran calibrados y cuenten con una verificación operacional.

2.4.4. Análisis de información

Para el análisis de la información se ordenó y clasificó los resultados obtenidos durante el desarrollo del procedimiento para luego procesar la data elaborando cuadros y gráficos con ayuda del programa de Microsoft Excel y el software IBM SPSS Statistics versión 27.

2.4.5. Aspectos éticos de la investigación

Por otra parte, dentro del presente trabajo se citó y referenció las fuentes consultadas y consideradas para la recolección de datos usados en diversos puntos de la investigación. Dicha información solo ha sido usada para fines académicos sin sufrir alguna alteración puesto que, no dejamos de lado los valores que un investigador debe tener. Así mismo se respetó el Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales establecido por la Autoridad Nacional del Agua por Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA y los protocolos de bioseguridad del laboratorio de la UPN.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Caracterización de los parámetros iniciales de turbidez, pH y sólidos disueltos

totales de la cuenca baja del Río Rímac

En la tabla 10 se muestran los resultados obtenidos en el laboratorio de los parámetros iniciales de turbidez, pH y sólidos disueltos totales de la muestra general extraída de la cuenca baja del Río Rímac (**ver anexo 3 y 4**) que fueron medidos con los equipos calibrados de: turbidímetro portátil 2100Q HACH y el multiparámetro portátil HQd HACH. (**ver anexo 5 y 6**). Así mismo se muestran los valores del ECA de agua correspondiente a la categoría 1, subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

Tabla 9:

Caracterización de los parámetros iniciales de turbidez, pH y sólidos disueltos totales de la cuenca baja del Río Rímac

Muestra	Parámetro	Unidad	Resultado	A1*	A2**	A3***
obtenido en laboratorio						
Muestra General de la cuenca baja del Río Rímac	Turbidez	NTU	96.4	5	100	No aplica
	Potencial hidrógeno	pH	7,9	6,5-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0
	Sólidos disueltos totales	mg/L	1244	1000	1000	1500

Nota: Los datos que figuran en la tabla pertenecen a los valores del ECA (Estándares de calidad ambiental) de la categoría 1.

**Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección*

*** Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional*

**** Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado*

3.2 Determinación de los factores de operación adecuados aplicando el coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) para la remoción de la turbidez del agua proveniente de la cuenca baja del Río Rímac

En las tablas 10, 11 y 12 se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio realizando la primera y segunda repetición por cada bloque teniendo un conjunto de 9 tratamientos como lo indica nuestro proceso de experimentación factorial, en primera instancia usando el turbidímetro portátil 2100Q HACH y el multiparámetro portátil HQd HACH para medir la turbidez, el pH y los sólidos disueltos totales. También, la balanza analítica calibrada (**ver anexo 7**) para realizar el pesaje de la sábila (**ver anexo 8**). Así mismo, como se mencionó en nuestro diseño experimental se contó con una muestra de control (**ver anexo 9**) por cada bloque las cuales no tuvieron adición del coagulante natural ya que por cada equipo de prueba de jarras (**ver anexo 10**) se realizaron 3 tratamientos (**ver anexo 11**) con adición de coagulante (**ver anexo 12**).

Tabla 10:

Resultados de la media de ambas repeticiones para el parámetro de turbidez por cada bloque

N° tratamientos	Dosis de coagulante natural (g/L)	Velocidad de agitación (RPM)	Turbidez (NTU) – Primera repetición	Turbidez (NTU) – Segunda repetición	Media (NTU)
Primer bloque					
T1	2 g/L		63,7	62,0	62,8
T2	4 g/L	20	63,3	61,6	62,4
T3	6 g/L		59,8	58,2	59,0

Segundo bloque

T4	2 g/L		62,6	60,9	61,7
T5	4 g/L	40	64,7	62,9	63,8
T6	6 g/L		59,8	58,1	58,9

Tercer bloque

T7	2 g/L		61,0	59,2	60,1
T8	4 g/L	50	61,0	59,2	60,1
T9	6 g/L		61,2	59,3	60,2

Nota: La media proviene de la primera y segunda repetición

Desviación estándar (S): 1.8

Coefficiente de variabilidad (CV): 0.6

Tabla 11:

Resultados de la media de ambas repeticiones para el parámetro de pH por cada bloque

N°	Dosis de	Velocidad	pH –	pH –	Media
tratamientos	coagulante	de agitación	Primera	Segunda	
	natural	(RPM)	repetición	repetición	
	(g/L)				

Primer bloque

T1	2 g/L		7,7	8,3	8,0
T2	4 g/L	20	7,8	8,3	8,0
T3	6 g/L		7,9	8,3	8,1

Segundo bloque

T4	2 g/L	40	7,7	8,4	8,0
T5	4 g/L		7,8	8,3	8,0

T6	6 g/L		8,1	8,3	8,2
Tercer bloque					
T7	2 g/L	50	8,2	8,4	8,3
T8	4 g/L		8,2	8,4	8,3
T9	6 g/L		8,2	8,4	8,3

Nota: La media proviene de la primera y segunda repetición

Desviación estándar (S): 1.7

Coefficiente de variabilidad (CV): 2.4

Tabla 12:

Resultados de la media de ambas repeticiones para el parámetro de sólidos disueltos totales por cada bloque

N°	Dosis de	Velocidad	TSD (mg/L)	TSD	Media
tratamientos	coagulante	de agitación	– Primera	(mg/L) –	
	natural	(RPM)	repetición	Segunda	
	(g/L)			repetición	
Primer bloque					
T1	2 g/L		1251	1237	1244.0
T2	4 g/L	20	1242	1241	1241.5
T3	6 g/L		1239	1242	1240.5
Segundo bloque					
T4	2 g/L		1251	1253	1252.0
T5	4 g/L	40	1242	1237	1239.5
T6	6 g/L		1239	1242	1240.5
Tercer bloque					
T7	2 g/L		1236	1235	1235.5
T8	4 g/L	50	1239	1240	1239.5

T9 6 g/L 1240 1239 1239.5

Nota: La media proviene de la primera y segunda repetición

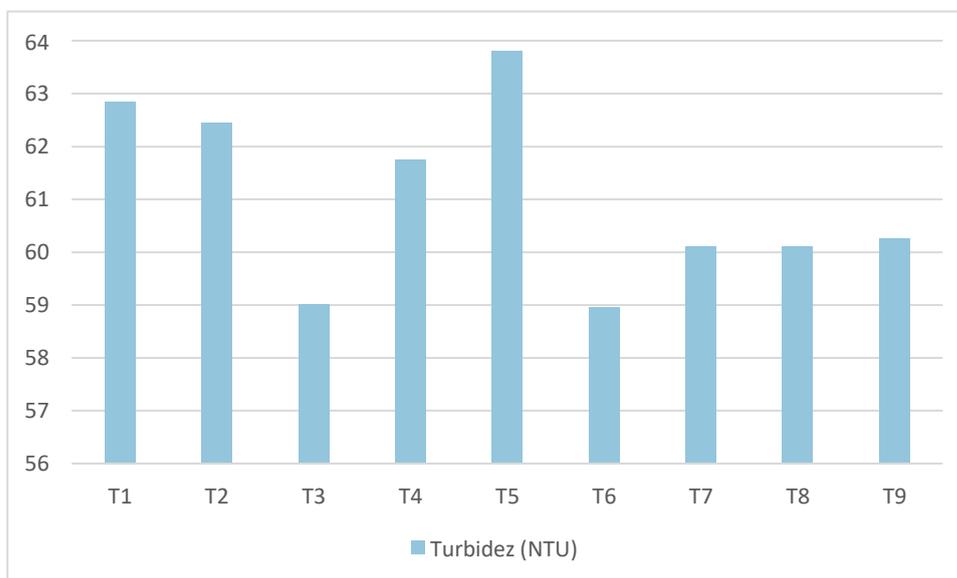
Desviación estándar (S): 5.5

Coefficiente de variabilidad (CV): 0.2

En la figura 2 se observan los resultados de la media del parámetro de turbidez por cada tratamiento en ambas repeticiones. En la cual el tratamiento 6 obtuvo el valor más bajo con 58.9 NTU. Así mismo el tratamiento 3 obtuvo un valor de 59 NTU. Seguido de los tratamientos 7, 8 y 9 con valores de 60,1; 60.1; y 60,2 NTU correspondientemente. También, el tratamiento 4 obtuvo un valor de 61,7 NTU, continuando con los tratamientos 2 y 1 con valores de 62,4; y 62,8 NTU correspondientemente. Finalmente, el tratamiento 5 obtuvo un valor de 63,8 NTU.

Figura 2:

Resultados de turbidez de la media de ambas repeticiones



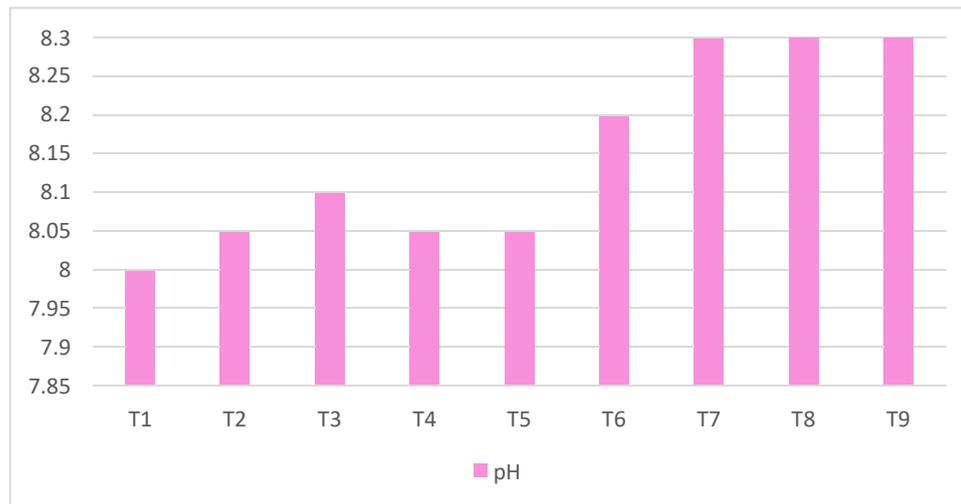
Nota: Gráfico de barras mostrando niveles de turbidez de ambas repeticiones.

En la figura 3 se observan los resultados de la media del parámetro de pH por cada tratamiento. En donde el tratamiento 1 obtuvo un valor de 8 y del tratamiento 2 al 9 el pH

va de un rango de 8,05 a 8,3.

Figura 3

Resultados del pH de la media de ambas repeticiones

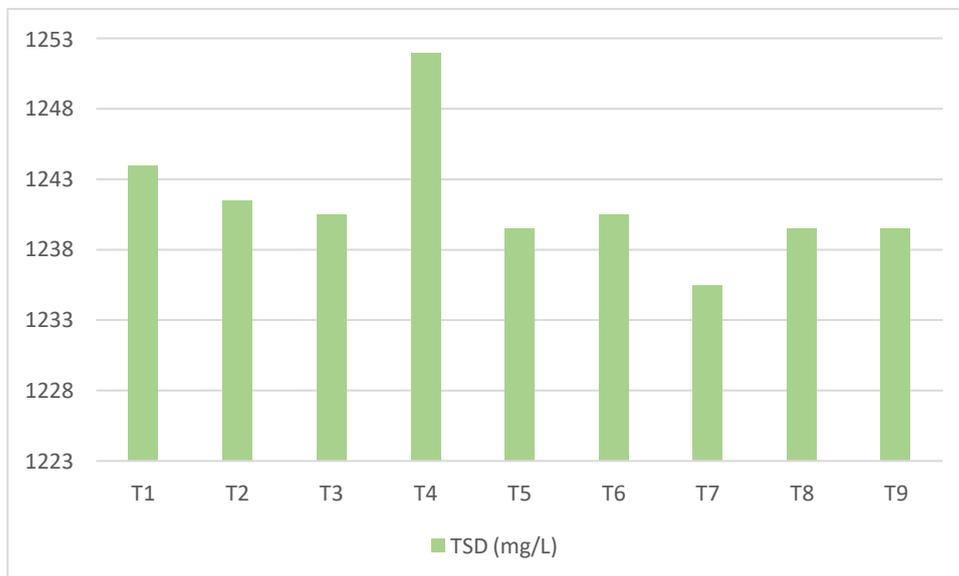


Nota: Gráfico de barras mostrando niveles de pH de ambas repeticiones.

En la figura 4 se observan los resultados de la media del parámetro de sólidos disueltos totales por cada tratamiento. En donde el tratamiento 7 obtuvo 1235,5 mg/L. De igual manera el tratamiento 5, 8 y 9 obtuvieron el mismo valor de 1239,5 mg/L. Luego, los tratamientos 3 y 6 obtuvieron el mismo valor de 1240,5 mg/L. Asimismo, el tratamiento 2 obtuvo 1241,5 mg/l seguido del tratamiento 1 que obtuvo un valor de 1244 mg/L. Por último, el tratamiento 4 arrojó un valor de 1252 mg/L.

Figura 4

Resultados de sólidos disueltos totales de la media de ambas repeticiones

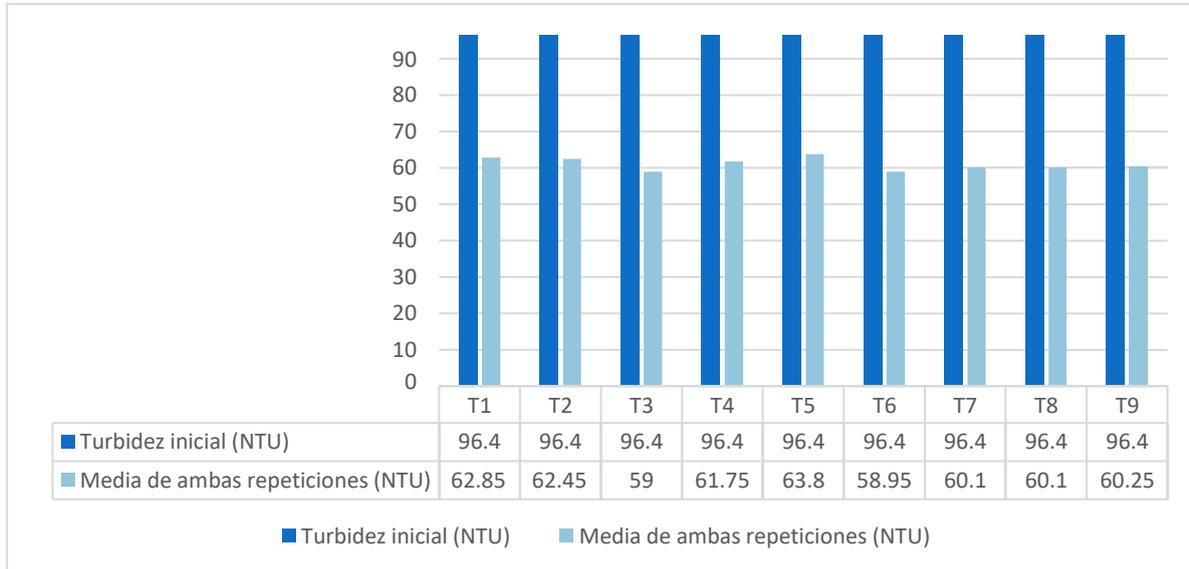


Nota: Gráfico de barras mostrando niveles de TDS de ambas repeticiones.

En la figura 5 se puede apreciar que el tratamiento 6 obtuvo el valor más bajo de turbidez de 58,9 NTU, debido a que se usó una dosis de coagulante de 6 g/L con una velocidad de agitación de 40 RPM. Por otro lado, el tratamiento 3 obtuvo un valor de 59 NTU, ya que se utilizó la misma dosis de coagulante que el tratamiento 6, pero a una velocidad de agitación de 20 RPM. También, los tratamientos 7, 8 y 9 obtuvieron valores de turbidez menores de 60,1; 60,1; y 60,2 NTU respectivamente, considerando que estos tratamientos pertenecen al tercer bloque en el cual se usó una velocidad de agitación de 50 RPM. Teniendo en cuenta lo mencionado de acuerdo a la figura 5 respondiendo a nuestro segundo objetivo específico, en la primera y segunda repetición la mejor dosis de coagulante para remover la turbidez es de 6 g/L y la velocidad de agitación es la de 40 RPM siendo estos los factores de operación adecuados para remover la turbidez (**ver anexo 13**).

Figura 5

Comparación de turbidez inicial vs media de turbidez de ambas repeticiones

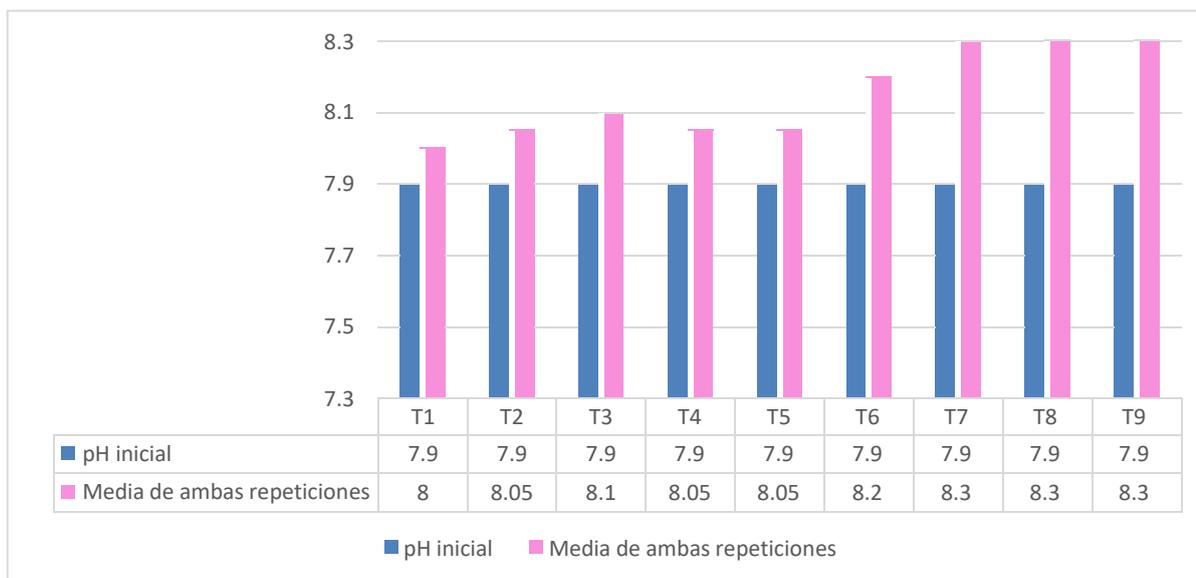


Nota: Gráfico de barras mostrando niveles de turbidez inicial en NTU de ambas repeticiones.

En la figura 6 observamos los valores de la media de pH en ambas repeticiones, en donde el pH empieza a aumentar de manera mínima a partir del tratamiento 1 con un valor de 8 continuando así hasta el tratamiento 9 con un valor de 8,3.

Figura 6:

Comparación de pH inicial vs media de pH de ambas repeticiones

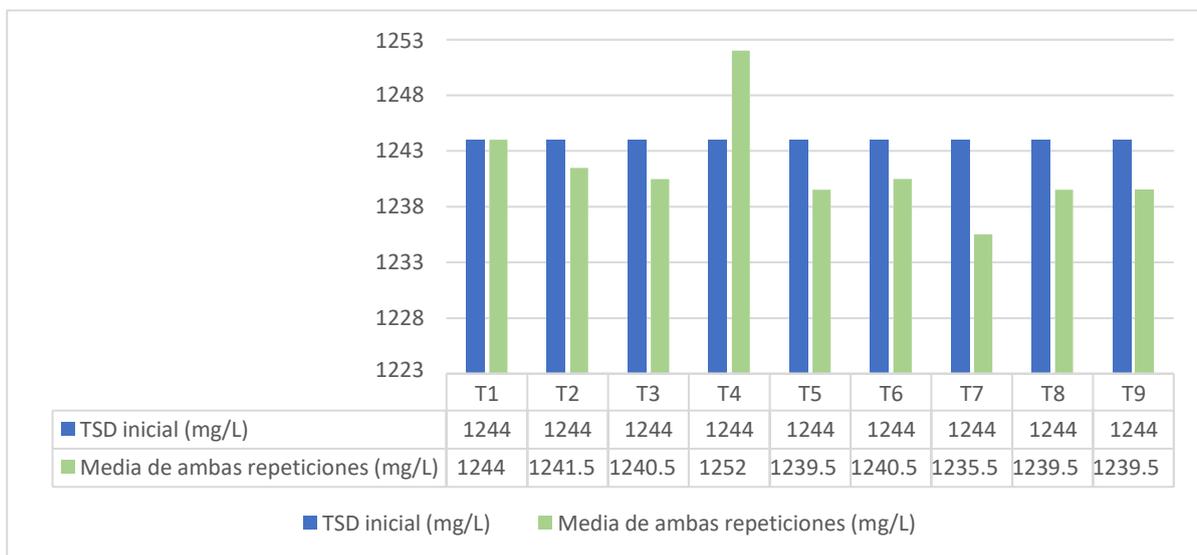


Nota: Gráfico de barras mostrando niveles de pH inicial de ambas repeticiones.

En la figura 7 se pueden apreciar los valores de la media de los sólidos disueltos totales en ambas repeticiones, en donde el tratamiento 4 tiene un aumento de TDS arrojando un valor de 1252 mg/L, en comparación de los tratamientos del 1 al 9 que van de un rango de 1235,5 a 1241,5 mg/L.

Figura 7:

Comparación de TSD inicial vs media de TSD de ambas repeticiones



Nota: Gráfico de barras mostrando niveles de TDS inicial de ambas repeticiones.

3.3 Caracterización de los parámetros finales de turbidez, pH y sólidos disueltos totales de la cuenca baja del Río Rímac

En la tabla 13 se muestran los resultados obtenidos en el laboratorio de los parámetros finales de turbidez, pH y sólidos disueltos totales de la muestra general extraída de la cuenca baja del Río Rímac.

Tabla 13:

Resultados de la caracterización de los parámetros finales de turbidez, pH y sólidos disueltos totales de la cuenca baja del Río Rímac

Muestra	Parámetro	Unidad	Resultado obtenido en laboratorio
Muestra General de la cuenca baja del Río Rímac	Turbidez	NTU	60.1
	Potencial hidrógeno	pH	8.3
	Sólidos disueltos totales	mg/L	1240

Nota: Esta tabla muestra los resultados de los valores finales de los parámetros de turbidez, pH y sólidos disueltos totales.

3.4 Determinación del porcentaje de remoción de turbidez aplicando el coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) en las aguas provenientes de la cuenca baja del Río Rímac

De acuerdo con lo mencionado y mostrado en los puntos anteriores, reemplazaremos nuestros datos en el método para determinar el porcentaje de remoción de la turbidez.

Donde:

T_i : 96.4 NTU

T_f : 58.1 NTU

Reemplazando:

$$PRT = \frac{T_i - T_f}{T_i}$$

$$PRT = \frac{96.4 - 58.1}{96.4} \times 100$$

$$\text{PRT} = 39.73 \%$$

Por lo tanto, el porcentaje de remoción de turbidez aplicando el coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) es de 39.73%.

3.5 Prueba de normalidad

Prueba de normalidad Pre – test

En este apartado se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con el software IBM SPSS Statistics versión 27, debido a que el número de tratamientos es menor a 50.

Las hipótesis planteadas son:

Ho: Los datos se ajustan a una distribución normal.

Ha: Los datos no se ajustan a una distribución normal.

En la tabla 14 observamos el resultado obtenido en la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk Pre - test, aceptamos la Ho y rechazamos la Ha, es decir los datos tienen una distribución normal, por lo tanto, se aplicó la estadística paramétrica.

Nivel de confianza = 95%

$$\alpha = 0.05$$

Si $p < 0.05$ rechazamos la Ho y aceptamos la Ha

Si $p \geq 0.05$ aceptamos la Ho y rechazamos la Ha

Tabla 14:

Prueba de normalidad para el Pre - Test

Prueba de normalidad Pre – Test
Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	Sig.
Tratamientos	0.96	9	0.635

Nota: Esta tabla muestra la prueba de normalidad considerada para el pre test.

Prueba de normalidad Post – test

En la tabla 15 observamos el resultado obtenido en la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk Post - test, aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a , es decir los datos tienen una distribución normal, por lo tanto, se aplicó la estadística paramétrica.

Nivel de confianza = 95%

$\alpha = 0.05$

Regla de decisión:

Si $p < 0.05$ rechazamos la H_0 y acepto la H_a

Si $p \geq 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

Tabla 15:

Prueba de normalidad para el Post - Test

Prueba de normalidad Post – Test			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Tratamientos	0.967	18	0.736

Nota: Esta tabla muestra la prueba de normalidad considerada para el post – test.

3.6 Prueba de hipótesis:

De acuerdo con el resultado de la prueba de normalidad Post – test en donde tenemos una estadística paramétrica se realizó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) para la prueba de hipótesis.

Las hipótesis planteadas son:

Ho: Las medias son iguales.

Ha: Al menos una de las medias es diferente.

Regla de decisión:

Si $p < 0.05$ rechazamos la Ho y acepto la Ha

Si $p \geq 0.05$ aceptamos la Ho y rechazamos la Ha

3.6.1 Prueba ANOVA

En la Tabla 16 se observa que el $p < 0,05$ por ende se rechaza la Ho y aceptamos la Ha lo que nos indica que al menos una de las medias es diferente.

Tabla 16:

Prueba de análisis de varianza (ANOVA)

F	P
3.971	0.028

Nota: Esta tabla muestra la prueba ANOVA.

3.6.2 Prueba homogeneidad de varianzas

En la Tabla 17 se muestra que $p < 0.05$ por ende aceptamos la Ho y rechazamos la Ha lo que nos indica que se puede aplicar un análisis factorial.

Las hipótesis planteadas son:

Ho: Se puede aplicar análisis factorial.

Ha: No se puede aplicar el análisis factorial

Regla de decisión:

Si $p < 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

Si $p \geq 0.05$ rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Tabla 17:

Prueba de Barlett

Prueba de esfericidad de	Aprox. Chi-cuadrado	78.562
Bartlett	Gl	3
	Sig	<0.001

Nota: Esta tabla muestra la prueba de Barlett que se realizó por tener en cuenta que $p < 0.05$.

3.6.3 Prueba Duncan

En la Tabla 22 observamos la Prueba Duncan, de acuerdo a los resultados obtenidos los niveles de turbidez del agua proveniente de la cuenca baja del Río Rímac de cada tratamiento en ambas repeticiones si presentan diferencias significativas al menos uno, por ello hay letras distintas. Por ejemplo, los tratamientos 6 y 3 no presentan diferencias estadísticas significativas entre ellos (ambos tienen la letra A), pero si respecto a los demás. Así mismo, el que presenta menor remoción en la turbidez corresponde al tratamiento 5 y presenta diferencias estadísticas respecto a los demás. Respecto a los datos, el tratamiento que presentó mejores resultados de remoción de turbidez fue el tratamiento 6.

Las hipótesis planteadas son:

H_0 : No hay diferencia significativa.

H_a : Existe diferencias significativas.

Regla de decisión:

Si $p < 0.05$ rechazamos la H_0 y acepto la H_a

Si $p \geq 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

Tabla 18:

Prueba de significancia de Duncan para los niveles de turbidez (NTU) de los tratamientos

Duncan^a					
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	
6	2	58.9500			A
3	2	59.0000			A
7	2	60.1050	60.1050		A-B
8	2	60.1050	60.1050		A-B
9	2	60.2500	60.2500		A-B
4	2	61.7500	61.7500	61.7500	A-B-C
2	2		62.4500	62.4500	B-C
1	2		62.8500	62.8500	B-C
5	2			63.8000	C
Sig.		0.068	0.073	0.155	

Nota: Esta tabla muestra la prueba de DUNCAN.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En el presente trabajo de investigación se planteó como objetivo general reducir la turbidez del agua mediante la aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022. Luego de realizar el tratamiento a la muestra seleccionada de acuerdo al mejor tratamiento que fue el número 6 se llegó a una turbidez de 58.1 NTU frente a una turbidez inicial de 96.4 NTU. Por lo tanto, debido a que existe una disminución de turbidez se acepta la hipótesis de investigación que menciona que el coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) reduce la turbidez que se encuentra presente en las aguas de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022. Es necesario mencionar que el uso del coagulante natural se debe retirar del agua tratada debido a que los coagulantes orgánicos tienen un tiempo corto de vida ya que se biodegradan en el agua y por ende comienzan a consumir oxígeno lo cual incrementa la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno. Además, la sábila tiene muchos beneficios que aportan a la salud de la población y propiedades que ayudan en los procesos de coagulación y floculación. La coagulación se da por dos tipos, en este caso se dio el tipo de coagulación por adsorción que según Andía (2000) nos menciona que cuando el coagulante se aplica al agua turbia los coloides absorben el coagulante y se forman flóculos. En relación con, Morales (2019) en su investigación denominada “Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano – Oxapampa, 2018” llegó a una turbidez de 52.20 NTU teniendo como turbidez inicial 79.7 NTU. Estos resultados no son más que la confirmación de que la aplicación de coagulantes naturales como la sábila son usados en distintos procesos como lo es la clarificación del agua destinada a consumo humano (Benjumea, Toro y Luna, 2021). De

acuerdo a este resultado podemos demostrar que los componentes naturales tienen cierta ventaja frente a los químicos ya que por las características que poseen ayudan a disminuir la turbidez y el color presentes en los cuerpos de agua superficial y en los procesos de tratamiento de aguas para consumo humano.

En el presente trabajo de investigación se planteó como primer y cuarto objetivo específico medir la turbidez inicial y final del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022. Posteriormente de realizar la medición en laboratorio, se obtuvo el valor inicial del parámetro de turbidez que fue: 96.4 NTU, este resultado se posiciona como superior al límite de turbiedad para la sub categoría A1 y cercano al límite de turbiedad para la sub categoría A2 según los ECA para agua. A la vez, el valor final del parámetro de turbidez fue: 58.1. Por ende, al medir el valor inicial y final del parámetro mencionado, se aceptan las hipótesis de investigación que mencionan que teniendo el valor inicial nos sirve de ayuda para conocer la calidad del agua y tener el valor final nos permite saber en cuánto disminuye la turbidez del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022. Además, se tomaron como referencia valores de pH y sólidos disueltos totales por la relación que tienen con la turbidez y que pueden influenciar en el proceso de coagulación. Con relación a, Escobal (2018) uno de los factores que afectan el proceso de coagulación de la turbidez es la influencia de pH la cual tiene mayor impacto en el momento que se ejecuta el proceso de coagulación. Además, para cada tipo de agua se presenta un rango de pH requerido, quiere decir que, si el proceso de coagulación se realiza fuera del rango permitido se incrementará la dosis de coagulante. También, de acuerdo a Trujillo et al., (2014) los sólidos suspendidos y la turbiedad no tiene una relación debido a que la turbiedad cambia según las propiedades de absorción de luz del material que se encuentra suspendido y de la fuente de luz y el método de medición, pero los valores de turbiedad permitan controlar este parámetro. De acuerdo a lo expuesto, la

aplicación del coagulante natural puede presentar variabilidad en los valores de los parámetros secundarios que no se encuentran considerados como variables de estudio en el presente trabajo de investigación. Finalmente, es importante reconocer si esta variabilidad puede alterar drásticamente los valores requeridos en la normativa, por lo que se recomienda, caracterizar los parámetros que se quieran estudiar antes de la aplicación de cualquier tratamiento usando un coagulante natural para así identificar cuál es el más efectivo por cada parámetro considerado como variable dentro de un estudio.

En el presente trabajo de investigación se planteó como segundo y tercer objetivo específico determinar la dosis de coagulante natural y velocidad de agitación para la reducción de turbidez del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022. Luego de aplicar los factores de operación de dosis de coagulante natural y velocidad de agitación a través del desarrollo de la prueba de jarras se obtuvo que la dosis de coagulante natural adecuado es de 6 g/L y la velocidad de agitación de 40 RPM por espacio de 20 minutos para reducir la turbidez presente en el cuerpo de agua superficial que fue de 96.4 NTU. Por tanto, se aceptan las hipótesis de investigación que mencionan que la dosis de coagulante natural adecuada permite reducir la turbidez y que la velocidad de agitación correcta influye en la aplicación de la dosis del coagulante para reducir la turbidez de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022. Este resultado significa que, al hallar la dosis de coagulante natural adecuado se puede conseguir mayor reducción de la turbidez. Con respecto, Morales (2019) en su investigación denominada “Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano – Oxapampa, 2018” la mejor dosis de coagulante natural fue de 1.8 g/L a una velocidad de agitación de 50 RPM por espacio de 15 minutos para remover una turbidez de 79.7 NTU presente en el cuerpo de agua superficial. En base a lo mencionado líneas arriba, para

seleccionar las dosis de coagulante natural se partió de una base de 1.8 g/L que fue la mejor en el trabajo de investigación de referencia, por ello, se utilizaron dosis partiendo de 2 g/L, 4 g/L y 6 g/L por espacio de 20 minutos a velocidades de agitación de 20, 40, 50 RPM respectivamente; es decir, se tuvo como guía el resultado de un trabajo realizado en Perú con el coagulante natural del *Aloe Vera L.* (sábila). Es recomendable trabajar con una dosis base de un trabajo de investigación ya realizado teniendo en cuenta la clase de coagulante natural usado y el nivel de turbiedad encontrado en el cuerpo de agua superficial.

En el presente trabajo de investigación se tuvo como cuarto objetivo específico determinar el porcentaje de remoción de turbidez mediante la aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) del agua proveniente de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022. Luego de realizar el test de jarras se logró remover un 39.73% de turbidez total en ambas repeticiones de los tratamientos mediante la aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila). Por lo consiguiente, debido a esto se acepta la hipótesis de investigación que menciona que al hallar el porcentaje de remoción de turbidez mediante la aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) sirve para conocer la reducción de turbidez. Este resultado significa que al aplicar el test de jarras usando el coagulante natural se presenta una remoción de turbidez en los tratamientos que contienen un volumen de la muestra de agua superficial y una dosis del coagulante natural. Al respecto, López, Canché, Guevara y Oropeza (2020), en su investigación denominada “Remoción de la turbidez en muestras sintéticas mediante coagulación – floculación y filtración utilizando materiales naturales” referida a la aplicación de coagulantes naturales, al utilizar la sábila se obtuvo una remoción de 18.4 % frente a una turbidez inicial de 272 NTU. Así mismo el presente trabajo de investigación llegó a un 39.73% de remoción llegando así a un porcentaje mayor de la investigación mencionada. El resultado encontrado se debe a la correcta aplicación de los

factores de operación adecuados para realizar el test de jarras y así aplicar la fórmula del porcentaje de remoción de turbidez presente en las aguas superficiales.

Las limitaciones dadas en el desarrollo del presente trabajo de investigación se observan en el difícil acceso a las instalaciones del laboratorio de la Universidad Privada del Norte desde el inicio del flujo de comunicación para obtener el permiso del jefe de laboratorio. Además, el tiempo que se brinda al estudiante para desarrollar su diseño experimental. Por ello, no se aplicó los 3 tratamientos recomendables en un diseño factorial. Así mismo, el contexto de pandemia por la COVID-19. Por último, el imprevisto de una obra de mejoramiento de acceso en el puente Huaycoloro, el cual es cercano al punto de recolección de la muestra de agua seleccionada.

4.2. Conclusiones

- De acuerdo a los resultados obtenidos se presentó una reducción de turbidez utilizando una dosis de coagulante y velocidad de agitación correcta. Por otra parte, se hizo uso de la sábila como coagulante natural a pesar de que en el Perú se han hecho más trabajos de investigación usando coagulantes naturales como: almidón de papa, almidón de yuca, tuna, tara, moringa, etc. Es por ello, que se puede sugerir usar la sábila como coagulante natural partiendo de la dosis usada en el presente trabajo de investigación para futuros estudios en donde se busque no solo remover la turbidez sino adicionar un coagulante natural para lograr mejores resultados considerando dos tipos de coagulantes naturales. Así mismo, el uso del software SPSS ayudo a identificar el mejor tratamiento durante el desarrollo de la prueba de jarras.

- La reducción de turbidez mediante la aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) en la cuenca baja del Río Rímac se determinó usando la metodología del test de jarras en donde la turbidez disminuyó a 58.9 NTU en el tratamiento 6. Es por ello que, el test de jarras sigue aportando a conseguir resultados óptimos para tratar muestras de aguas superficiales en los procesos de coagulación usando coagulantes naturales sin necesidad de adicionar una solución química. Además, la sábila posee propiedades que se adaptan en el proceso de coagulación y floculación.
- La medición de los parámetros iniciales y finales del agua de la cuenca baja del Río Rímac se realizaron usando los equipos de laboratorio que fueron el turbidímetro portátil 2100Q HACH y el multiparámetro portátil HQd HACH. Por lo que, al conocer los valores del agua de forma inicial se puede tener conocimiento del estado de la calidad del agua a tratar. Por consiguiente, al aplicar el test de jarras se puede saber la calidad final del agua tratada.
- Los factores de operación adecuados mediante la aplicación del coagulante natural de *Aloe Vera L.* (sábila) para reducir la turbidez del agua proveniente de la cuenca baja del Río Rímac se determinaron partiendo de una base de dosis de coagulante adecuado de un trabajo de investigación realizado por Morales(2019) de 1,8 g/L. Con relación a ello, los factores de operación adecuados fueron de 6g/L y 40 RPM de velocidad de agitación por espacio de 20 minutos en el tratamiento T6 removiendo hasta 58.1 NTU de turbidez.
- El porcentaje de reducción de turbidez mediante la aplicación de la sábila del agua proveniente de la cuenca baja del Río Rímac se determinó usando la

fórmula mencionada en el apartado 2.3.3.3 reemplazando los datos correspondientes obteniendo como respuesta de forma general de todos los tratamientos un 39.73% de remoción de turbidez.

- Con respecto a la evaluación de la eficiencia de coagulantes naturales frente a los coagulantes sintéticos. Según Cevallos, N., Burgos, G., y Còrdova, A. (2022) realizaron un tratamiento por test de jarras en donde usaron 2 tipos de coagulantes naturales: Aloe Vera y Pitahaya y 2 tipos de coagulantes sintéticos: sulfato de aluminio y el policloruro de aluminio. Teniendo la mejor dosis de coagulante se realizó el análisis respectivo en donde el coagulante sintético más efectivo fue el sulfato de aluminio mientras que en el caso de los coagulantes naturales el más efectivo fue el Gel de Aloe Vera. Con estos resultados, es importante resaltar que el uso de coagulantes naturales evita daños en el medio ambiente lo que ocasionan coagulantes sintéticos. Además, los coagulantes naturales permiten recuperar materia orgánica hasta en un 98% lo cual puede ser usado en una línea de producción en una planta de acuerdo al rubro a manejar. Así mismo, el gel de Aloe vera tiene alto contenido de mucilago que está formado por ácido galacturónico quien actúa como responsable de la acción coagulante, el Aloe vera presenta entre 300-1000 unidades del ácido galacturónico. Presentando los siguientes datos, se realizó un estudio de costos por día, mes y año.

Tabla 19

Análisis de costos – coagulante sintético vs coagulante natural

	Coagulante	Valor Unitario (Kg)	Producción 100 mL de coagulante	Tratamiento 1 L de agua superficial	Tratamiento de 1000 L de agua superficial	Gasto Mensual	Gasto Anual
Sintético	Sulfato de aluminio	\$0.80	\$0.03	\$0.0013	\$1.280	\$38.4	\$460.8
Natural	Gel de Aloe Vera	\$1.75	\$0.07	\$0.070	\$7.000	\$210	\$2520

Nota: Esta tabla tiene como referencia a Cevallos, N., Burgos, G., y Córdova, A. (2022)

- Observando el análisis de costos a simple vista logramos visualizar que el sulfato de aluminio presenta costos menores ya que su elaboración tiene contemplado una producción industrial. Sin embargo, ambientalmente los coagulantes naturales tienen mayores beneficios como permitir la recirculación de lodos de agua para mejorar la calidad del producto que se esté produciendo lo que no se podría hacer con un coagulante sintético ya que genera compuestos cancerígenos que podría afectar la salud de los animales.

4.3. Recomendaciones

Es necesario identificar que dependiendo del nivel de turbidez inicial que presente el agua a tratar será conveniente aumentar la dosis del coagulante natural a utilizar para obtener mayor grado de remoción de turbidez. Adicional, es importante que los equipos a utilizar durante el proceso del desarrollo en el laboratorio estén correctamente calibrados para que se pueda obtener valores precisos.

Finalmente, cabe mencionar que el coagulante natural al no tener una producción a nivel industrial resulta ser más costoso, pero a su vez más eficiente tanto para reducir la turbidez y ayudando con el cuidado del medio ambiente. Por lo

tanto, para futuras investigaciones se podría mezclar la dosis de coagulante natural con un porcentaje mínimo de coagulante sintético para llegar a un resultado óptimo.

REFERENCIAS

- Andía, Y. (2000). Tratamiento de agua: coagulación y floculación. Lima.
Recuperado de: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>
- Arboleda, J. (1992). Teoría y Práctica de la purificación del agua. Ed. Acodal. Colombia.
72p.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de investigación, 6ta Edición*. Venezuela: Editorial Episteme.
Recuperado de
https://www.academia.edu/23573985/El_proyecto_de_investigaci%C3%B3n_6ta_Edici%C3%B3n_Fidias_G_Arias_FREELIBROS_ORG
- Asrafuzzaman, M., Fakhuruddin, A. y Alamgir, M. (2011). Reduction of Turbidity of Water Using Locally Available Natural Coagulants. *Indawi*, 6
- Banchón, C., Baquerizo, R., Muñoz, D. y Zambrano, L. (2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *Enfoque UET*, 1-16
- Barbarán, S., López, J., y Chico, R. (2017). Remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno (*Prunus persica*) y palta (*Persea americana*). *Sagasteguiana*, 5(1), 7 – 16.
- Benjumea, C., Toro, M., y Luna, V. (2021). Evaluación de la eficiencia de extractos naturales en el proceso de coagulación floculación de aguas crudas, con fines de potabilización. *Bionatura*, 6 (2).
- Bravo, M. (2017). *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, solidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales*. Proyecto

curricular de licenciatura en química. Universidad distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.

Campbell, D.; y Stanley, J. (1963). *Diseños experimentales y cuasi – experimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Editorial Amorrortu. Recuperado de: <https://www.amorrortueditores.com/Papel/9789505182329/Dise%C3%B1os+experimentales+y+cuasiexperimentales+en+la+investigaci%C3%B3n+social>

CEPIS. (1975). *Polímeros naturales y su aplicación como ayudantes de Floculación*. Centro Internacional de Agua y Saneamiento. Volumen n° 2. Lima, Perú.

Cevallos, N., Burgos, G., y Córdova, A. (2022). *Evaluación de la eficacia de coagulantes sintéticos y naturales en el tratamiento de aguas residuales generadas en la producción de harina de pescado*. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas Portoviejo, Ecuador.

Choque, D., Choque, Y., Solano, A. y Ramos, B. (2018). *Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua*. Universidad nacional José María Arguedas, 2-5.

Contreras, K.; et al. (2018). El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. *Producción + Limpia*, 10(1).

Cuadro, W. y Rodas, J. (2018). *Alternativa para sustitución de coagulantes metálicos aplicando almidón de yuca y moringa oleífera en tratamiento de aguas superficiales*. Tesis de grado. Universidad de Guayaquil, Ecuador.

De Miguel, M. (2016). Legislación de agua de consumo humano. Aplicación en proyectos de abastecimiento. Iagua. Recuperado de: <https://www.bibguru.com/es/g/cita-apa-publicacion-de-blog/>

Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud (2011) Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031- 2010-SA. Lima – Perú.

Domínguez, et al. (2012). El Gel de Aloe Vera: Estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11(1), 23-43.

Escobal, L. (2018). *Eficiencia de Armatocereus rauhii y Espostoa mirabilis en la remoción de sólidos suspendidos totales en el agua para consumo humano del distrito de Balzas – Amazonas*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Espigares, M., Fernández, M. (1999). Calidad del agua para consumo público: caracteres físico-químicos en estudio sanitario del agua. Universidad de Granada, Granada, 60-65.

Fernández, M.; y Guardado, R. (2021). Evaluación del Índice de Calidad de Agua (ICA_{sup}) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Revista Digital Científico Tecnológico*, 37 (1).

Gonzales, C. (2011). Monitoreo de la calidad del agua. La turbidez. Colegio de ciencias agrícolas. *Recinto Universitario de Mayagüez – Puerto Rico*

González, M. (1997). Metodología de la investigación social. Técnicas de recolección de datos. Aguacleara. Madrid (España)

- Guananga, A. (2013). *Optimización de la planta de tratamientos de agua potable del Canton Cevallos*. Tesis de grado. Escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2004). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill Education.
- Hernández, S. (2013). *Población y muestra*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Sistema de Universidad Virtual.
- INEI. (2018). Informe Técnico N°4 Abril 2918 – Estadísticas Ambientales. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-n04_estadisticas-ambientales-mar2018.pdf
- López, M., Canché, J., Guevara, J., y Oropeza, N. (2020). Remoción de la turbidez en muestras sintéticas mediante coagulación – floculación y filtración utilizando materiales naturales. *Amica*.
- Marco, L., Azario, R., Metzler, C., & Garcia, M. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 72-82
- Ministerio del Ambiente (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Morales, J. (2019). *Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano – Oxapampa – 2018*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú.

Navarro, N. (2015). Ingeniería y servicios ambientales - ISA. [Mensaje en un blog] Recuperado de: <http://www.isa.ec/index.php/va-viene/entry/prueba-de-jarras>

OMS. (2012). Informe acerca de los progresos sobre el agua potable y saneamiento. Recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/news/>

Ordinola, E. (2019). *Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para tres centros poblados del distrito de Ignacio Escudero*. Tesis de grado. Universidad de Pira, Perú.

Ortiz, V., López, G., Torres, C., y Pampillón, L. (2018). Almidón de yuca (*Manihot esculenta* crantz) como coaduvante en la coagulación floculación de aguas residuales domésticas. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 7 (13).

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2016). 323 millones de personas en Asia, África y Latinoamérica, en peligro por la contaminación del agua. Recuperado de: <https://www.iagua.es/noticias/pnuma/16/08/31/323-millones-personas-asia-africa-y-latinoamerica-peligro-contaminacion-agua>

Ramírez, H., Jaramillo, J. (2015). Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. *Ingeniería Solidaria*, 11(2) ,136-153.

- Ramírez, H.; Jaramillo, J. (2014). Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 139-151.
- Rodríguez, A., y Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*. 82, 1-26.
- Rodrigues, A., Aquino, D., Cordeiro, L. (2020). Avaliação de *Aloe arborescens* como coagulante para remoção de cor e turbidez em tratamento convencional de água. *Ingeniería del agua*, 24(2), 81-88.
- Rojas, S y Sastoque, Y. (2007). *Desarrollo de un prototipo de un instrumento nefelométrico para medir turbidez*. Tesis de grado. Universidad de San Buenaventura, Bogotá.
- Romero, M. (2022). Estudio de la eficiencia de los coagulantes naturales con respecto a los coagulantes sintéticos utilizados en el tratamiento de agua potable. *Universidad de Cuenca*.
- Ruiz, E.; et al. (2022). *Aloe Vera (L.) como floculante para remoción de turbidez de aguas superficiales*. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. LXII (3), 526 – 545.
- Salaverry, R. (2016). *Efecto del coagulante obtenido de maíz amarillo en la disminución de turbidez del agua en la bocatoma de Paiján, septiembre 2016*. Tesis de grado. Universidad Cesar Vallejo, Perú.
- Sabino, C. (1992). *El proceso de investigación*. Buenos Aire: Ed Lumen.

SEDAPAL. (2000). Tratamiento de agua coagulación y floculación. Disponible en:

<http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>.

SUNASS. (2021). Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad S.A.

(SEDALIB S.A.) 2021 – 2026. Disponible en:

<http://www.sedalib.com.pe/upload/DL1185/19.pdf>

Suyón, L. (2018). *Evaluación del coagulante natural del almidón de Calathea allouia (dale dale) para remover parámetros de turbidez y color en aguas de consumo humano del manantial Chorrobamba – Catachi, 2018*. Tesis de pregrado. Universidad César Vallejo, Perú.

Tamayo, M. (2004). *El Proceso de la Investigación Científica*. (4ta ed.). México: Limusa.

Trujillo, D.; et al (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación / floculación usando almidón de plátano. *Revista ION*, 27(1).

Valverde, K.; et al. (2019). Combined water treatment with extract of natural Moringa oleifera Lam and synthetic coagulant. *Revista Ambiente & Agua*, 13(3).

Valles, M. (2000). *Técnicas cualitativas de investigación social*. Síntesis Sociología

Vander, J., y Yarleque, E. (2017). *Determinación de la capacidad clarificadora el coagulante natural extraído de la papa (solanum tuberosum) en la purificación del agua del Río Patari para uso de consumo humano*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Callao, Perú.

Vázquez. E y Rojas. T. (2016) pH: Teoría y 232 problemas. Departamento de ciencias Naturales ISBN: 978-607-28-0689-4 mayo 2016

Vega, A., Ampuero, N., Díaz, L., y Lemus, R. (2005). El Aloe Vera (*Aloe Barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. *Revista Chilena de nutrición*, 32(3).

Ynofuente, L y Flores, M. (2020). Uso de coagulantes naturales como alternativas de reducción de la turbidez. *Repositorio de la Universidad Peruana Unión*.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN - MUESTRA
<p>Problema General ¿Cuál será el valor de turbidez inicial del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022?</p>	<p>Objetivo General Reducir la turbidez del agua mediante la aplicación del coagulante natural de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila) de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.</p>	<p>Hipótesis General El coagulante natural de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila) reducirá la turbidez que se encuentra presente en las aguas de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.</p>			<p>Población Punto de ubicación de la muestra: Latitud: - 12.011781 S, Longitud: - 76.948440 W.</p>
<p>Problemas Específicos . ¿Cuáles serán las características iniciales del agua proveniente de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022? . ¿De qué manera la dosis de coagulante natural de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila) reducirá la turbidez del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022?</p>	<p>Objetivos Específicos . Hallar el valor de turbidez inicial del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022. . Determinar la dosis de coagulante de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila) para la reducción de la turbidez del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.</p>	<p>Hipótesis Específicas . El valor inicial de turbidez sirve de gran ayuda para conocer la calidad del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022. . La dosis de coagulante natural adecuada de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila) permite reducir la turbidez presente en el de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022. . La velocidad de agitación correcta influye en la</p>	<p>Variable Independiente: Dosis del coagulante natural de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila) Variable Dependiente: Reducción de la turbidez</p>	<p>Investigación aplicada con enfoque cuantitativo Diseño experimental (pre experimental) de tipo correlacional</p>	<p>Muestra Cantidad de agua necesaria (15L) obtenida de la cuenca baja del Río Rímac.</p>

<p>. ¿De qué manera la velocidad de agitación influenciará en reducir la turbidez del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022?</p> <p>. ¿Cuál será el valor de turbidez final del agua mediante la aplicación del coagulante natural de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila) de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022?</p> <p>. ¿Cuánto será el porcentaje de reducción de turbidez del agua mediante la aplicación del coagulante natural de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila) de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022</p>	<p>. Determinar la velocidad de agitación para la reducción de la turbidez del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.</p> <p>. Hallar el valor de turbidez final del agua mediante la aplicación del coagulante natural de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila) de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.</p> <p>. Hallar el porcentaje de reducción de turbidez mediante la aplicación del coagulante natural de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila) del agua proveniente de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.</p>	<p>aplicación de la dosis de coagulante natural adecuada de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila) para reducir la turbidez presente en el agua proveniente de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.</p> <p>. El valor final de turbidez permite conocer el estado de la calidad final del agua de la cuenca baja del Río Rímac, Chosica, 2022.</p> <p>. El porcentaje de reducción de turbidez mediante la aplicación del coagulante natural de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila) sirve para conocer en cuánto disminuye la turbidez del agua.</p>			
---	---	---	--	--	--

Anexo 2: Matriz de Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTO
Variable Independiente: Dosis del coagulante natural de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila)	La planta de Aloe vera es procedente africanos, especialmente de la península de Arabia. Su nombre genérico Aloe nace del término árabe alloeh que significa sustancia brillante y amarga, se le nombra además con el nombre de sábila; ésta y otras versiones se debería a la deformación de la palabra árabe Çabila que significa planta espinosa (Vega, A., Ampuero, N., Díaz, L., y Lemus, R., 2005)	El Aloe vera se caracteriza por la existencia de constituyentes fenolicos que son principalmente clasificados en 2 primordiales grupos: las cromonas, como la aloensina y las antraquinonas (libres y glicosiladas) como la barbaloina, isobarbaloina y la aloemodina; dichos compuestos se hallan en la capa interna de las células epidermales (Domínguez et.al, 2012)	Coagulante Natural de <i>Aloe Vera L.</i> (sábila)	Dosis del coagulante	g/L	Test de Jarras
				Velocidad de agitación	RPM	
	La turbidez es un parámetro fundamental para considerar en el	La remoción de la turbidez consiste en tener el valor de la	Características físico - químicas	Turbidez	UNT*	Cadena de custodia Multiparámetro

Variable Dependiente: Remoción de la turbidez	momento de examinar la calidad del agua, ya que “elevados niveles de turbidez tienen la posibilidad de defender a los microorganismos de los efectos de la sanitización, excitar la proliferación de bacterias. (Marco, et al., 2004)	turbidez inicial y final para poder establecer la fórmula de remoción hallando el porcentaje de remoción.		Porcentaje de remoción de turbidez	%	Turbidímetro Materiales de laboratorio
				Potencial de Hidrogeno	Unida de pH	
				TSD	mg/L	

*UNT: Unidad nefelométrica de turbidez

Anexo 3. Muestreo en la cuenca baja del Río Rímac



Anexo 5: Calibración del equipo turbidímetro 2100Q HACH



Anexo 6: Equipos utilizados para medir parámetros iniciales y finales



Anexo 7: Balanza analítica calibrada



Anexo 8: Coagulante natural de Aloe Vera L. (sábila)



Anexo 9: Muestras de control



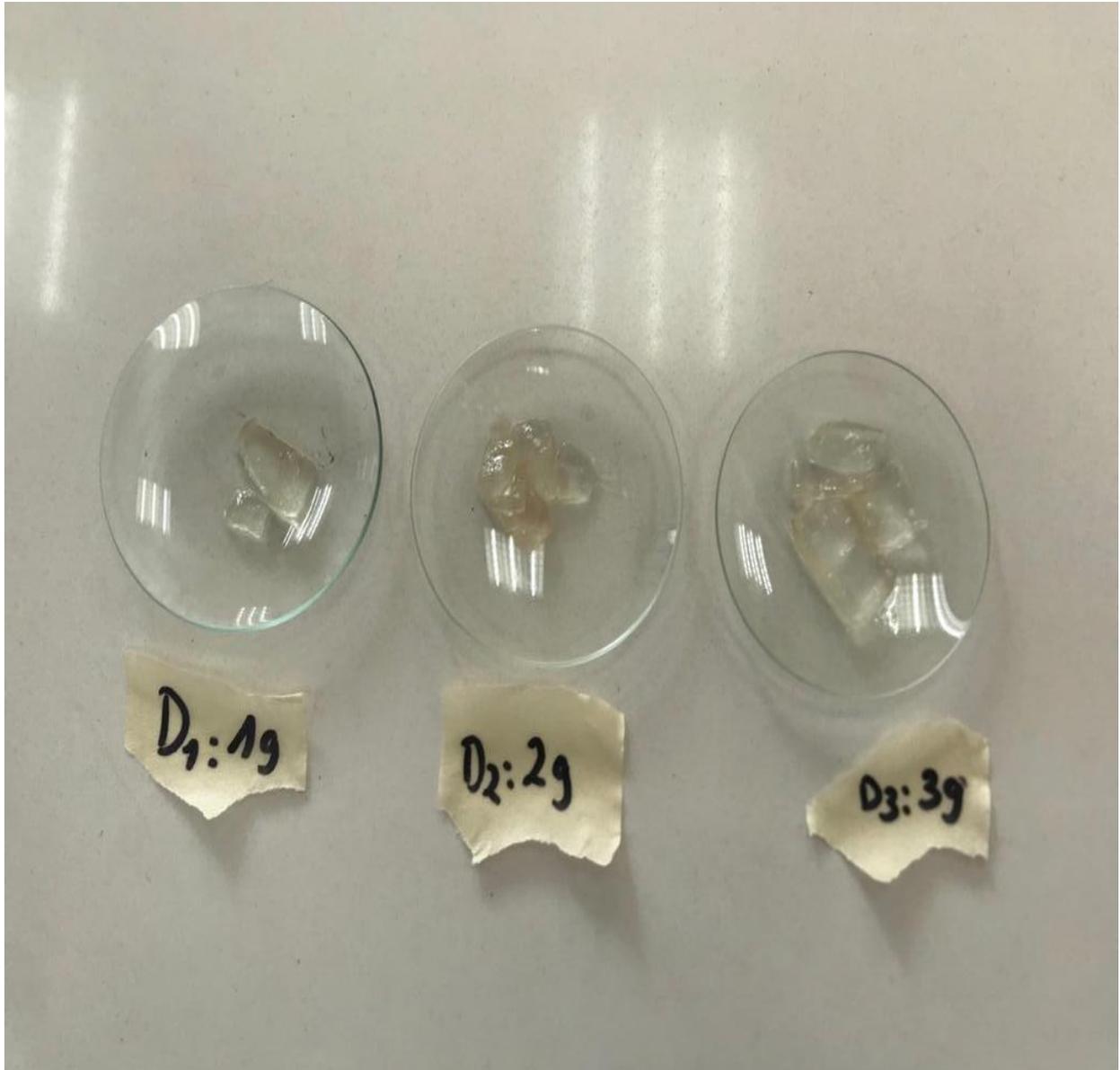
Anexo 10: Equipo de prueba de jarras



Anexo 11: Procedimiento de la prueba de jarras



Anexo 12: Dosis de coagulante natural de Aloe Vera L. (sábila)



Anexo 13: Tratamientos luego del procedimiento de prueba de jarras de ambas repeticiones

