

**COMPARACIÓN DE ALOE VERA Y VITIS VINIFERA COMO COAGULANTES
NATURALES EN AGUAS RESIDUALES DE MAGOLLO
COMPARISON OF ALOE VERA AND VITIS VINIFERA AS NATURAL COAGULANTS IN
MAGOLLO WASTEWATER**

Autores: ¹Alesandra del Rosario Guillermo Apaza, ²Nathalie Fabiana Valderrama Maquera, ³Gian Marco Quispe Yujra, ⁴Heydi Silvana Quiñones Alca y ⁵Nelida Yuhmida Apaza Mamani.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-9016-8550>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-1476-6194>

³ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-0754-6190>

⁴ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-3177-1551>

⁵ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-0988-175X>

¹E-mail de contacto: adrguillermoa@unjbg.edu.pe

²E-mail de contacto: nfvalderramam@unjbg.edu.pe

³E-mail de contacto: gquispey@unjbg.edu.pe

⁴E-mail de contacto: hsquiuousa@unjbg.edu.pe

⁵E-mail de contacto: nyapazam@unjbg.edu.pe

Afiliación: ¹²³⁴⁵Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

Artículo recibido: 31 de junio del 2025

Artículo revisado: 1 de julio del 2025

Artículo aprobado: 12 de julio del 2025

¹Estudiante del V ciclo de la carrera profesional de Ingeniera Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

²Estudiante del V ciclo de la carrera profesional de Ingeniera Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

³Estudiante del V ciclo de la carrera profesional de Ingeniera Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

⁴Estudiante del V ciclo de la carrera profesional de Ingeniera Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

⁵Estudiante del V ciclo de la carrera profesional de Ingeniera Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

Resumen

El inadecuado tratamiento que se le dan a las aguas residuales evidencia una amenaza de gran importancia para la salud pública y medio ambiente. En este contexto el uso de coagulantes naturales resulta ser una alternativa frente a los químicos tradicionales, es por ello que este estudio realizó una evaluación comparativa de la penca de sábila (Aloe vera) y pepas de uva (Vitis vinifera) como coagulantes naturales en la remoción de la turbidez en las aguas residuales tratadas por la PTAR Magollo. Se recolectaron muestras de agua de las plantas de estabilización Magollo, se prepararon los coagulantes a partir de sábila y semillas de uva, aplicando diferentes dosis en las muestras y se midieron parámetros como pH y turbidez, también se empleó un diseño completamente al azar y un análisis estadístico por ANOVA y prueba de tukey. Los resultados muestran que el coagulante a base de Aloe vera permitió una mayor remoción de turbidez sin

afectar de manera negativa el pH, demostrando ser más eficiente que la semilla de uva, convirtiéndose en una opción ecológica para mejorar la calidad de agua tratada.

Palabras clave: Coagulantes, Aguas residuales, Turbidez, pH.

Abstract

The inadequate treatment of wastewater is evidence of great importance to public health and the environment. In this context, the use of natural coagulants is an alternative to traditional chemical agents. Therefore, this study carried out a comparative evaluation of aloe vera leaves and grape seeds as natural coagulants for removing turbidity in wastewater treated by the Magollo WWTP. Water samples were collected from the Magollo stabilization plants. Coagulants were prepared from aloe vera and grape seeds, applying different doses to the samples, and parameters such as pH and turbidity were measured. A completely randomized design

was also used, and statistical analysis was performed using ANOVA and Tukey's test. The results show that the Aloe vera-based coagulant allowed greater turbidity removal without negatively affecting the pH, proving to be more efficient than grape seed, becoming an ecological option to improve the quality of treated water.

Keywords: Coagulants, Wastewater, Turbidity, pH.

Sumário

O tratamento inadequado de águas residuais é uma evidência de grande importância para a saúde pública e o meio ambiente. Neste contexto, o uso de coagulantes naturais é uma alternativa aos agentes químicos tradicionais. Portanto, este estudo realizou uma avaliação comparativa de folhas de aloe vera e sementes de uva como coagulantes naturais para remoção de turbidez em águas residuais tratadas pela ETE Magollo. Amostras de água foram coletadas das estações de estabilização de Magollo. Coagulantes foram preparados a partir de aloe vera e sementes de uva, aplicando-se diferentes doses às amostras, e parâmetros como pH e turbidez foram medidos. Um delineamento inteiramente casualizado também foi usado, e a análise estatística foi realizada usando ANOVA e teste de Tukey. Os resultados mostram que o coagulante à base de aloe vera permitiu maior remoção de turbidez sem afetar negativamente o pH, mostrando-se mais eficiente que a semente de uva, tornando-se uma opção ambientalmente correta para melhorar a qualidade da água tratada.

Palavras-chave: Coagulantes, Águas residuais, Turbidez, pH.

Introducción

El agua es un recurso importante para la existencia de la vida, el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental (Gallegos, 2018). Sin embargo, en los últimos años se notó la creciente presión demográfica, urbanización y las actividades industriales, las cuales han generado una crisis hídrica a nivel global en cuanto a su calidad y disponibilidad

(Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2023). Por otro lado, según la Naciones Unidas Agua [ONU - Agua], (2021) dice que en las naciones donde reciben ingresos bajos sólo tratan un 8 % de las aguas residuales mientras que en las naciones que sí reciben ingresos altos tratan las aguas residuales en un 70 %. Debido a la falta de tratamiento en esas naciones, en muchas regiones del mundo se vierten las aguas residuales contaminadas, ya sea bacterias, nitratos, fosfatos, entre otros contaminantes (Segura, 2023). Estas aguas terminan en ríos o lagos, generando un impacto negativo en el ambiente (Navas et al, 2024). La gestión de aguas residuales constituye una de las problemáticas ambientales más urgentes a nivel mundial, debido a su impacto directo en la salud humana, los ecosistemas acuáticos y la disponibilidad de recursos hídricos (Pimentel, 2017).

Según Jiménez y Asano (2008), se estima que cada año se generan alrededor de 359 mil millones de metros cúbicos de aguas residuales en todo el mundo, de los cuales solo del 20 % al 30 % recibe tratamiento adecuado antes de ser descargado en el ambiente. Esto significa que entre el 70 % y 80 % de las aguas residuales se vierten sin tratamiento previo, con graves consecuencias para la salud humana. En el Perú, la gestión de las aguas residuales representa un desafío crítico para la sostenibilidad ambiental y la salud pública. A pesar del crecimiento urbano y el desarrollo económico de las últimas décadas, el tratamiento de aguas residuales no ha avanzado al mismo ritmo (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2021). En Perú, solamente se ha ejecutado el 30 % de la inversión pública en tratamiento de agua, de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006 - 2015 (Larios et al., 2015).

Frente a esta problemática, el tratamiento de aguas residuales se convierte en una estrategia muy importante para la protección de este recurso hídrico. Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) tienen un papel de suma importancia en cuanto a la reducción de contaminantes orgánicos e inorgánicos, sólidos suspendidos, microorganismos patógenos, entre otros, por lo que las PTAR tienen como objetivo devolver el agua a su ciclo para que su tiempo útil se extienda, verificando siempre que sus parámetros cumplan la normativa vigente (Idrica, 2022). La aplicación de coagulantes naturales para tratar aguas residuales trae consigo importantes ventajas en términos ambientales, económicos y de salud. Estas sustancias se obtienen directamente de las plantas (Optmedia, 2024). Por lo cual, se ha propuesto la sábila (*Aloe vera*) y las pepas de uva (*Vitis vinifera*), las cuales contienen componentes como taninos, polisacáridos y polifenoles, los cuales ayudan a que las partículas en suspensión se agrupen y sedimenten, lo que mejora notablemente la claridad del agua (Resveratrol, 2025). A diferencia de los coagulantes químicos tradicionales, como el sulfato de aluminio, los coagulantes naturales son biodegradables, no tóxicos y generan menor cantidad de lodos residuales, lo que disminuye el impacto ambiental y los costos asociados al tratamiento de residuos (Ariza y Gutiérrez, 2022).

La planta se encarga de tratar las aguas residuales domésticas de la ciudad de Tacna mediante un sistema de lagunas facultativas que remueven contaminantes orgánicos y microbiológicos. Aunque la planta cuenta con 12 módulos de lagunas de estabilización, actualmente sólo cuatro están operativos, lo que limita su capacidad de tratamiento a 180 litros por segundo. Esta situación impide un tratamiento adecuado del volumen total de

aguas residuales generadas en la ciudad, ya que en ciertas épocas del año el caudal de ingreso puede superar los 300 litros por segundo, lo que genera una sobrecarga del sistema y reduce su eficiencia (Chipana, 2020).

Materiales y Métodos

La muestra de agua residual fue recolectada en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Magollo, ubicada en la ciudad de Tacna. El procedimiento de muestreo se realizó conforme a lo establecido en el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, aprobado mediante la Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA. Para la recolección, se utilizó una jarra de material plástico de dos litros de capacidad, previamente enjuagada con la misma agua a muestrear para evitar contaminación cruzada. Se realizaron varias inmersiones sucesivas hasta completar un volumen total de cinco litros, que fueron depositados en un recipiente de plástico debidamente rotulado. La muestra fue conservada en condiciones de temperatura ambiente y trasladada el mismo día al laboratorio de aguas de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Donde, se realizaron los análisis fisicoquímicos correspondientes.



Figura 1. Ubicación de la PTAR Magollo

Las semillas de uva (*Vitis vinifera*) fueron recolectadas como subproducto generado a

partir del consumo doméstico de uvas en distintos hogares del distrito C. Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna. Este residuo orgánico, comúnmente desechado, fue aprovechado como materia prima en el presente estudio debido a su fácil disponibilidad, bajo costo y potencial uso en aplicaciones ambientales y tecnológicas. Se recolectaron cuatro pencas de Aloe vera (*Aloe vera*) en la ciudad de Tacna, en la Asociación San Antonio, ubicada en el distrito de C. Gregorio Albarracín Lanchipa. Las pencas fueron seleccionadas por su buen estado, color y buen tamaño. La exclusiva elección del *Aloe vera* como coagulante para este estudio se debe a sus propiedades naturales, ya que el gel de este producto presenta propiedades óptimas para el tratamiento de aguas residuales.

El coagulante natural a base de semillas de uva (*Vitis vinifera*) fue elaborado a partir del residuo generado por el consumo doméstico. Las semillas recolectadas fueron trasladadas al laboratorio de aguas de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann con coordenadas latitudes 18° 1'26.24"S y longitudes 70°14'45.01"O, para su posterior evaluación físico-química. Siguiendo la metodología propuesta por Purisaca et al. (2020), las semillas se lavaron y limpiaron para eliminar restos de pulpa de la misma fruta y se secaron en una estufa a una temperatura constante de 105 °C durante dos horas, con el fin de reducir la humedad y facilitar su posterior molienda. Una vez secas, se molieron manualmente utilizando un mortero, hasta obtener un polvo fino. Teniendo el material pulverizado, este fue tamizado con mallas de 850 µm para asegurar una granulometría uniforme. El polvo obtenido fue almacenado en un recipiente hermético para evitar la humedad y conservar sus propiedades coagulantes, y se utilizó directamente en las pruebas de tratamiento de aguas residuales.

Para obtener el coagulante natural a base de Aloe vera, se siguió el procedimiento descrito por Olivera (2022). Primero, se lavaron cuidadosamente las pencas para eliminar impurezas externas y se dejó escurrir el alcibar por una noche entera. Luego, con un instrumento doméstico (cuchillo) se retiró la hoja externa y espinas con las precauciones necesarias con el fin de recolectar el gel interno, también conocido como mucílago, el cual tiene propiedades viscosas y compuestos activos útiles para la coagulación como su principalmente compuesto los polisacáridos hidrofílicos. A continuación, se pesaron 75 gramos de este mucílago y se aforó con 250 mililitros de agua destilada en una licuadora, obteniendo una mezcla homogénea. Esta solución se filtró con la ayuda de un colador sobre un vaso precipitado de 300 mililitros con el fin de eliminar restos sólidos o fibras. Obteniendo como resultado un coagulante líquido listo para ser aplicado en pruebas de tratamiento de aguas residuales. Para la fase estadística, se realizó un diseño completamente al azar (DCA) de 3 x 3 correspondiente a tres tipos de tratamiento: primer coagulante, segundo coagulante y tres repeticiones, dando un total de 9 unidades experimentales para cada tratamiento. La metodología empleada se fundamentó en la propuesta metodológica de Olivera (2022). Posterior a la agitación de 100 RPM por un minuto se dejó a 40 RPM por 30 minutos para todas las unidades experimentales.

Tabla 1. Dosificación de coagulantes

Niveles	Dosis de <i>Aloe Vera</i> para 250 ml de aguas residuales (g/ml)	Dosis de <i>Vitis vinifera</i> para 250 ml de aguas residuales (g/ml)
1	1.25	1.25
2	2.5	2.5
3	5	5

Fuente: elaboración propia

Finalmente, se evaluó el efecto de dos coagulantes naturales, semilla de uva (*Vitis vinifera*) y sábila (*Aloe vera*), en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la PTAR Magollo, mediante el análisis de parámetros como turbidez y pH.

Resultados y Discusión

En la Tabla 2 se exponen los parámetros iniciales analizados en el efluente de la PTAR de Magollo, incluyendo turbidez y pH, temperatura y color.

Tabla 2. Parámetros Iniciales del PTAR de Magollo

Parámetro	Valor
Turbidez (NTU)	222.37
pH	6.5
Temperatura (°C)	24
Color	Gris claro con tonalidades ligeramente mostaza

Fuente: elaboración propia

Determinación de dosis óptima

Para evaluar el nivel de efectividad de los coagulantes naturales aplicados para el tratamiento de aguas residuales de la PTAR de Magollo, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Este análisis permitió determinar si realmente existían diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. A continuación, la Tabla 3 expone los resultados ANOVA realizados para comparar las medias de pH entre los diferentes grupos tratados de los diferentes coagulantes aplicados en el tratamiento de estas aguas residuales.

Tabla 3. Análisis de varianza ANOVA para pH del coagulante de Uva

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00326667	2	0.00163333	6.39	0.0326
Intra grupos	0.00153333	6	0.000255556		
Total (Corr.)	0.0048	8			

Fuente: elaboración propia

El ANOVA evalúa el nivel de efectividad de los coagulantes en el tratamiento de aguas residuales de la PTAR de Magollo tratando el pH. El valor de significancia es de 0.0326 siendo este menor al 0.05, el cual indica que existe al menos una diferencia significativa entre los tratamientos entre las medias de grupos tratados.

Tabla 4. Prueba de Múltiples Rangos para pH del coagulante de pepa de Uva

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	3	6.65333	X
2	3	6.71333	X
3	3	6.87333	X

Fuente: elaboración propia

El Nivel 1 y 2 no presentan diferencias estadísticamente significativas, ya que pertenecen al mismo grupo homogéneo.

Tabla 5. Análisis de varianza ANOVA para turbidez del coagulante de Uva

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	48.2222	2	24.1111	7.75	0.0217
Intra grupos	18.6667	6	3.11111		
Total (Corr.)	66.8889	8			

Fuente: elaboración propia

El ANOVA evalúa el nivel de efectividad del coagulante en el tratamiento de aguas residuales de la PTAR de Magollo para la turbidez. El valor de significancia es de 0.0217 siendo este menor al 0.05, el cual indica que existe al menos una diferencia significativa entre los tratamientos entre las medias de grupos tratados.

Tabla 6. Prueba de Múltiples Rangos para turbidez del coagulante de pepa de Uva

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	3	129.0	X
2	3	130.0	X
1	3	134.333	X

Fuente: elaboración propia

El Nivel 1 y 2 no presentan diferencias estadísticamente significativas, ya que pertenecen al mismo grupo homogéneo. Sin embargo, el Nivel 3 sí difiere significativamente del Nivel 1, lo que indica que a medida que se

incrementa el nivel del tratamiento, el nivel de turbidez puede verse afectado de forma significativa.

Tabla 7. Análisis de varianza ANOVA para pH del coagulante de sábila

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.174822	2	0.0874111	52.80	0.0002
Intra grupos	0.00993333	6	0.00165556		
Total (Corr.)	0.184756	8			

Fuente: elaboración propia

El ANOVA evalúa el nivel de efectividad del coagulante en el tratamiento de aguas residuales de la PTAR de Magollo para el pH. El valor de significancia es de 0.0002 siendo este menor al 0.05, el cual indica que existe al menos una diferencia significativa entre los tratamientos entre las medias de grupos tratados.

Tabla 8. Prueba de Múltiples Rangos para pH del coagulante de sábila

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	3	6.86333	X
2	3	7.06	X
3	3	7.20333	X

Fuente: elaboración propia

La prueba de Tukey señala que si existe diferencias significativas entre las concentraciones de 1.25 g/L, 2.5 g/L y 5g/L de sábila en la remoción de la turbidez del agua residual.

Tabla 9. Análisis de varianza ANOVA para turbidez del coagulante de sábila

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	584.667	2	292.333	38.69	0.0004
Intra grupos	45.3333	6	7.55556		
Total (Corr.)	630.0	8			

Fuente: elaboración propia

El ANOVA evalúa el nivel de efectividad del coagulante en el tratamiento de aguas residuales de la PTAR de Magollo para la turbidez. El valor de significancia es de 0.0004 siendo este menor al 0.05, el cual indica que existe al menos

una diferencia significativa entre los tratamientos entre las medias de grupos tratados.

Tabla 10. Prueba de Múltiples Rangos para turbidez del coagulante de sábila

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	3	123.333	X
2	3	134.667	X
1	3	143.0	X

Fuente: elaboración propia

La prueba de Tukey señala que si existe diferencias significativas entre las concentraciones de 1.25 g/L, 2.5 g/L y 5 g/L de sábila en la remoción de la turbidez del agua residual.

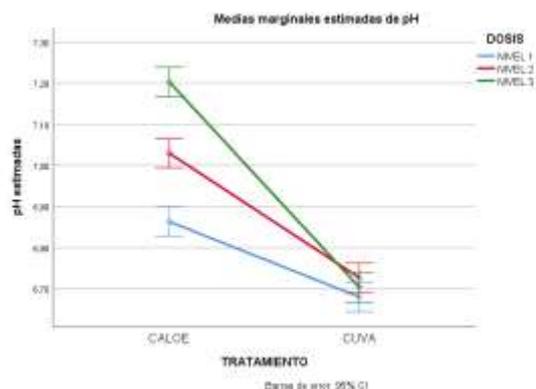


Figura 2. Medias marginales estimadas del pH

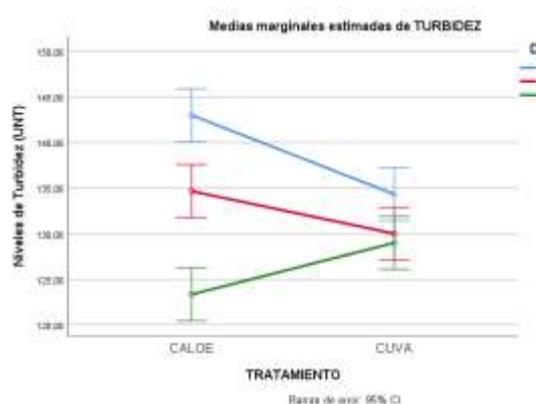


Figura 3. Medias marginales estimadas de la Turbidez

En la presente investigación se evaluó la efectividad de la semilla de uva (*Vitis vinifera*) y la sábila (*Aloe vera*) en la remoción de turbidez del agua residual proveniente de la PTAR Magollo, los resultados muestran que el

Aloe vera tiene una capacidad notable para reducir la turbidez del agua a comparación del otro coagulante, esto debido a que el coagulante natural de sábila (*Aloe vera*) trabaja en la remoción de turbidez al desestabilizar las partículas que se encuentran suspendida en el agua a través de sus compuestos naturales como el mucílago, de esta manera se forman los flóculos y logran una adecuada sedimentación (Olivera, 2022). Por otro lado, se usaron tres dosis para la aplicación de los dos coagulantes naturales estos fueron de 1,25 g/L, 2.5 g/L y 5 g/L siendo la segunda la más óptima logrando mayor remoción de turbidez sin alterar el pH óptimo, el estudio de Morales (2019) aplicó concentración de mucílago de sábila entre 0.3 g/L, 1.8 g/L y 2,1 g/L, siendo su dosis óptima fue de 1.8 g/L logrando reducciones notorias de turbidez. Por otra parte, Aguilar y Cruz (2023) aplicaron concentración de 2,4 g/L y 6 g/L siendo la segunda dosis el más óptimo, ya que alcanzó una remoción de 58,1 NTU.

Con respecto al pH también se tuvo resultados leventantes, logrando un pH óptimo de 7.05 pasando de un agua ácida a un agua casi neutra, en el estudio de Benalia (2021) el pH óptimo fue de 6 evidenciando que el coagulante no tuvo una influencia significativa sobre el pH. También se menciona que el coagulante de sábila (*Aloe vera*) como extracto líquido es más eficiente que el coagulante en polvo, logrando eliminar la turbidez de su muestra de agua. A comparación del coagulante de sábila, el coagulante natural elaborado a base de pepas de uva también demostró una notable eficiencia en la remoción de la turbidez del agua residual, sin embargo, su eficiencia no fue superior a los resultados obtenidos con el coagulante natural de sábila (*Aloe vera*). Esto se dio principalmente a las diferencias que tienen y en la naturaleza de sus compuestos activos. La sábila, gracias al mucílago que contiene rico en

polisacáridos tiene una capacidad alta para formar puentes entre las partículas coloidales suspendidas en el agua, lo cual favorece la formación de flóculos pesados de gran tamaño, y de esta forma contribuyendo a la sedimentación y teniendo resultados más eficientes con respecto a la turbidez. Por otro lado, las pepas de uva contienen taninos y polifenoles que también poseen propiedades que contribuyen a la floculación y coagulación, aunque su desempeño es menos efectivo en condiciones con alta carga orgánica, como las que se presentan en las aguas residuales de la PTAR de Magollo. Según lo señalado por Purisaca (2020), los coagulantes naturales a base de semillas tienden a presentar limitaciones en un medio con altas concentraciones de materia orgánica ya que los compuestos pueden ser consumidos por la carga orgánica presente, reduciendo de esta manera su capacidad de formar flóculos. Mientras que, en la investigación de Enríquez y Francisco (2020) el coagulante de uva ha sido tomado e investigado como una alternativa natural para la remoción de la turbidez de aguas residuales al igual que otros, las cuales este mostró resultados muy buenos y prometedores. En un estudio realizado en Lambayeque, se realizó la evaluación de eficiencia con la que cuenta el coagulante que se extrajo de las pepas de uva, para el tratamiento de aguas residuales del dren 4000, en las cuales se determinó una dosis óptima mediante pruebas, logrando una remoción de la turbidez del 73.7 %, además de la reducción significativa en DBO, DQO así mismo de coliformes fecales, de esta forma se ve evidenciado que el coagulante de uva es una buena alternativa natural para el uso de tratamientos de aguas residuales.

Conclusiones

En cuanto a la caracterización inicial de las aguas residuales, se observó que el efluente

proveniente de la PTAR Magollo presentaba una turbidez elevada de 222.37 NTU, un pH de 6.5 y un color grisáceo con tonalidades mostaza. Estos parámetros indicaron que el agua tenía una calidad inadecuada para su reutilización o vertido directo, lo que justificó la necesidad de aplicar un tratamiento de coagulación y floculación con coagulantes naturales. Respecto a la determinación de la mejor dosis, los ensayos realizados con diferentes concentraciones (1.25 g/L, 2.5 g/L y 5 g/L) permitieron identificar que la dosis de 2.5 g/L fue la más adecuada para ambos coagulantes. Esta concentración permitió obtener una remoción significativa de la turbidez sin alterar negativamente el pH del agua, manteniéndose cercano a la neutralidad. Por tanto, se concluye que esta dosis es eficiente tanto en términos técnicos como económicos para su aplicación.

La evaluación comparativa entre el coagulante de Aloe vera y el de semillas de uva (*Vitis vinifera*) demostró que ambos tienen capacidad para reducir la turbidez del agua residual de la PTAR Magollo. Sin embargo, el Aloe vera resultó ser más eficaz, logrando una mayor clarificación del agua gracias a sus compuestos naturales como el mucílago, que facilita la formación de flóculos y la sedimentación de partículas suspendidas. Esto confirma que es una alternativa natural viable para mejorar la calidad del agua tratada. Asimismo, el análisis estadístico mediante ANOVA y prueba de Tukey validó que la diferencia en eficiencia entre ambos tratamientos es significativa, favoreciendo al Aloe vera no solo por su mayor rendimiento en la remoción de la turbidez del agua, sino también por su capacidad para estabilizar el pH final del efluente que se está tratando que son las aguas residuales. Esto representa una ventaja importante, ya que mejora el entendimiento del agua para diversos usos posteriores. En conjunto, los resultados

que se obtenidos respaldan el uso de coagulantes naturales como una alternativa ambientalmente segura, siendo el *Aloe vera* una opción especialmente muy prometedora para mejorar la calidad del agua tratada en sistemas de tratamiento descentralizados o de pequeña escala como el de la PTAR Magollo.

Referencias Bibliográficas

- Ariza, M., Gutiérrez, L. (2020). Revisión bibliográfica del uso de coagulantes naturales como alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Ingeciencia*. <https://revistas.ucentral.edu.co/index.php/Ingeciencia/article/view/3190/3206>
- Autoridad Nacional del Agua-ANA. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>
- Autoridad Nacional del Agua. (2021). Informe sobre la calidad del agua en los cuerpos naturales del Perú. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. <https://www.ana.gob.pe/>
- Basso, S. (2022). Las 4 etapas de las plantas de tratamiento de aguas residuales. IDRICA. <https://www.idrica.com/es/blog/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-etapas/>
- Bejar, K. & López, K. (2024). Vista de Remoción de turbidez mediante aplicación de coagulantes naturales de papaya y pitahaya en aguas residuales. <https://revista.sciencevolution.com/index.php/sciencevolution/article/view/138/101>
- Benalia, A.; Derbal, K.; Khalfaoui, A.; Bouchareb, R.; Panico, A.; Gissoni, C.; Crispino, G.; Pirozzi, F.; Pizzi, A. Use of Aloe vera as an Organic Coagulant for Improving Drinking Water Quality. *Water* 2021, 13(15) 2024. <https://doi.org/10.3390/w13152024>
- Enríquez, P., & Francisco, J. (2020). Concentración y tiempo de remoción de la cáscara del plátano y de la pepa de uva en el tratamiento de agua del dren 4000, Lambayeque. Universidad Nacional Pedro

- Ruiz Gallo.
<https://hdl.handle.net/20.500.12893/8620>
- Foraquita et al., (2024). Estudio de la aplicación del *Aloe vera* (L.) como coagulante para reducir la turbidez en el agua del río Caplina. <https://www.researchgate.net/publication/382963260> Estudio de la aplicación del *Aloe vera* L como coagulante para reducir la turbidez en el agua del río Caplina
- Francisca, F., & Pérez, M. (2014). Remoción de arsénico en agua mediante procesos de coagulación-floculación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(2), 177–190. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000200005
- Fúquene, D. & Yate, A. (2018). Vista de Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/view/2771/2857>
- Gallegos, J. (2018). Visita A Magollo. *Scribd*. <https://es.scribd.com/document/393741560/Visita-a-Magollo-Joseph-Loayza>
- Larios, F. Gonzales, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL*. <https://usil.edu.pe/sites/default/files/2022-05/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- Pimentel, H. (2017). Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. *¡Agua*. <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Ruiz, E. (2022). *Aloe Vera* (L.) como floculante para remoción de turbidez de aguas superficiales. <https://doi.org/10.52808/bmsa.7e6.623.019>
- Segura, L. (2023). *Aloe vera* y *Caesalpinia spinosa* para la remoción de turbidez en aguas residuales del sector azucarero [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/33898>
- UNESCO. (2023). ¿Son las aguas residuales el nuevo ‘oro negro’?. <https://www.unesco.org/es/articles/son-las-aguas-residuales-el-nuevo-oro-negro>
- Idrica. (2022). ¿Qué son las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)? <https://www.idrica.com/es/blog/que-son-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-ptar/>
- Jiménez, B., & Asano, T. (2008). Water reuse: An international survey of current practice, issues and needs. IWA Publishing. <https://www.researchgate.net/publication/230887816> Water Reuse An International Survey of Current Practice Issues and Needs
- Navas, N., Vargas, C., & Rodríguez, L. (2024). Alteración de la calidad del agua por el vertido de aguas residuales en el municipio de San Benito, Colombia. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 3(1), e634. <https://doi.org/10.51252/reacae.v3i1.634>
- Olivera, D. (2022). Aplicación del coagulante natural *áloe vera* como tratamiento terciario en la PTAR - Jauja. *Edu.pe*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11493>
- Optmedia, S. (2024). Coagulantes: Clave para el Tratamiento y la Potabilización del Agua. *Química Andina*. <https://www.quimicaandina.com.pe/coagulantes-clave-para-el-tratamiento-y-la-potabilizacion-del-agua/>
- ONU - Agua. (2021). Progress on wastewater treatment – Global status and acceleration needs 2021. United Nations Children’s Fund (UNICEF) and World Health Organization (WHO). <https://www.unwater.org/publications/progress-on-wastewater-treatment-2021>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Alesandra del Rosario Guillermo Apaza, Nathalie Fabiana Valderrama Maquera, Gian Marco Quispe Yujra y Heydi Silvana Quiñones Alca Nelida Yuhmida Apaza Mamani.

