



Cloruro férrico y aloe barbadensis en los procesos de tratamientos de agua

Ferric chloride and aloe barbadensis in water treatment processes

Cloreto férrico e aloe barbadensis em processos de tratamento de água

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.317>

Marcos Alejandro Robles Lora¹ 
robles@ucvvirtual.edu.pe

Jean Carlos Escurra Lagos² 
jean.escurra@upn.pe

¹Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú

²Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú

Artículo recibido 22 de julio 2024 / Arbitrado 28 de agosto 2024 / Publicado 20 de septiembre 2024

RESUMEN

Esta investigación tuvo como **objetivo** general determinar la influencia entre el Cloruro Férrico y Aloe barbadensis en los procesos de tratamiento de agua del río Lacramarca en Perú. El tipo de investigación es aplicada, el diseño que se utilizó es experimental, teniendo un enfoque cuantitativo. La población se encuentra conformado por el agua superficial del río Lacramarca en Perú, tomándose muestras para llevar a cabo su estudio y verificar que sus parámetros se encuentren dentro de lo establecido por la seguir las norma Estándar de calidad Ambiental (ECA) y si hay un incremento poder darle una solución a ese problema. Los resultados que se obtuvieron para la influencia del Cloruro Férrico y Aloe barbadensis en sus parámetros como el pH y Turbidez, Conductividad Eléctrica, dando así un **resultado** de que ambos coagulantes en las cantidades aplicadas de Aloe barbadensis con 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml, 50 ml y 60 ml y el Cloruro Férrico aplicado con 0.04 g, 0.08 g, 0.12 g, 0.16, 0.20 g y 0.24 g, se analizó de forma estadística que ambos coagulantes se comportan de una manera similar en la dosis aplicada. e tiene como **conclusión** que, los coagulantes naturales se pueden utilizar de una manera más limpia sin poder llevar a cabo un tratamiento más para su limpieza de que contenga algún residuo tóxico y se consigue de manera más accesible.

Palabras clave: Cloruro férrico; Aloe barbadensis; Contaminación de agua

ABSTRACT

The general **objective** of this research was to determine the influence between Ferric Chloride and Aloe barbadensis in the water treatment processes of the Lacramarca River - Ancash, 2024. The type of research is applied, the design used is experimental, having a quantitative approach. The population is made up of the surface water of the Lacramarca – Ancash river, samples are taken to carry out their study and verify that its parameters are within what is established by the ECA and if there is an increase, a solution to that problem can be found. The **results** that were obtained for the influence of Ferric Chloride and Aloe barbadensis on their parameters such as pH and Turbidity, Electrical Conductivity, thus giving a result that both coagulants in the applied quantities of Aloe barbadensis with 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml, 50 ml and 60 ml and Ferric Chloride applied with 0.04 g, 0.08 g, 0.12 g, 0.16, 0.20 g and 0.24 g, it was statistically analyzed that both coagulants behave in a similar way in the doses applied. The **conclusion** is that natural coagulants can be used in a cleaner way without being able to carry out one more treatment to clean them if they contain any toxic residue and are available in a more accessible way, the inorganic coagulant can be used as long as The waters are used in industries for any processing.

Key words: Ferric chloride; Aloe barbadensis; Water pollution

RESUMO

O **objetivo** geral desta pesquisa foi determinar a influência entre o Cloreto Férrico e o Aloe barbadensis nos processos de tratamento de água do Rio Lacramarca - Ancash, 2024. O tipo de pesquisa é aplicado, o desenho utilizado é experimental, tendo uma abordagem quantitativa. A população é formada pelas águas superficiais do rio Lacramarca – Ancash, são coletadas amostras para realizar seu estudo e verificar se seus parâmetros estão dentro do estabelecido pelo ECA e se houver aumento, uma solução para esse problema pode ser encontrado. Os **resultados** que foram obtidos para a influência do Cloreto Férrico e Aloe barbadensis em seus parâmetros como pH e Turbidez, Condutividade Elétrica, dando assim um resultado que ambos os coagulantes aplicaram quantidades de Aloe barbadensis com 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml, 50 ml e 60 ml e Cloreto Férrico aplicado com 0,04 g, 0,08 g, 0,12 g, 0,16, 0,20 g e 0,24 g, foi analisado estatisticamente que ambos os coagulantes se comportam de forma semelhante nas doses aplicadas. A **conclusão** é que os coagulantes naturais podem ser utilizados de forma mais limpa sem a necessidade de realizar mais um tratamento para limpá-los, caso contenham algum resíduo tóxico e estejam disponíveis de forma mais acessível, o coagulante inorgânico pode ser utilizado desde que o as águas são utilizadas nas indústrias para qualquer processamento.

Palavras-chave: Cloreto férrico; Aloe barbadensis; Poluição da água

INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental no es necesariamente de un punto, sino que a nivel mundial se encuentran diferentes tipos de problemas, lo cual es una lucha persistente para un desarrollo sostenible (1). El planeta tierra se encuentra compuesto por un 70% de agua salada y el 25% es de agua dulce según la Organización Meteorológica Mundial (2). En la investigación realizada por la Autoridad Nacional del Agua (3), indica que en el Perú se cuenta con 129 de las 159 cuencas hídricas que se ha podido conocer el estado en que se encuentra los ríos determinando que se encuentran contaminados por metales pesados, debido a su estado del suelo y agua por las actividades mineras que se llevan a cabo o el hidrocarburo que vierte sus afluentes sin ningún control de tratamiento. De acuerdo a esto, los ríos más contaminados se encuentran en la región de la costa, sierra y selva, donde determinaron el hallazgo de metales pesados en cantidades que sobrepasan el LMP establecido. Ante la problemática existente la ANA desarrolló plantear una maniobra para lograr su mejoramiento de los recursos hídricos.

En la Región Ancash, la minería es uno de los sectores económicos principales como es el caso de la agricultura y ganadería, y esta actividad genera directa e indirectamente muchos beneficios en distintos niveles de la sociedad. Las aguas del río Santa quien es la cuenca principal de Ancash y tiene sus microcuencas donde reparte sus aguas superficiales se están viendo seriamente

contaminado por minerías de pequeña y mediana escala llegando a alterar la calidad de las aguas con los metales pesados que vierten a sus aguas superficiales como el oro, cobre, zinc, molibdeno y contrayendo enfermedades dérmicas e internas al momento de estar en contacto o ingerir estas aguas contaminadas, esta contaminación de agua superficial está dañando los sembríos de los pobladores quienes hacen mayor uso de estas aguas para su regadío de sus sembríos como arroz, pepinillo y pimentón causando la malformación y contaminando los frutos que brindan (3).

De acuerdo con Benjumea (4), en su investigación realizada tuvo como resultados un pH de 6.12, 6.52, 6.95 con una conductividad eléctrica de inicial de 54.1 a 101.9 uS/cm para su proceso de floculación fue de una velocidad de 150 RPM por 1 min, coagulación donde aplicaron los diferentes coagulantes en Zea Maíz, Aloe barbadensis siendo, en Citrus Sinensis utilizaron de 7 ml, 10 ml, 12 ml y 15 ml a una velocidad de 25 RPM en un tiempo de 20 minutos y por último para el proceso de sedimentación que se llevó a cabo se tuvo en un reposo de 20 min. Como resultados hallados la remoción en la turbidez fue del 85% con los extractos de maíz su pH final fue de 7.1, la conductividad eléctrica final es de 1063 uS/cm, para naranja su pH final fue de 7.32, 7.19, 7.15 y 7.06, su conductividad eléctrica fue de 1246 uS/cm y sábila con un pH 6.93, 6.79, 6.67 y 6.70, conductividad eléctrica fue de 603.8 uS/cm.

Los resultados hallados gracias a esta investigación de coagulantes naturales son beneficiosos para su realización de tratamientos de aguas que es más accesible por su costo que es económico. Por otro lado, Según Ruiz et al. (5) determinaron como resultados que la dosis óptima es de 1% de Aloe barbadensis por sus resultados hallados en la remoción de 88.49% y su remoción de DBO5 en un 73.46%. La concentración óptima de sulfato de aluminio para las muestras siguientes cuando tenían una turbidez de 10,2 NTU, 50 NTU y 190 NTU a un pH inicial de la muestra tomada fue de 6,05 fue de 40 ppm, 30 ppm y 20 ppm respectivamente, para un pH inicial de 7,56 fue de 60 ppm para turbidez de 10,2 NTU y 50 NTU y de 40 ppm para una NTU de 190, mientras que para un pH inicial de 9,07 fue de 60 ppm independientemente de la turbidez inicial.

Tanto la turbidez inicial como el pH inicial con el coagulante contribuyen significativamente a la eliminación de la turbidez inicial del agua en su forma individual, lo que lleva a la conclusión de que el modelo de superficie ideal es aquel que alcanza su máxima eficacia entre 0,1 y 0,4 mL por 500 mL, la dosis aplicada varía en función de la turbidez y el pH inicial. En este sentido Novoa et al. (6) obtuvo resultados en el caso del Aluminio muestran muy altos de 50,2 mg/L y 66,2 mg/L mostrando la superación de lo establecido por el ECA del año 2017 en la categoría de riego para vegetales y bebida de animales, cuyo parámetro un máximo

para dicho uso es de 5 mg/L, en las 7 muestras de aluminio, sólo 4 muestras presentan un rango de 7,79 mg/L de cromo, se realizó una muestra dando un valor de 0,12 mg/L, en las 4 muestras realizadas determinaron un rango de 36,1 mg/L de hierro, en 5 muestras hechas determinaron entre 0,0158 mg/L de mercurio, en otras 5 muestras hechas determinaron un rango de 0,4004 mg/L de manganeso y por último en las 4 muestras con rangos de 0,2278 mg/L de níquel.

En conclusión, las cinco muestras con metales pesados supera el ECA de riego y bebida de animales, asimismo, dañinos para la salud humana y ecosistemas en dicha región. Además, en la investigación realizada por Cendales et al. (7) los resultados que se obtuvieron para la dosis óptima con cloruro férrico a evaluar de 40 mg/L para el test de jarras. Por lo consiguiente se prepararon concentraciones diferentes de 20 mg/L, 30 mg/L, 40 mg/L, 80 mg/L, 120 mg/L, 160 mg/L, 200 mg/L Y 240 mg/L de cloruro férrico, dichos valores van a permitir dos fines: el primero conseguir una evaluación directa de la eficacia en comparación con el cloruro férrico, segundo, alcanzar un rango lo bastante extenso para que la dosis de mucílago efectiva se situó dentro de los límites de las concentraciones evaluadas, sin excederse ni quedarse por debajo. Po lo cual dicha concentración que en la dosificación de 120 mg/L, la turbidez aumento a los 255 NTU, lo que genero un aumento del 21 %, por lo cual se presentó una

disminución en el valor del potencial Zeta, el valor determinado no es acorde a lo esperado para una dosificación de un coagulante en tratamiento de aguas, llegando así a la conclusión que presentó bajos porcentajes de remoción de turbiedad (29%), y color, siendo el cloruro férrico el de mayor eficiencia debido a que tiene mayor porcentaje de remoción. Por otro lado, según Zerbato et al. (8) en su investigación los resultados al inicio resaltan 3 ensayos: el primero a 3 minutos a 140 rpm denominada una mezcla rápida, segundo de 15 minutos a 40 rpm denominada floculación y tercero a 15 minutos denominada de sedimentación. Se agregaron distintos volúmenes de cloruro férrico en agua cruda en las jarras para buscar la obtención de las concentraciones finales de 20 a 40 [(mg.L)]⁻¹. Luego se midió la turbidez final de cada muestra, por lo cual se consideró trabajar con el coagulante de menor concentración para obtener la turbidez más baja. Seguidamente en la remoción de la materia orgánica en % se encuentra una diferencia de los niveles de pH (5.0; 6.5 y 8.0), lo que se resalta que el pH a 5.0 su remoción de materia orgánica es mayor, y llega a un 77 %. En conclusión, la modificación del pH se comprobó que no interfiere en las eliminaciones de quistes y poliquistes de los enteroparásitos en el proceso de coagulación. También se tiene a Ramos et al. (9) el cual muestran los resultados que se tomaron 2 puntos, uno de nivel bajo y el otro alto, los cuales en el bajo fue de 2000 rpm a un tiempo de 20

minutos, seguidamente el fuerte con 3000 rpm a 25 minutos. Generando así un mayor resultado en el nivel alto con 3000 rpm a 25 minutos de SST y DBO5 mediante el proceso de floculación, en lo cual se logró remover 88,49 % de turbidez desde 293 UTM a 33,71 UTM; en sólidos suspendidos totales se removió de 291, 3 mg/L hasta 36 mg/L y finalmente en la remoción de DBO5 fue de 278,5 mg/L a 73,9 mg/L. Concluyendo así que se logró cumplir con los criterios de acuerdo con los límites máximos permitidos para los vertidos de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, tal como establece el D.S. N.º 003-2010-MINAM.

Con estas investigaciones tomadas como referencia se planteó como objetivo determinar el efecto entre Cloruro Férrico y Aloe barbadensis en los procesos de tratamientos de agua del río Lacramarca del departamento de Ancash, en el año 2024, esto a través de la evaluación de los niveles de turbidez, pH y conductividad eléctrica, luego, la evaluación del porcentaje de reducción de metales pesados presentes en las aguas y finalmente, la determinación de la dosis óptima de cada coagulante para el mayor porcentaje de SST (sólidos suspendidos totales).

MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación el enfoque de estudio es de tipo cuantitativa, diseño pre experimental, debido a la relevancia del análisis, el objetivo principal es la recolección de las cifras

de los procesos estadísticos y numéricos, con el propósito de investigar el grado de los fenómenos y sus causas. Lo cual va a permitir tener mediciones exactas, generando así resultados determinados por la influencia de las variables independientes, la cual se realizará mediante un procesamiento estadístico, presentándolos en tablas y gráficos para su representación notoria (10). Igualmente, el alcance de la investigación es aplicativo, debido a que se pretende abordar las causas de los sucesos físicos o sociales. Así como se centra en explicar el por qué se produce el fenómeno y en qué circunstancias se da, o el por qué se relacionan dos o más variables (11). Asimismo, el estudio es de método experimental, en primer lugar, se manipula la variable independiente, ya que, bajo esta se tiene como efecto el análisis de la variable dependiente, con el fin de observar algún cambio favorable en los resultados, después de su aplicación.

La población considerada en el presente estudio de investigación tiene un área de 963,38 km² que nace en la quebrada totoral y Santa Ana. Desemboca al océano pacífico y la población a estudiar son las aguas superficiales del Río Lacramarca – Ancash, este presente recurso natural es una base fundamental para los seres humanos para que realicen las diferentes actividades socioeconómicas y actividades domésticas, viendo esto por el lado negativo al realizar dichas actividades generan vertimientos con diferentes agentes contaminantes que desembocan en

el río creando así una contaminación de aguas superficiales dañando el ecosistema acuático. La muestra estuvo conformada un total de 14 litros de agua superficial del río Lacramarca de la región Ancash, para su análisis con las diferentes características del agua.

La técnica que se empleó para la recolección de datos de la investigación fue la observación experimental, la cual consiste en la recolección de datos, información que sea coherente al estudio que se realizará a partir de investigaciones anteriores.

El instrumento que fue utilizado para la recolección de datos fue una ficha de identificación de punto de monitoreo, con el fin de obtener sus datos de ubicación, evidencias fotográficas al momento de la toma de muestra y una descripción concisa de las características que se presenta. Por otro lado, tenemos la cadena de custodia como instrumento para la recolección del punto de muestreo se considera a la cadena de custodia que es un requisito importante de parte del Protocolo Nacional del Agua para la toma de muestra y así analizarlo registrando sus datos como: Responsable del análisis, hora, lugar, coordenadas del punto de muestreo, código del tipo de muestra, en qué tipo de embace se colocó la muestra de agua y los parámetros a analizar como pH, conductividad eléctrica, temperatura, sólidos suspendidos total y turbidez, además el método que se utilizó en el post tratamiento y quien estuvo de supervisor

presente en el Laboratorio de la Universidad Privada del Norte, San Isidro - La Libertad

RESULTADOS

Para determinar la influencia entre el Cloruro Férrico y Aloe barbadensis en los procesos de tratamiento de agua, se determinó mediante programas estadísticos para medir los parámetros de Turbidez, pH y conductividad eléctrica; además,

se evaluó el porcentaje de remoción de los metales pesados encontrados en el río Lacramarca-Ancash 2024, por último, se evaluó la remoción de sólidos suspendidos totales.

En lo relacionado a la Turbidez, se tienen las Tablas 1 y 2, haciendo en referencia al análisis de supuesto para Aloe barbadensis y cloruro férrico, respectivamente.

Tabla 1. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey – Aloe barbadensis.

Tratamiento	N	Media	Grupos experimentales	
40	3	36.4000	A	
20	3	35.3667	A	B
10	3	34.4000		B
30	3	34.1667		B
50	3	34.0000		B
60	3	31.6667		C

Según la Tabla 1, se evidencia que la aplicación de Aloe barbadensis a una concentración de 60 ml reduce la turbidez del agua con un promedio de

31.6667 siendo el tratamiento más efectivo, a un nivel de significancia del 0.05.

Tabla 2. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey – Cloruro férrico.

Tratamiento	N	Media	Agrupamiento	
0.04	3	0.8567	A	
0.08	3	0.7767	A	B
0.12	3	0.7767	A	B
0.16	3	0.7233		B C
0.2	3	0.6467		C
0.24	3	0.5500		D

Según la Tabla 2, se evidencia que la aplicación de cloruro férrico a una concentración de 0.24g reduce la turbidez del agua con un promedio de 0.5500 siendo el tratamiento más efectivo, a un nivel de significancia del 0.05.

En lo relacionado al pH, se tienen las Tablas 3 y 4, haciendo en referencia al análisis de supuesto para Aloe barbadensis y cloruro férrico, respectivamente.

Tabla 3. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey – Aloe barbadensis

Tratamiento	N	Media	Agrupamiento	
20	3	7.9600	A	
10	3	7.8667	A	
30	3	7.7800	A	
40	3	7.7133	A	B
60	3	7.6300	A	B
50	3	7.4000	B	

Según la Tabla 3, se evidencia que la aplicación de Aloe barbadensis a una concentración de 50 ml. reduce el pH del agua con un promedio de 7.4,

siendo el tratamiento más efectivo, a un nivel de significancia del 0.05.

Tabla 4. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey – Cloruro férrico.

Tratamiento	N	Media	Agrupamiento	
0.04	3	7.5467	A	
0.08	3	7.0933	A	B
0.12	3	6.8100	B	
0.16	3	6.7533	B	
0.2	3	6.6133	B	
0.24	3	5.8067	C	

Según la Tabla 4, se evidencia que la aplicación de cloruro férrico a una concentración de 0.24g. reduce el pH del agua con un promedio de 5.8067, siendo el tratamiento más efectivo, a un nivel de significancia del 0.05.

En lo relacionado a la conductividad eléctrica, se tienen las Tablas 5 y 6, haciendo en referencia al análisis de supuesto para Aloe barbadensis y cloruro férrico, respectivamente.

Tabla 5. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey – Aloe barbadensis.

Tratamiento	N	Media	Agrupamiento	
50	3	1280.0000	A	
60	3	1278.0000	A	
30	3	1272.0000	B	
40	3	1267.0000	C	
20	3	1257.0000	D	
10	3	1246.0000	E	

Según la Tabla 5, se evidencia que la aplicación de Aloe barbadensis a una concentración de 10 ml. reduce la conductividad eléctrica del agua con un

promedio de 1246 us/cm, siendo el tratamiento más efectivo, a un nivel de significancia del 0.05.

Tabla 6. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey – Cloruro férrico.

Tratamiento	N	Media	Agrupamiento		
0.24	3	1251.3300	A		
0.2	3	1243.3300	A	B	
0.16	3	1238.3300	B		
0.12	3	1226.3300	C		
0.08	3	1215.0000	D		
0.04	3	1199.0000	E		

Según la Tabla 6, se evidencia que la aplicación de cloruro férrico a una concentración de 0.04g. reduce la conductividad eléctrica del agua con un promedio de 1199.000 us/cm, siendo el tratamiento más efectivo, a un nivel de significancia del 0.05.

También se tienen los resultados luego de aplicar el tratamiento con cloruro férrico y Aloe barbadensis, en lo referente a la remoción de metales pesados encontrados como el Hierro y Cadmio. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

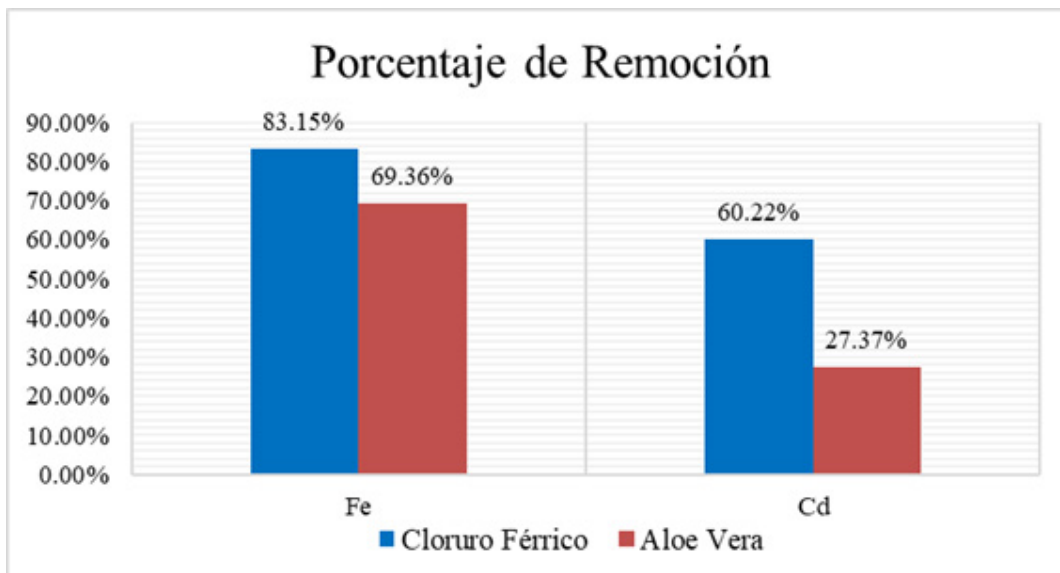


Figura 1. Remoción porcentaje del hierro y cadmio luego del post tratamiento con cloruro férrico y aloe barbadensis

Según la Tabla 7, se evidencia el efecto del coagulante natural *Aloe barbadensis* en la remoción de los sólidos suspendidos totales en la que se obtiene como dosis óptima desde la muestra

3 donde se aplicó el coagulante *Aloe barbadensis* 10 ml, logrando remover un 92.79% de los sólidos suspendidos totales presente en el agua superficial del río Lacramarca – Ancash.

Tabla 1. Remoción de los sólidos suspendidos totales después del post tratamiento con Cloruro Férrico.

Tratamiento	Dosis de Cloruro Férrico (g)	SST inicial (muestra en blanco)	SST final	% Remoción de SST
M1	0.04	4.44	0.80	81.98%
M3	0.12		0.65	85.36%
M6	0.24		0.45	89.86%

Según la Tabla 8, se evidencia el efecto del coagulante inorgánico en la remoción de los sólidos suspendidos totales en la que se obtiene como dosis óptima desde la muestra 1 donde se aplicó el coagulante desde una cantidad de 0.24 g de Cloruro Férrico, logrando remover un 89.86% de los sólidos suspendidos totales presente en el agua superficial del río Lacramarca - Ancash.

DISCUSIÓN

En el trabajo de Ruiz (5), nos indica tres muestras iniciales: en el primero la turbidez de 10,2 NTU; 50 NTU y 190 NTU a un pH inicial de 6,05, el cual fue realizado a 40, 30 y 20 ppm; el segundo con un pH inicial de 7,56 fue de 60 ppm para turbidez de 10,2 NTU y 50 NTU y de 40 ppm fue de 190 NTU, finalmente para el tercero con pH inicial de 9,07 fue de 60 ppm independientemente de la turbidez inicial la turbidez de 10,2 NTU 50. Por otra parte, se tiene el trabajo realizado por Zerbato et al. (8),

que también trabajo con 3 ensayos, indicando así el primero a 3 minutos a 140 ppm denominada mezcla rápida, el segundo a 15 minutos a 40 ppm llamada floculación y el tercero a 15 minutos denominada sedimentación. También trabajo el pH de 5.0;6.5 y 8,0; lo cual resalta que el pH con 5.5 presenta mayor remoción de materia orgánica. Teniendo nosotros como análisis de los parámetros encontrados no fueron comparados al inicio y al final porque había repeticiones por cada grupo, lo cual no era necesario trabajar al inicio porque no había ninguna reacción. Haciendo así una comparación que Ruiz llego a cabo su trabajo con más parámetros los cuales resaltan para poder realizar muchos trabajos, concluyendo así de que el modelo de Ruiz alcanza la máxima eficiencia en turbidez y pH iniciales, lo que Zerbato hizo una comprobación que el pH no infiere en eliminaciones totales dentro del procesos de coagulación.

Según Ramos et al. (9), las aguas residuales para la remoción de metales pesados son muy usual, ya que se emplean coagulantes y floculantes orgánicos y químicos, los cuales conllevan tener una desventaja en obtenerlos por su alto costo de adquisición. Por ello en dicha investigación utilizo un coagulante natural de origen vegetal para tratar las aguas residuales que son fáciles de obtener dentro del campo del ambiente y ocasionan menos impacto. Cabe resaltar, que también incluye tratamientos de un nivel bajo y nivel alto del coagulante natural, comprendidos en 2000 ppm y 3000 ppm a 20 y 25 minutos para ver el mejor proceso de remoción, lo que indica que el nivel alto fue el adecuado. En cambio, en el estudio de Ruiz (5), menciona que la dosis óptima del coagulante natural (*Aloe barbadensis*) es de 1 % que en sus resultados hallados en la remoción de metales fue de 88.49 % y en su remoción de DBO5 fue de 73.46 %. Por otra parte, se tiene a Cendales (7), cuyo trabajo consistió en evaluar las concentraciones del coagulante químico (cloruro férrico), lo que indica que en un aumento de turbidez se generó un aumento de 21 % y un 29 % modificando su color, concluyendo así que el cloruro férrico es el de mayor eficiencia debido a que tiene mayor porcentaje de remoción.

Según Ramos et al. (9), la concentración del *Aloe barbadensis* y el tiempo de floculación en la eliminación de sólidos suspendidos totales y materia orgánica en aguas residuales, representa

una alternativa para remoción al igual que la turbidez. Por consiguiente, los resultados del estudio se llegaron a desarrollar a escala de laboratorio, usando pruebas de test de jarras con un agua neutral, se hizo un manejo de opciones de tratamientos para determinar las curvas de sedimentación para luego ser comparadas estadísticamente. Asimismo, en el trabajo de Novoa (6), nos especifica que se tomaron 6 muestras de aguas puntuales próximas a las operaciones de 3 provincias, dichas muestras se evaluaron en un equipo de espectrometría. En el primer punto con aluminio (Al) con un rango de 66,2 mg/L; cromo (Cr) con 0,12 mg/L; hierro (Fe) con 280 mg/L; mercurio (Hg) con 0,1301 mg/L; manganeso (Mn) con 6,5092 mg/L y níquel (Ni) con un rango de 1,2148 mg/L. Luego de los puntos analizados se demuestra que el mercurio está superior a los permisibles de acuerdo con la norma nacional e internacional. Por otra parte, se tiene el trabajo de Cendales (7), por otro lado en sus resultados obtuvo una dosis óptima de cloruro férrico como primer punto a evaluar de 40 mg/L en la prueba de test de jarras, por lo que realizó una diferencia de concentraciones de 20 mg/L; 30 mg/L; 40 mg/L; 80 mg/L; 120 mg/L; 160 mg/L; 200 mg/L y 240 mg/L de cloruro férrico, cuyos valores tienen 2 fines, el primero conseguir una evaluación directa de la eficacia mediante su comparación, y el segundo alcanzar un rango de dosis óptima sin excederse, por lo que el valor de 120 mg/L, fue la indicada.

CONCLUSIONES

El Cloruro Férrico y Aloe barbadensis influyen en los procesos de tratamientos de agua, dado que, se reduce su pH, asimismo, hay reducción de metales pesados como el Hierro y Cadmio.

La dosis óptima para cada coagulante con mayor porcentaje en sólidos suspendidos totales se presenta en el Cloruro Férrico con dosis pequeñas de 0.04 ml, 0.12 ml y 0.24 ml, el cual presentó un efecto instantáneo y muy efectivo en el proceso de remoción.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ruiz M. Estado actual de la contaminación ambiental presente en la Mixteca Oaxaqueña. JONNPR. 2020;5(5):535-53. <https://acortar.link/3SI2nb>
2. WWDR. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. UNESCO; 2018. <https://acortar.link/sd10uk>
3. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca Santa. 2015. <https://acortar.link/pDekBn>
4. Benjumea J, Cardona J, Pérez L, Valencia F. Evaluación de la eficiencia de extractos naturales en el proceso de coagulación/floculación de aguas crudas, con fines de potabilización. Rev Bionatura. 2021;6(2):1770-7. <https://acortar.link/Yd7DHR>
5. Ruiz M. Estado actual de la contaminación ambiental presente en la Mixteca Oaxaqueña. JONNPR. 2020;5(5):535-53. <https://acortar.link/3SI2nb>
6. Novoa J, Gómez R, Llerena A. Efectos en los ecosistemas por presencia de metales pesados en la actividad minera de pequeña escala en Puno. Rev Investig Altoandinas. 2022;24(3):182-9. <https://acortar.link/FZjaMg>
7. Cendales L, Páez S, López L. Evaluación de la eficiencia del mucílago del café como coagulante frente al cloruro férrico en los procesos de remoción de sólidos suspendidos en el agua. 2016. <https://acortar.link/wRUdVL>
8. Zerbato L, Urrea L, Montero L. Cloruro Férrico para la coagulación optimizada y remoción de enteroparásitos en agua. 2009. <https://acortar.link/eYm6j5>
9. Ramos G, Rodríguez J, Tovar B. Efecto de la concentración de Aloe barbadensis (Sábila) y tiempo de floculación en la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica biodegradable de aguas residuales municipales sector el Cerrillo, Santiago de Chuco. 2019. <https://acortar.link/rpVWIN>
10. García R. Utilidad de la integración y convergencia de los métodos cualitativos y cuantitativos en las investigaciones en salud. 2010. <https://acortar.link/sohRAq>
11. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. McGraw-Hill; 1991. <https://acortar.link/6efchl>