

Tesis - Título profesional - Yarleque - Puma - Fernandez.docx



My Files



My Files



Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:530055294

Fecha de entrega

19 nov 2025, 11:37 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

19 nov 2025, 3:36 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Tesis - Título profesional - Yarleque - Puma - Fernandez.docx

Tamaño del archivo

3.6 MB

34 páginas

9148 palabras

49.998 caracteres

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net	1%
2	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	1%
3	Trabajos entregados	Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo on 2025-11-07	<1%
4	Internet	kunkaak.psicom.uson.mx	<1%
5	Trabajos entregados	Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD on 2025-10-27	<1%
6	Internet	repositorio.unac.edu.pe	<1%
7	Internet	www.revistaforestal.com	<1%
8	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
9	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
10	Trabajos entregados	uncedu on 2025-06-23	<1%
11	Trabajos entregados	Universidad TecMilenio on 2024-10-17	<1%

12	Internet	patents.google.com	<1%
13	Trabajos entregados	UNIV DE LAS AMERICAS on 2017-05-19	<1%
14	Trabajos entregados	Universidad Nacional de Ingenieria on 2025-10-27	<1%
15	Internet	fastercapital.com	<1%
16	Internet	www.uv.mx	<1%
17	Trabajos entregados	Universidad Pontificia Bolivariana on 2019-09-26	<1%
18	Internet	www.researchgate.net	<1%
19	Internet	investigacion.utc.edu.ec	<1%
20	Publicación	Sepúlveda Pacheco, Natacha N.. "Percepción de Estudiantes Doctorales en Psicol...	<1%
21	Trabajos entregados	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez on 2024-09-09	<1%
22	Trabajos entregados	University of Queensland on 2013-05-31	<1%
23	Internet	www.cienciayeducacion.com	<1%
24	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2022-12-08	<1%
25	Internet	cicy.repositorioinstitucional.mx	<1%

26	Internet	revistas.sqperu.org.pe	<1%
27	Internet	revistas.unitru.edu.pe	<1%
28	Internet	www.fisicarecreativa.com	<1%
29	Internet	www.mdpi.com	<1%
30	Internet	www.revistaet.environmenttechnologyfoundation.org	<1%
31	Internet	www.scielo.cl	<1%
32	Trabajos entregados	CGCA GIRARDOT on 2025-08-22	<1%
33	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2021-12-18	<1%
34	Trabajos entregados	Universidad Católica de Santa María on 2025-09-15	<1%
35	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-09-15	<1%
36	Trabajos entregados	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2025-06-09	<1%
37	Trabajos entregados	Universidad Nacional de Trujillo on 2025-04-25	<1%
38	Trabajos entregados	Universidad Privada Antenor Orrego on 2024-05-24	<1%
39	Trabajos entregados	Universidad Pública de Navarra on 2025-04-10	<1%

40	Trabajos entregados	Universidad Santiago de Cali on 2021-09-23	<1%
41	Trabajos entregados	Universidad de Oviedo on 2022-10-27	<1%
42	Internet	addi.ehu.eus	<1%
43	Internet	docs.google.com	<1%
44	Internet	manglar.uninorte.edu.co	<1%
45	Internet	mixtec.utim.edu.mx	<1%
46	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
47	Internet	repository.usta.edu.co	<1%
48	Internet	revistas.upt.edu.pe	<1%
49	Internet	sedici.unlp.edu.ar	<1%
50	Internet	tesis.ipn.mx	<1%
51	Internet	www.cnbv.gob.mx	<1%
52	Internet	www.dspace.uce.edu.ec	<1%

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Remoción de turbidez de aguas ácidas con biocoagulantes de semilla de
haba (*Vicia faba* L.) y médula de plátano (*Musa* sp.)**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Puma Gutierrez, Misael
Yarleque Chávez, Joyce

Asesor:

Mag. Joel Hugo Fernandez Rojas

Lima, Noviembre 2025

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Joel Hugo Fernandez Rojas, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Remoción de turbidez de aguas ácidas con biocoagulantes de semilla de haba (*Vicia faba* L.) y médula de plátano (*Musa sp.*)”** de los autores Misael Puma Gutierrez y Joyce Yarleque Chávez, tiene un índice **de similitud de 5 % verificable** en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 15 días del mes de noviembre del año 2025.



Joel Hugo Fernandez Rojas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Perú, Villa Unión, a 16 días del mes de setiembre del año 2025 siendo las 08:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mg. Liana Del Carmen Gutierrez Rodriguez, el (la) secretario(a): Ing. Orlando Alan Poma Porras

y los demás miembros: Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga Doa. Diana Elizabeth Quispe Arpasi y el (la) asesor(a) Mg. Joel Hugo Fernández Rojas

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Remoción de turbidez de aguas ácidas con bioagregantes de semilla de haba (Vicia faba L.) y médula de plátano (Musa pp)"

del(los) bachiller(es): a) Misael Azarias Puma Gutierrez

b) Marjorie Joyce Varleque Chavez

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Misael Azarias Puma Gutierrez

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy bueno

Bachiller (b): Marjorie Joyce Varleque Chavez

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy bueno	Sobresaliente

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

Esta sustentación fue realizada de manera virtual y online sincrónica según conforme al Reglamento General de Grados y Títulos.

ÍNDICE

Título	5
Resumen	5
Abstract	5
1. Introducción.....	6
2. Materiales y métodos	7
2.1. Área de estudio	7
2.2. Preparación del coagulante de médula de plátano.....	8
2.3. Preparación del coagulante de semilla de haba	9
2.4. Neutralización	10
2.5. Test de jarras.....	10
2.6. Análisis físico-químicos	10
2.7. Diseño experimental	10
2.8. Análisis de datos	12
3. Resultados y Discusión	12
3.1. Materia orgánica en biosol.....	12
3.2. Efectos de los coagulantes y dosis sobre el pH	13
3.3. Efectos de los coagulantes y dosis sobre la Conductividad eléctrica (CE)	15
3.4. Efectos de los coagulantes y dosis sobre los sólidos totales disueltos (STD)	18
3.5. Efectos de los coagulantes y dosis sobre la Turbidez	21
3.6. Análisis multivariado de varianza (MANOVA).....	24
3.7. Análisis de Componentes Principales (PCA).....	24
3.8. Índice Global de Desempeño (IGD).....	26
4. Conclusiones.....	28
5. Referencias	29
Anexos	33
Sumisión del artículo	33
Resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis	34

Título

Remoción de turbidez de aguas ácidas con biocoagulantes de semilla de haba (*Vicia faba* L.) y médula de plátano (*Musa* sp.)

Removal of Turbidity from Acidic Waters Using Biocoagulants from Fava Bean Seeds (*Vicia faba* L.) and Banana Pith (*Musa* sp.)

Joyce Yarleque, Misael Puma, Hugo Fernandez

Resumen

El drenaje ácido de mina (DAM) constituye una fuente crítica de contaminación hídrica, cuya neutralización química convencional puede incrementar la turbidez y los sólidos suspendidos, afectando los ecosistemas acuáticos. En este estudio se evaluó el uso de biocoagulantes naturales de semilla de haba (*Vicia faba* L.) y médula de plátano (*Musa* sp.) para mejorar la calidad del agua previamente neutralizada. Se aplicó un diseño factorial considerando tres coagulantes (MP, SH y MP+SH) y tres dosis (5, 10 y 15 mg/L), evaluando pH final, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (STD) y turbidez. Los análisis ANOVA y Tukey HSD ($p < 0.05$) mostraron diferencias significativas en función del tipo de coagulante, confirmadas por MANOVA ($p = 0.001$). El análisis de componentes principales (PCA) evidenció agrupamientos definidos: MP se asoció con mayores valores de CE y STD, mientras que SH presentó menor turbidez residual y carga salina. El Índice Global de Desempeño (IGD) integró las variables normalizadas, posicionando a SH, dosis de 5 mg/L, como el tratamiento más eficiente. En conjunto, los biocoagulantes evaluados mostraron un desempeño diferenciado, con la semilla de haba presentando mayor eficiencia global y constituyéndose en una alternativa sostenible y eficaz frente a coagulantes químicos convencionales para el tratamiento de aguas ácidas de origen minero.

Palabras claves: Agua ácida; Biocoagulantes; *Musa* sp.; Turbidez; *Vicia faba*

Abstract

Acid mine drainage (AMD) is a critical source of water pollution, where conventional chemical neutralization often increases turbidity and suspended solids, negatively impacting aquatic ecosystems. This study evaluated the application of natural biocoagulants derived from broad bean seeds (*Vicia faba* L.) and banana pith (*Musa* sp.) to improve the quality of pre-neutralized AMD. A factorial design was implemented considering three coagulants (MP, SH, and MP+SH) and three doses (5, 10, and 15 mg/L), assessing final pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), and turbidity. ANOVA and Tukey HSD tests ($p < 0.05$) revealed significant differences based on coagulant type, which were further confirmed by MANOVA ($p = 0.001$). Principal component analysis (PCA) highlighted well-defined clustering: MP treatments were associated with higher EC and TDS values, while SH treatments exhibited lower residual turbidity and ionic load. The Global Performance Index (GPI) integrated normalized variables, identifying SH_5 as the most efficient treatment. Notably, SH treatments (10–15 mg/L) achieved final pH values closer to neutrality, an environmentally relevant

criterion. Overall, the evaluated bio-coagulants demonstrated differentiated performance, with broad bean seed showing the highest overall efficiency, establishing itself as a sustainable and effective alternative to conventional chemical coagulants for the treatment of acid mine drainage.

Keywords: Acidic water; Biocoagulants; Musa sp.; Turbidity; Vicia faba

1. Introducción

La industria minera es una de las principales actividades que contribuyen al equilibrio macroeconómico de muchos países (Andújar et al., 2021). Además, genera oportunidades de empleo y desarrollo social (Fuentes et al., 2021). El Perú es una potencia minera mundial como productor de plata, cobre y oro, el cual aporta el 14% del PBI y sustenta el 57% de las exportaciones peruanas al mundo (Schwarz, 2018). Sin embargo, los procesos para extraer los diferentes minerales son una importante causa de contaminación ambiental al provocar un impacto negativo en la calidad del agua, suelo, subsuelo y aire, alterar los paisajes y destruir hábitats naturales (Alegre & Gutiérrez, 2021) En adición, estos generan grandes cantidades de residuos minero-metalúrgicos y efluentes líquidos. Entre los efluentes líquidos destaca el drenaje de aguas ácidas de minas (DAM), que son resultado del drenaje favorecido de minerales producto de la actividad minera, que provienen de los procesos de extracción, procesamiento y exportación de metales de alto valor económico (Alegre & Gutiérrez, 2021; Sánchez & Ferreira, 2016).

La generación de DAM debe su origen a la oxidación de la pirita en una atmósfera oxidante, quien por actividad bacteriana se oxida a sulfatos generando efluentes ácidos, los cuales se caracterizan por poseer bajos niveles de pH que generalmente oscilan entre valores de 2 a 6 unidades de pH (Pozo et al., 2017 ; Sánchez & Ferreira, 2016) ; además de poseer altos contenidos de sólidos en suspensión disueltos de cationes y aniones de sulfatos y metales (Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, As, Ni, Al, Mn, Hg) (Pérez Falcón et al., 2020) .

El DAM, si es vertido sin ningún tipo de tratamiento, tiene la capacidad de degradar hábitats acuáticos y contaminar los cuerpos receptores (ríos, lagunas, lagos, etc.) alterando sus características fisicoquímicas y reduciendo la calidad de estas aguas debido a los componentes tóxicos y corrosivos que se encuentran diluidos en estas (Aduvire, 2018).

El proceso de neutralización es el enfoque más utilizado para el tratamiento del DAM, implica la incorporación de reactivos alcalinos, con el fin de elevar el nivel de pH y facilitar la precipitación de los metales disueltos (Vargas et al., 2021). La neutralización con cal es la tecnología frecuentemente elegida en la industria minera, debido a su bajo costo, facilidad de manejo y su capacidad para neutralizar la acidez mientras elimina hierro y otros metales pesados (Mangunda et al., 2019; Song et al., 2014). La determinación del pH óptimo depende de los metales disueltos a remover y puede variar entre un rango de 6 a 9 (Carneiro et al., 2020). Sin embargo, este proceso presenta diversas

dificultades, especialmente la necesidad de agregar grandes cantidades de cal, la cual libera CO₂ durante la fase de neutralización o en su misma producción (Espinosa et al., 2016; Iizuka et al., 2022), poseer baja solubilidad a niveles elevados de pH y temperaturas altas, así como la generación de un lodo gelatinoso de baja densidad compuesto por partículas de yeso e hidróxido de iones metálicos (Mangunda et al., 2019).

Este proceso de neutralización forma partículas de mayor tamaño que incrementan significativamente la turbidez, generando una elevada cantidad de sólidos en suspensión y sedimentos, lo cual ejerce efectos adversos sobre los ecosistemas acuáticos y dificulta las diversas aplicaciones del recurso hídrico, tanto en su disponibilidad como en su uso en el ámbito industrial, doméstico y agrícola (Díaz et al., 2023; Lin et al., 2023; Weinberg et al., 2022), debido a la elevada concentración de metales, estrechamente relacionada con los elevados niveles de turbidez y sólidos suspendidos (Opitz et al., 2020).

Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo remover turbidez de DAM tras la neutralización utilizando biocoagulantes de semilla de haba y médula de plátano. Evaluando su eficiencia de los coagulantes naturales y las dosis sobre las variables: Conductividad eléctrica, pH, sólidos disueltos, así como el efecto de su adición en los sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica y pH.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

La Unidad de Producción (UP) Mallay (8 818 912 N y 296 606 E) (Figura 1) está situada en el sector Isguiz, Fortuna y Pagacuna; distrito y provincia de Oyón, departamento de Lima. Se encuentra a alrededor de 4 km de distancia de la Comunidad Campesina de Mallay y comprende un total de 397.95 Ha de terreno superficial, donde realiza actividades para la extracción, procesamiento y comercialización de Plomo, Plata y Zinc, produciendo un aproximado de 4500 Ton/mes (Walsh Perú S.A., 2013).

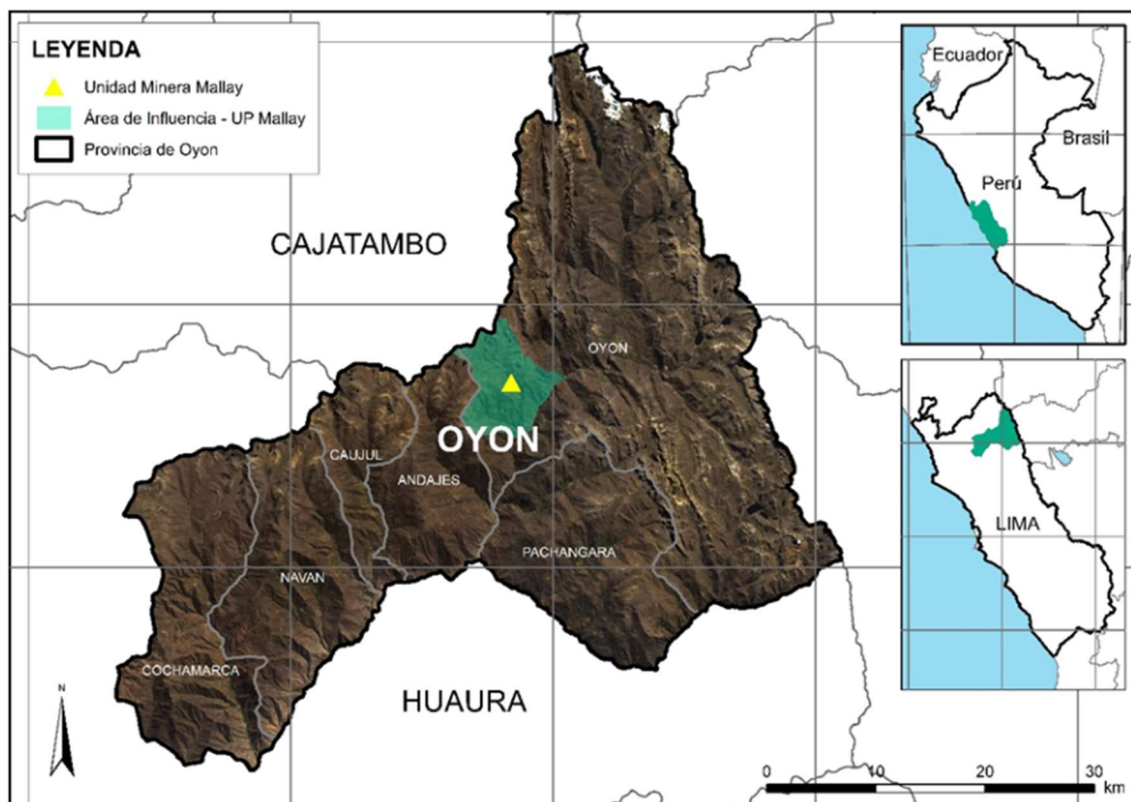


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio para la toma de muestras (Oyón, Lima, Perú).

La población de estudio estuvo conformada por el drenaje ácido de mina (DAM) de la Unidad Productora (UP) de Mallay de la Quebrada Mayo Punco, cuenca del río Huaura. Se constituyó de una (01) muestra representativa de 54 L, perteneciente al DAM de la Bocamina BM-4090 (8 814 419 N y 297 066 E) que ingresa a la Planta de Tratamiento Agua Residual Industrial (PETARI) de la UP Mallay. En la tabla 1 se muestran los resultados de la caracterización de la muestra del DAM la cual fue tomada según el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” (ANA, 2016).

Tabla 1

Caracterización de la muestra del DAM proveniente de la Bocamina BM-4090

Muestra	Código	Coordenadas (UTM-WGS 84)		pH	Turbidez (UNT)	Conductividad (μS /cm)	Sólidos Totales Disueltos (STD)
		N	E				
1	BM-4090	881441	297066	2.5	1086	3060	1.032

2.2. Preparación del coagulante de médula de plátano

La médula de plátano (*Musa sp.*) se obtuvo a partir de la recolección de tallos de plátanos “bellaco” ya cosechados y provenientes del departamento de Junín. Se siguió el procedimiento propuesto por Kakoi et al. (2016). La médula fue extraída del área central del tallo a partir de cortes laminares sin dañar el corazón del tronco, esta fue lavada con agua destilada para evitar la contaminación del insumo, se cortó en trozos laminares de un espesor aproximado de 1 a 2 mm y se secó en una estufa a 90°C durante un periodo de 6 h. Finalmente, los trozos secos fueron triturados utilizando una licuadora hasta obtener un polvo fino el cual se tamizó y se obtuvo un tamaño de partícula menor a 420 µm (apertura de malla de 0.4 mm). El coagulante fue preparado al 5% de disolución, para ello se mezcló 50 g del polvo de médula de plátano en 1000 ml de agua destilada en un termoagitador magnético a una velocidad de 120 rpm durante 5 min.



Figura 2. Polvo de médula de plátano.

2.3. Preparación del coagulante de semilla de haba

Las semillas de habas se obtuvieron en el centro de abastos zonal de tipo minorista - Mercado de Ñaña ubicado en distrito de Chaclacayo. Para la obtención del coagulante, se empleó un método de extracción en seco, siguiendo la metodología descrita por Méndez et al., (2022). Estas fueron tostadas de forma artesanal en una cocina eléctrica durante un periodo de 15 min, luego las cáscaras se separaron de forma manual, seguidamente fueron trituradas utilizando una licuadora. Se emplearon tamices de 10, 60 y 200 µm para obtener partículas finas y homogéneas. Finalmente, el polvo de harina de haba extraído se depositó en un envase estéril para su conservación, libre de microorganismo y/o contaminantes del ambiente. Se preparó el coagulante mezclando 100 g de harina de haba y 1000 ml de agua destilada para obtener una solución al 10%, este proceso se realizó utilizando un termoagitador magnético a una velocidad de 120 rpm.



Figura 3. Polvo de semilla de Haba.

2.4. Neutralización

La neutralización se llevó a cabo como etapa previa al tratamiento con coagulantes naturales, simulando el proceso que comúnmente realizan las empresas mineras para reducir la acidez del DAM. Para ello se preparó una mezcla de lechada de Cal, compuesta por 30 g de Cal y 1000 ml de agua destilada. En el proceso experimental se mezcló 1950 ml de agua ácida provenientes del DAM y 50 ml de la mencionada lechada de cal. Se realizó agitación constante hasta alcanzar un nivel de pH comprendido entre 9 y 10, correspondiente al rango de precipitación necesario para precipitar los diversos metales contenidos en las aguas ácidas (Sevillano, 2017).

2.5. Test de jarras

Se contó con un equipo probador de jarras (Jar Test) “JL T6 FLOCCULATION TESTER ET 720” de una capacidad de 6 jarras de 2000 ml, en las que se dispusieron las muestras de DAM y se posteriormente se evaluó la eficiencia de los coagulantes después del tratamiento.

Para la prueba de jarras se programó la velocidad y el tiempo para cada etapa del tratamiento: homogeneización (120 RPM/5 minutos), mezcla rápida (200 RPM/ 1 minuto), mezcla lenta (40 RPM/ 15 minutos) y tiempo de sedimentación (15 minutos).

2.6. Análisis físico-químicos

Se utilizó el equipo multiparámetro modelo (HI 9811 5 –HANNA) y turbidímetro (modelo HI 83414 – HANNA) para la medición de los valores pH, conductividad eléctrica (CE), turbidez y sólidos totales disueltos (STD) del agua ácida antes y después de la neutralización y la aplicación de los tratamientos con semilla de haba y médula de plátano. Los equipos se calibraron debidamente previo a su uso.

2.7. Diseño experimental

Esta investigación con enfoque cuantitativo de tipo experimental tuvo como principal objetivo la remoción de turbidez mediante el uso de coagulantes naturales de semilla de

haba (SH) y médula de plátano (MP). Experimental porque se evaluaron efectos de los coagulantes en la eficiencia de remoción.

Figura 4. Representación gráfica del esquema experimental

Se utilizó un diseño ANOVA de dos factores: tipo de coagulante y dosis de coagulante, para determinar la eficiencia de remoción, donde los factores con los que se realizaron los tratamientos fueron: Tipo de coagulante y dosis de coagulante; y las variables respuesta: pH, remoción de turbidez, CE y STD. Los coagulantes para los tratamientos se codificaron de la siguiente manera: médula de plátano (MP), semilla de haba (SH) y médula de plátano + semilla de haba (MP+SH), las dosis de coagulantes que se aplicaron en los experimentos fueron de 5, 10 y 15 mg/L. El esquema de experimentos se detalla a continuación (Tabla 2):

Tabla 2

Configuración de tipo de coagulantes y dosis según diseño ANOVA de dos factores.

Tratamiento	Tipo de coagulante	Código	Dosis (mg/L)	Número de repeticiones
T1	SH	SH_5	5	3
T2	SH	SH_10	10	3
T3	SH	SH_15	15	3
T4	MP	MP_5	5	3
T5	MP	MP_10	10	3
T6	MP	MP_15	15	3
T7	MP+SH	MP+SH_5	5	3
T8	MP+SH	MP+SH_10	10	3
T9	MP+SH	MP+SH_15	15	3

Nota: SH = semilla de haba; MP = médula de plátano; MP+SH = mezcla 50:50

El modelo matemático general para un diseño factorial con dos factores, se presenta en la ecuación 1.:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad (1)$$

Donde:

μ = media general (o intercepto)

α_i = efecto del nivel i del factor A
 β_j = efecto del nivel j del factor B
 $(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de interacción entre el nivel i de A y el nivel j de B
 ϵ_{ijk} = error aleatorio asociado a la observación k en la combinación i, j

$i=1, \dots, a$

$j=1, \dots, b$

$k=1, \dots, n$

2.8. Análisis de datos

El tratamiento estadístico fue realizado en RStudio (versión 4.2.3). Inicialmente, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y turbidez) mediante análisis de varianza (ANOVA), verificando previamente los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene ($p < 0.05$). Posteriormente, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD (Honest Significant Difference) para identificar diferencias significativas entre tratamientos. Asimismo, se utilizó un análisis multivariado de varianza (MANOVA) para evaluar el efecto conjunto del tipo de coagulante, la dosis y su interacción sobre las variables fisicoquímicas, confirmando la existencia de diferencias multivariadas entre tratamientos.

Complementariamente, se elaboraron diagramas de Pareto para identificar los factores con mayor contribución relativa sobre cada variable de respuesta, aplicando un umbral acumulado del 80 %. Para explorar patrones de comportamiento entre tratamientos, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) con variables estandarizadas, reteniendo los dos primeros componentes según el criterio de varianza explicada acumulada ($PC1 + PC2 > 80 \%$). Finalmente, se calculó un Índice Global de Desempeño (IGD) como promedio de las variables normalizadas, invirtiendo aquellas en las que un menor valor representa mayor eficiencia (CE, STD y turbidez), con el fin de sintetizar cuantitativamente la eficacia global de cada tratamiento.

3. Resultados y Discusión

3.1. Materia orgánica en biosol

El análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de la Materia orgánica en biosol indica que los tratamientos dados en el proceso de obtención de biosol no tienen diferencia significativa sobre la materia orgánica resultante porque el p -value = 0.831 y es mayor a 0.05, es decir que la materia orgánica obtenida por cada tratamiento resulta ser estadísticamente iguales. Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indicó

que los datos provienen de una distribución normal porque el p-valor = 0.1882 y es mayor a 0.05, así mismo la prueba de homocedasticidad nos indicó que existe homogeneidad de varianza entre los tratamientos con un p-valor=0.05304 que es mayor a 0.05 con la prueba de Bartlett. Luego de aplicar las comparaciones múltiples con el método LSD de Fisher podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% y un MSE = 8.4171 que no existe diferencia significativa entre las medias de los porcentajes de materia orgánica obtenidos en los tres tratamientos aplicados, ver fig. 2.

Fig. 2. LSD de Fisher del % de materia orgánica por tratamientos

3.2. Efectos de los coagulantes y dosis sobre el pH

El análisis de varianza de dos factores mostró que el tipo de coagulante tuvo un efecto altamente significativo sobre el pH del agua tratada ($F = 31.170$, $p < 0.001$). En contraste, la dosis aplicada no evidenció un efecto significativo ($F = 0.148$, $p = 0.863$), ni tampoco la interacción entre tipo de coagulante y dosis ($F = 0.560$, $p = 0.694$) (Tabla 3). Estos resultados indican que las diferencias observadas en el pH final se deben principalmente al tipo de coagulante utilizado, independientemente de la dosis aplicada.

Tabla 3

Análisis de varianza – pH

Factor	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Estadístico F	Valor-p	Significancia
Tipo de coagulante (FA)	2	4.202	2.1011	31.17	<0.001	***
Dosis (FB)	2	0.02	0.01	0.148	0.863	n.s.
FA × FB	4	0.151	0.0378	0.56	0.694	n.s.
Residual	18	1.213	0.0674			

Nota: gl = grados de libertad; p = nivel de significancia.
Códigos de significancia: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; n.s. = no significativo.

La caracterización del pH en las diferentes formulaciones y concentraciones resultó ser un parámetro crítico para comprender la viabilidad y estabilidad de los tratamientos desarrollados. En la Figura 5 se presenta el gráfico de los efectos principales e interacciones de factores, que detalla los efectos principales de los factores de formulación (FA: MP+SH, SH y MP) y concentración (FB: 5, 10 y 15), así como la interacción entre ambos.

Figura 5. Gráfico de efectos principales e interacciones de factores.

La prueba de comparaciones múltiples Tukey HSD mostró diferencias significativas entre los tratamientos en relación con el pH final del agua tratada. Los tratamientos con médula de plátano (MP) a diferentes dosis, así como SH_5, se ubicaron en el grupo "a", evidenciando los valores de pH más altos, con un máximo de 7.40 (MP_15). Esto sugiere que el biocoagulante MP tiene un efecto neutralizante más marcado, llevando el pH del drenaje ácido de mina hacia niveles neutros. Por el contrario, los tratamientos con la combinación MP+SH, independientemente de la dosis, se agruparon en el grupo "b", con valores significativamente más bajos de pH (6.37–6.50). El tratamiento SH_15 y SH_10 quedaron en un grupo intermedio ("ab"), lo que muestra que el efecto del coagulante SH sobre el pH fue más moderado en comparación con MP, pero aún superior al de las combinaciones (Tabla 4).

Estos resultados son consistentes con los resultados del ANOVA bifactorial, donde el tipo de coagulante fue el único factor con efecto significativo sobre el pH ($p < 0.001$).

Tabla 4*Prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD – pH*

FA	Dosis (mg/L)	pH	Grupos
MP	15	7.4	a
MP	5	7.3	a
MP	10	7.3	a
SH	5	7.3	a
SH	10	7.1	ab
SH	15	7.0	ab
MP+SH	10	6.5	b
MP+SH	5	6.4	b
MP+SH	15	6.4	b

Nota: MP = Médula de plátano; SH = Semilla de haba

El análisis del pH final mediante un diagrama de Pareto, considerando la neutralidad como condición óptima ($\text{pH} \approx 7,0$), evidenció diferencias relevantes entre tratamientos. La semilla de haba (SH) a 15 mg/L alcanzó el valor más próximo a la neutralidad ($\text{pH} \approx 7,0$), seguida por SH a 10 mg/L ($\text{pH} \approx 7,1$), lo que sugiere una capacidad intrínseca de este biocoagulante para estabilizar el pH posterior a la coagulación. En contraste, la combinación MP+SH en todas las dosis evaluadas mostró una ligera tendencia acidificante ($\text{pH} \approx 6,37\text{--}6,50$), alejándose del intervalo óptimo de neutralidad. El análisis del porcentaje acumulado permitió identificar que estas condiciones, junto con SH a 15 mg/L, explicaron la mayor parte del efecto total, superando el umbral de referencia del 80 %. Esto indica que un número reducido de condiciones concentra la neutralización más significativa de pH en las muestras evaluadas.

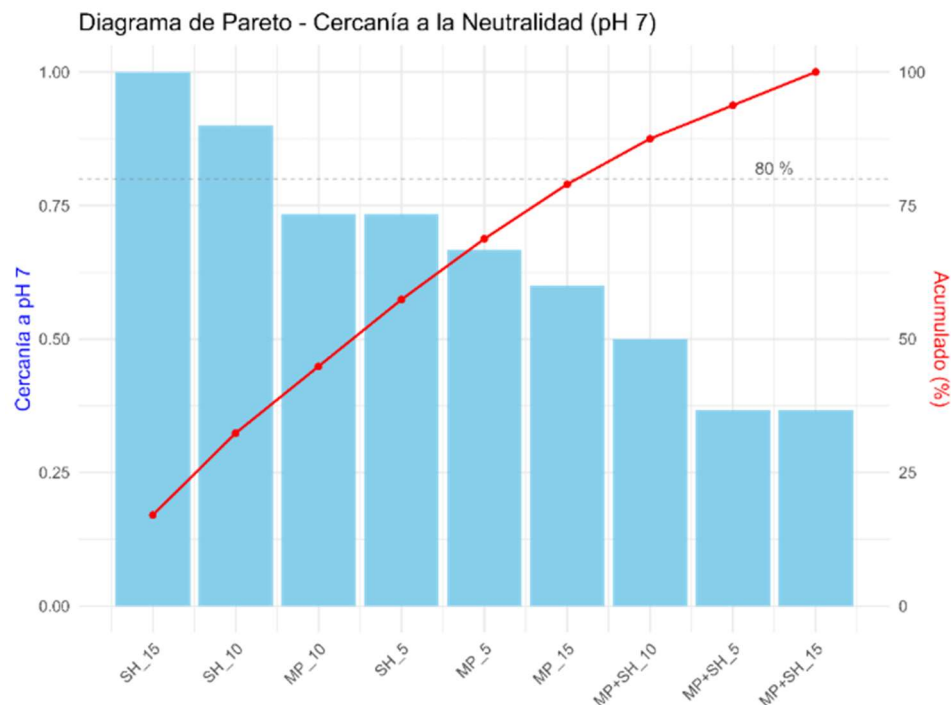


Figura 6. Diagrama de Pareto del pH final de los tratamientos aplicados, ordenados según su cercanía al valor de neutralidad (pH 7).

Estos resultados demuestran que, además de su capacidad para la remoción de turbidez y sólidos suspendidos, los coagulantes naturales pueden desempeñar un papel importante en la regulación del pH del agua tratada, contribuyendo a condiciones finales más compatibles con criterios ambientales y de tratamiento complementario.

Estudios previos respaldan el potencial de los biocoagulantes en la modificación del pH del agua. Mathew et al. (2015), reportaron un incremento del 14 % en el pH (de 4 a 7.5) mediante coagulación-floculación con polvo de cáscara de plátano, confirmando que biopolímeros de origen vegetal pueden inducir cambios significativos en la química del agua. Nharingo et al. (2015) - demostraron que, en condiciones alcalinas ($\text{pH} \geq 8$), la desprotonación de grupos funcionales de coagulantes naturales (Mucilago OFI) aumenta la densidad de sitios activos para la adsorción de metales pesados, mejorando así la neutralización de cargas y la remoción de contaminantes, efecto similar al descrito por Kristianto (2017). En contraste, Kakoi et al. (2016) observaron que la médula de plátano muestra un mejor desempeño en condiciones ácidas ($\text{pH} 4$), posiblemente debido a la protonación de grupos amino y carboxilo, los cuales incrementan la carga positiva de la biopolimérica y potencian la atracción electrostática hacia las partículas coloidales.

En conjunto, estos hallazgos sugieren que el efecto de los biocoagulantes sobre el pH final depende tanto de su composición funcional como de las condiciones del medio, pudiendo contribuir de manera complementaria a procesos de ajuste químico cuando se busca alcanzar un pH final cercano a la neutralidad.

3.3. Efectos de los coagulantes y dosis sobre la Conductividad eléctrica (CE)

El ANOVA de dos factores reveló que el tipo de coagulante influyó de forma significativa sobre la conductividad eléctrica del agua tratada ($F = 4.535$, $p = 0.0254$). Sin embargo, ni la dosis ($F = 1.725$, $p = 0.2064$) ni la interacción entre tipo de coagulante y dosis ($F = 0.280$, $p = 0.8871$) mostraron efectos estadísticamente significativos (Tabla 5). Esto indica que las diferencias en la CE final se atribuyen principalmente al tipo de coagulante utilizado, y no a la cantidad aplicada ni a su combinación con la dosis.

Tabla 5

Análisis de varianza – CE

Factor	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Estadístico F	Valor- p	Significancia
Tipo de coagulante (FA)	2	94807	47404	4.535	0.0254	*
Dosis (FB)	2	36052	18026	1.725	0.2064	n.s.
FA $\times$ FB	4	11704	2926	0.280	0.8871	n.s.
Residual	18	188133	10452			

Nota: gl = grados de libertad; p = nivel de significancia.
Códigos de significancia: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; n.s. = no significativo.

Figura 7. Gráfico de efectos principales e interacciones de factores.

Según la prueba de comparaciones múltiples Tukey HSD, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con respecto a la conductividad eléctrica, ya que todos los tratamientos se agruparon dentro del mismo grupo ("a"). Esto indica que, pese a la variación en valores absolutos de CE entre tratamientos (rango: 2353 a 2543 $\mu\text{S}/\text{cm}$), las diferencias no fueron suficientemente amplias para ser consideradas significativas al nivel de confianza establecido ($p < 0.05$).

En términos descriptivos, los tratamientos con MP_5 y MP_10 registraron las mayores conductividades, mientras que las combinaciones MP+SH_10 y MP+SH_15 evidenciaron los valores más bajos (Tabla 6). Sin embargo, al no encontrarse diferencias significativas, no puede afirmarse que algún tratamiento haya reducido significativamente la carga iónica en comparación con los demás.

Tabla 6

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD – CE

FA	Dosis (mg/L)	CE	Grupos
MP	5	2543.33	a

MP	10	2533.33	a
SH	10	2520.00	a
SH	5	2503.33	a
MP	15	2456.67	a
MP+SH	5	2393.33	a
SH	15	2386.67	a
MP+SH	10	2363.33	a
MP+SH	15	2353.33	a

Nota: MP = Médula de plátano; SH = Semilla de haba

Partiendo de un valor inicial de 3060 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el diagrama de Pareto mostró que las mayores reducciones promedio de CE correspondieron a la combinación MP+SH a dosis de 10 y 15 mg/L, con descensos superiores a 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estas dos condiciones explicaron, según el porcentaje acumulado, la mayor proporción del efecto observado y permitieron superar el umbral de referencia del 80 % al incluir los siguientes tratamientos en orden descendente. Este resultado indica que las combinaciones MP+SH aportaron el mayor impacto relativo sobre la disminución de la CE del drenaje ácido de mina en las condiciones estudiadas.

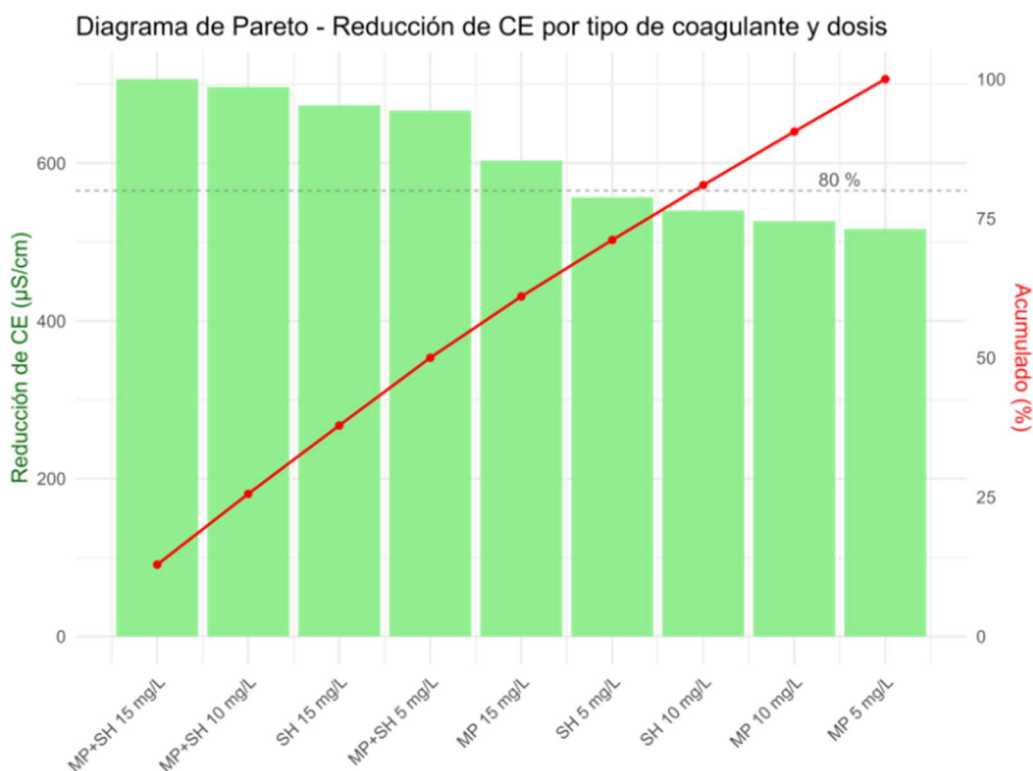


Figura 8. Contribución relativa de cada tipo de coagulante y dosis a la reducción promedio de la conductividad eléctrica del drenaje ácido de mina (CE inicial: 3060 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Los resultados obtenidos concuerdan con los hallazgos de Vargas-Solano et al. (2022), quienes demostraron la eficacia del mucílago de *Opuntia ficus* para mejorar la calidad del agua del río Yautepec mediante la reducción de la turbidez, y variación del pH y la conductividad eléctrica. Esta disminución en los parámetros fisicoquímicos sugiere una efectiva remoción de contaminantes. Asimismo, Rondón et al. (2017) menciona que la variación en la conductividad eléctrica durante el tratamiento con coagulantes orgánicos está influenciada por la composición química del coagulante, especialmente por la presencia de sales. Estos resultados son corroborados por Méndez et al., (2022); y Solís et al., (2018), los cuales concluyen en base a sus ensayos realizados que existe una correlación directa entre la variación de la CE al emplearse distintos coagulantes naturales y los cambios en la concentración de sólidos disueltos presentes en el agua, por lo tanto, a mayor concentración de STD de carga positiva, mayor será la CE.

3.4. Efectos de los coagulantes y dosis sobre los sólidos totales disueltos (STD)

El ANOVA de dos factores mostró que el tipo de coagulante tuvo un efecto significativo sobre los sólidos totales disueltos en el agua tratada ($F = 4.217$, $p = 0.0315$). Por otro lado, ni la dosis ($F = 0.398$, $p = 0.6777$) ni la interacción entre tipo de coagulante y dosis ($F = 0.158$, $p = 0.9568$) presentaron diferencias significativas (Tabla 7). Estos resultados indican que las variaciones en los valores de STD se deben principalmente al tipo de coagulante aplicado, sin influencia relevante de la cantidad usada ni de su interacción.

Tabla 7

Análisis de varianza – Sólidos totales disueltos

Factor	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Estadístico F	Valor-p	Significancia
Tipo de coagulante (FA)	2	28363	14181	4.217	0.0315	*
Dosis (FB)	2	2674	1337	0.398	0.6777	n.s.
FA × FB	4	2126	531	0.158	0.9568	n.s.
Residual	18	60533	3363			

Nota: gl = grados de libertad; p = nivel de significancia.
Códigos de significancia: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; n.s. = no significativo.

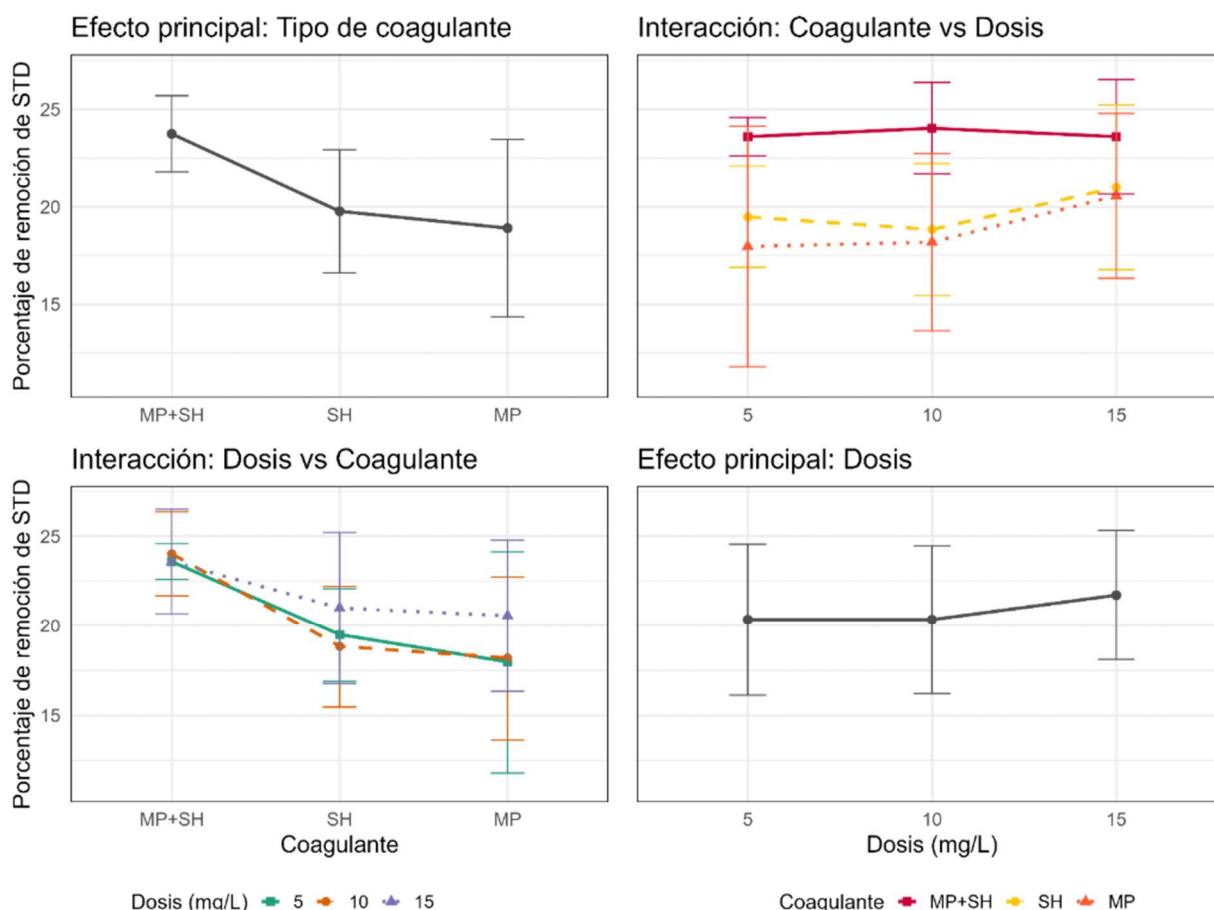


Figura 9. Gráfico de efectos principales e interacciones de factores.

Los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, ya que todos fueron agrupados dentro del mismo subconjunto de comparación (grupo “a”). Esto sugiere que, si bien el ANOVA detectó un efecto significativo del tipo de coagulante sobre los sólidos totales disueltos, las diferencias entre pares individuales de tratamientos no fueron lo suficientemente grandes como para ser consideradas significativas a un nivel de confianza del 95 %. No obstante, se observa una tendencia favorable en los tratamientos con MP+SH, particularmente MP+SH_10 y MP+SH_5, que presentaron valores más bajos de STD en comparación con el resto, lo que podría tener relevancia práctica en escenarios de remediación donde se priorice la reducción de la carga salina residual (Tabla 8).

Tabla 8

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD – Sólidos totales disueltos

FA	Dosis (mg/L)	STD	Grupos
MP	5	1263.33	a
MP	10	1260.00	a

SH	10	1250.00	a
SH	5	1240.00	a
MP	15	1223.33	a
SH	15	1216.67	a
MP+SH	15	1176.67	a
MP+SH	5	1176.67	a
MP+SH	10	1170.00	a

Nota: MP = Médula de plátano; SH = Semilla de haba

En relación con los sólidos totales disueltos, cuyo valor inicial fue de 1540 mg/L, el diagrama de Pareto reflejó que las mayores reducciones promedio provinieron de la combinación MP+SH a dosis de 10 y 15 mg/L, con disminuciones superiores a 360 mg/L. Según el porcentaje acumulado, estas condiciones, junto con MP+SH a 5 mg/L, concentraron más del 40 % del efecto total, y la inclusión de los siguientes tratamientos permitió superar el umbral del 80 %. Esto muestra que un número reducido de combinaciones explica la mayor parte de la reducción de STD registrada.

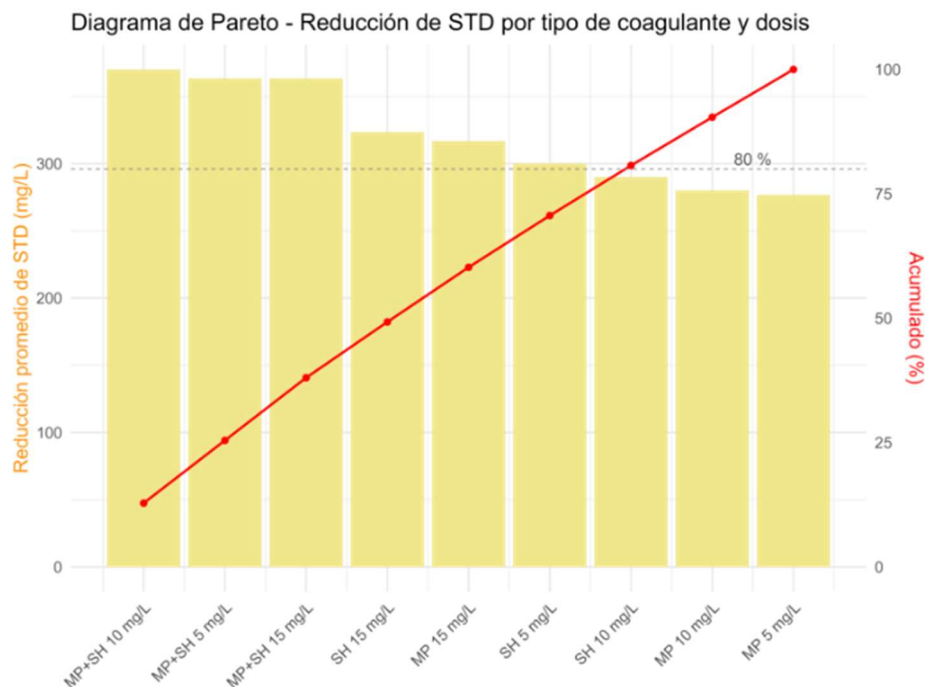


Figura 10. Contribución de cada tratamiento y dosis a la disminución promedio de STD (valor inicial: 1540 mg/L) en el drenaje ácido de mina.

1

La eficacia de los procesos de coagulación-floculación en el tratamiento de aguas contaminadas está intrínsecamente ligada a una serie de parámetros fisicoquímicos. Estudios como los de Koul et al. (2022) y Nath et al. (2019) han destacado la relevancia de variables como pH, turbidez, conductividad y sólidos totales disueltos (STD) en la eficiencia de estos procesos. Los STD, como indica Koul et al. (2022), constituyen un indicador de la carga orgánica e inorgánica disuelta en el agua.

Investigaciones como las de Kasmuri et al. (2023) y Quispe (2020) han demostrado la efectividad de coagulantes derivados de semillas de *Moringa oleifera*, *Zea mays*, *Prunus persica*, *Opuntia ficus-indica* y *Solanum tuberosum* en la reducción de turbidez, DQO y STD. De manera particular, Quispe (2020) encontró que las pencas de tuna presentaron un mayor potencial de remoción de STD. Por otro lado, Méndez. et al. (2022) establecieron una relación directa entre la conductividad eléctrica (CE) y los STD en muestras tratadas con coagulantes a base de plátano y banano (*Musa Paradisiaca* L.). Según estos autores, la mayor concentración de sólidos disueltos de carga positiva aportados por estos coagulantes se traduce en un incremento de la CE. Asimismo, Dharsana & Prakash (2023) atribuyeron la capacidad de remoción de STD de los coagulantes a base de cáscara de plátano a la presencia de grupos funcionales como fosfatos, hidroxilos y ácidos carboxílicos, que actúan como sitios activos para la adsorción de contaminantes.

3.5. Efectos de los coagulantes y dosis sobre la Turbidez

El ANOVA de dos factores reveló que el tipo de coagulante influyó significativamente en la turbidez del agua tratada ($F = 3.820$, $p = 0.0414$). En cambio, la dosis ($F = 1.364$, $p = 0.2809$) y la interacción entre tipo de coagulante y dosis ($F = 0.818$, $p = 0.5303$) no mostraron efectos significativos (Tabla 9). Por tanto, las diferencias en la turbidez residual pueden atribuirse principalmente al tipo de coagulante utilizado, independientemente de la cantidad aplicada o la combinación entre ambos factores.

Tabla 9

Análisis de varianza – Turbidez

Factor	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Estadístico F	Valor-p	Significancia
Tipo de coagulante (FA)	2	52.71	26.354	3.82	0.0414	*
Dosis (FB)	2	18.82	9.408	1.364	0.2809	n.s.
FA × FB	4	22.58	5.644	0.818	0.5303	n.s.
Residual	18	124.18	6.899			

Nota: gl = grados de libertad; p = nivel de significancia.
Códigos de significancia: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; n.s. = no significativo.

Figura 11. Gráfico de efectos principales e interacciones de factores.

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos respecto a la turbidez residual (todas las comparaciones se agruparon en la misma letra "a"). No obstante, se observó una tendencia de menor turbidez residual en el tratamiento SH_5 (3.29 NTU), mientras que las combinaciones MP+SH_15 y MP+SH_5 presentaron los valores más altos (10.33 y

9.00 NTU, respectivamente) (Tabla 10). Estos resultados, aunque no estadísticamente distintos, sugieren un mejor desempeño del coagulante SH a dosis bajas en términos de clarificación, lo cual es coherente con los hallazgos del análisis global.

Tabla 10

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD – Turbidez

FA	Dosis (mg/L)	Turbidez	Grupos
MP+SH	15	10.33	a
MP+SH	5	9.00	a
MP	15	8.47	a
MP+SH	10	7.77	a
MP	5	7.33	a
SH	10	6.88	a
SH	15	6.66	a
MP	10	6.27	a
SH	5	3.29	a

Nota: MP = Médula de plátano; SH = Semilla de haba

Para la turbidez, cuyo valor inicial fue de 1086 NTU, el diagrama de Pareto evidenció que las mayores reducciones promedio correspondieron al uso de SH a 5, 10 y 15 mg/L, con descensos superiores a 1079 NTU. Los tratamientos con MP y la combinación MP+SH contribuyeron en menor medida al efecto total. Esto indica que las dosis más bajas de SH concentraron el impacto más significativo sobre la reducción de turbidez del drenaje ácido de mina.

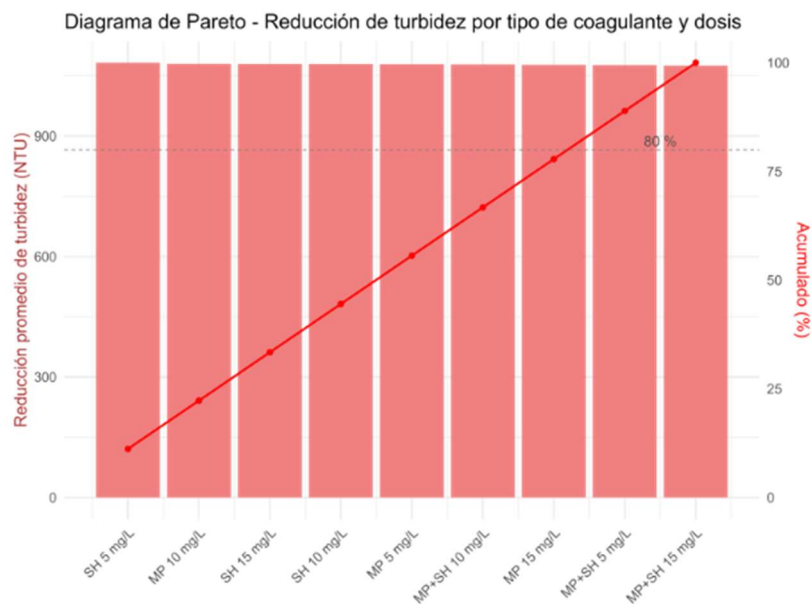


Figura 12. Contribución relativa de cada tipo de coagulante y dosis a la reducción promedio de turbidez del drenaje ácido de mina (valor inicial: 1086 NTU).

Šćiban et al. (2021) reportaron una eficiencia de remoción de turbidez de entre 25% y 68% utilizando coagulantes derivados de semilla de haba a un pH 7 y una turbidez inicial de 45 NTU. Los autores atribuyeron esta capacidad a la presencia de fenoles y grupos funcionales amino y carboxilo de las proteínas presentes en la semilla.

En contraste, Lin et al. (2023) ejecutaron ensayos en el cual evaluaron los efectos de eliminación de turbidez de aguas ácidas mineras con floculantes híbridos inorgánicos-orgánicos, donde atribuyen una eficiente eliminación (98%) al floculante híbrido por ser un polímero de cadena larga disperso en forma de cadenas ramificadas, en comparación con los floculantes de polímeros orgánicos de cadena recta tradicionales, además de ser más eficiente en un medio ácido que uno alcalino. Sin embargo, en cuanto a nuestro estudio se evidenció una eficiencia de remoción alta por parte de la Semilla de Haba (99.52%) (Figura 13), siendo un polímero tradicional de cadena recta, este efecto se debe a las características únicas de las especies de semilla de haba peruanas las cuales poseen niveles más elevados de glucosa, fructosa y sacarosa (Landry et al., 2016) .



Figura 13. Prueba de Jarras pre y post tratamientos.

3.6. Análisis multivariado de varianza (MANOVA)

El análisis multivariado de varianza (MANOVA) reveló que el tipo de coagulante tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el conjunto de variables fisicoquímicas analizadas (pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y turbidez), con un valor de Pillai's Trace = 1.053, $F(8, 32) = 4.45$, y $p = 0.0011$. Este resultado indica que los diferentes coagulantes influyeron de manera conjunta sobre la calidad del agua tratada. Por el contrario, ni la dosis ($p = 0.531$) ni la interacción entre tipo de coagulante y dosis ($p = 0.943$) presentaron efectos multivariados significativos (Tabla 11). En conjunto, estos hallazgos justifican un análisis posterior orientado a la reducción de dimensionalidad mediante PCA, así como a la comparación integrada de tratamientos a través del Índice Global de Desempeño (IGD).

Tabla 11

Análisis multivariado de varianza (MANOVA)

Factor	gl	Pillai Trace	F Aprox.	gl num	gl den	Valor-p	Significancia
Tipo de coagulante (FA)	2	1.0534	4.4513	8	32	0.0011	**
Dosis (FB)	2	0.366	0.896	8	32	0.5312	n.s.
FA × FB	4	0.3955	0.4938	16	72	0.9425	n.s.
Residual	18						

Nota: gl = grados de libertad; p = nivel de significancia.
Códigos de significancia: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; n.s. = no significativo.

El análisis MANOVA reveló que solo el tipo de coagulante tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el conjunto de variables fisicoquímicas del drenaje ácido de mina (DAM) ($p = 0.0011$), mientras que la dosis y la interacción tipo × dosis no presentaron efectos relevantes. Este resultado sugiere que la composición química del coagulante es el principal factor determinante en la eficiencia del tratamiento, una tendencia también reportada por Kukić et al. (2015) al estudiar extractos de *Vicia faba* L., donde se observó una capacidad diferenciada de floculación según el origen vegetal más que por la cantidad aplicada. Asimismo, otros autores han reportado que las propiedades funcionales de biocoagulantes varían significativamente con la fuente vegetal, influenciando múltiples parámetros de calidad simultáneamente (Adelodun et al., 2022).

3.7. Análisis de Componentes Principales (PCA)

15

El análisis de componentes principales (PCA) permitió reducir la dimensionalidad de los datos físicoquímicos (pH, CE, STD y turbidez) mediante una representación biplanar. Los dos primeros componentes principales explicaron conjuntamente el 80.9% de la varianza total del sistema, con PC1 representando el 54.2% y PC2 el 26.7%, lo cual justifica su empleo para analizar patrones multivariados y diferenciación entre tratamientos (Figura 14).

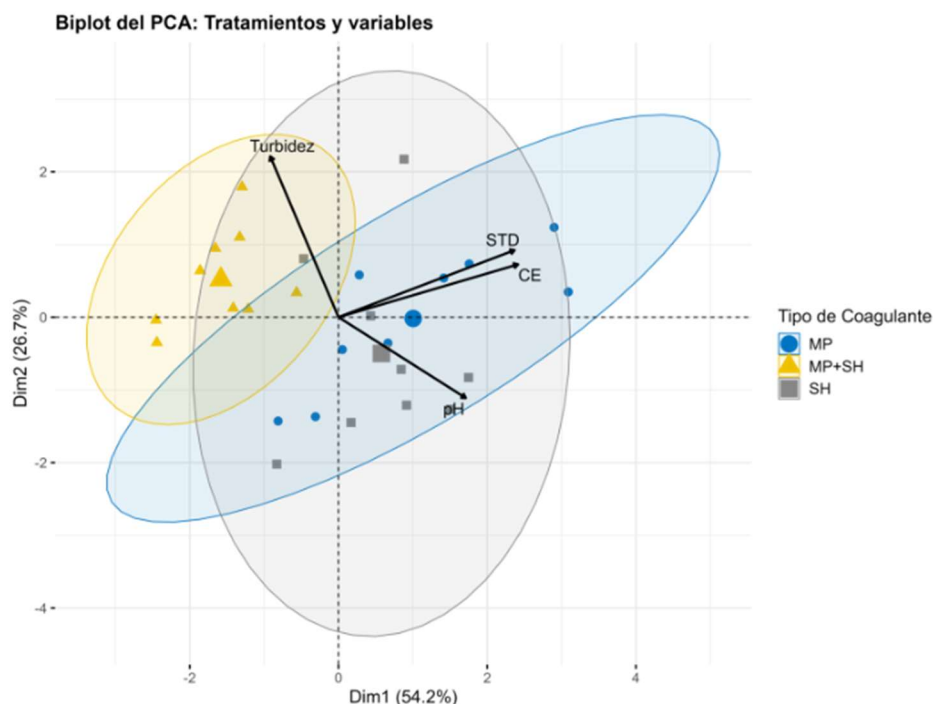


Figura 14. Índice Global de Desempeño promedio para cada tratamiento

El grupo tratado con MP (azul) se proyecta mayormente en la región derecha del plano factorial, alineado con los vectores de CE y STD. Esto indica que los tratamientos con MP están asociados a mayores concentraciones de sales disueltas, posiblemente como resultado de una mayor dosis aplicada o del carácter iónico del propio coagulante. Mientras que el grupo MP+SH (amarillo) se sitúa hacia la parte superior izquierda del gráfico, en cercanía con el vector de turbidez, lo que sugiere una remoción subóptima de partículas suspendidas. Esta ubicación sugiere que la combinación de coagulantes podría generar una interferencia en el mecanismo de coagulación-floculación. Finalmente, el grupo SH (gris) aparece en la parte inferior del plano, alejado de los vectores de CE, STD y turbidez. Esta distribución indica un mejor perfil de tratamiento, caracterizado por menores concentraciones residuales de sólidos disueltos y turbidez, y un comportamiento más balanceado desde el punto de vista físicoquímico (Figura 14).

Tabla 12

Interpretación sintética del PCA

Tipo de coagulante	Color	Tendencias observadas	Eficiencia esperada
MP	Azul	↑ CE, ↑ STD (mayor carga salina)	Menor eficiencia neta
MP+SH	Amarillo	↑ Turbidez residual (clarificación reducida)	Baja sinergia
SH	Gris	↓ Turbidez, ↓ CE/STD, mayor balance multivariado	Tratamiento más eficiente

Nota: MP = Médula de plátano; SH = Semilla de haba

La alta varianza explicada por PC1 y PC2 respalda la solidez del modelo y la validez del patrón de agrupamiento observado, evidenciando que el tipo de coagulante influye significativamente en el perfil fisicoquímico final del agua tratada.

El análisis de componentes principales (PCA) permitió identificar agrupamientos multivariados claros entre tratamientos. El coagulante SH (*Vicia faba* L.) mostró una distribución opuesta a los vectores de CE, STD y turbidez, lo que indica una mejor remoción de sólidos disueltos y partículas. Este comportamiento concuerda con los hallazgos de García-Fayos et al. (2020), quienes demostraron que leguminosas con alta proporción de proteínas solubles generan flóculos compactos y eficientes incluso en aguas con baja alcalinidad. Por su parte, el tratamiento con MP (*Musa* sp.) se proyectó en la dirección de mayor CE y STD, lo que indica un arrastre significativo de cargas solubles posiblemente por componentes residuales de la médula. Aunque el plátano ha mostrado eficiencia como coagulante en aguas grises (Akanbi et al., 2023), su comportamiento en matrices de alta carga ácida como el DAM parece menos favorable. Finalmente, la mezcla MP+SH presentó un patrón intermedio, indicando una posible interferencia entre componentes funcionales o una sinergia no óptima en la combinación 50:50.

Extractos de semilla de haba (*Vicia faba* L.) como coagulante natural (Kukić et al., 2015) han demostrado su efectividad en la formación de flóculos densos y carga superficial favorable, lo cual puede relacionarse con la ubicación del grupo SH (semilla de haba) en el biplot PCA, proyectándose lejos de vectores como CE y turbidez, lo que sugiere eficiencia en la remoción de sólidos. La separación clara respecto a los tratamientos MP y MP+SH respalda la hipótesis de que los compuestos proteicos de SH pueden generar una coagulación más eficiente, alineado con los resultados de PCA.

3.8. Índice Global de Desempeño (IGD)

El Índice Global de Desempeño (IGD) fue calculado como una métrica compuesta que integra las variables clave de calidad del agua: pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (STD) y turbidez. Cada variable fue estandarizada (Z-score), e invertida cuando su disminución indicaba mejor desempeño (CE, STD, turbidez), de modo que valores más altos del índice reflejan mayor eficiencia global del tratamiento.

El tratamiento SH_5 (SH a 5 mg/L) presentó el IGD promedio más alto (0.314), seguido por SH_15 (0.235), lo que sugiere que el coagulante SH, particularmente en dosis bajas a moderadas, ofrece un desempeño global más eficiente, logrando mejor equilibrio entre clarificación y reducción de carga salina. El tratamiento MP+SH_10 se posicionó en tercer lugar, con un IGD de 0.117, indicando que en esa dosis intermedia la combinación de coagulantes alcanza cierta eficacia, aunque no supera al SH aplicado solo. En contraste, tratamientos como MP_5 (MP a 5 mg/L) y MP+SH_15 exhibieron los valores más bajos de IGD (-0.184 y -0.182 respectivamente), lo cual revela una menor eficiencia integral, posiblemente asociada a una combinación subóptima del coagulante o a una sobredosisificación que contribuye a mayores concentraciones residuales de sólidos disueltos o turbidez (Figura 15).

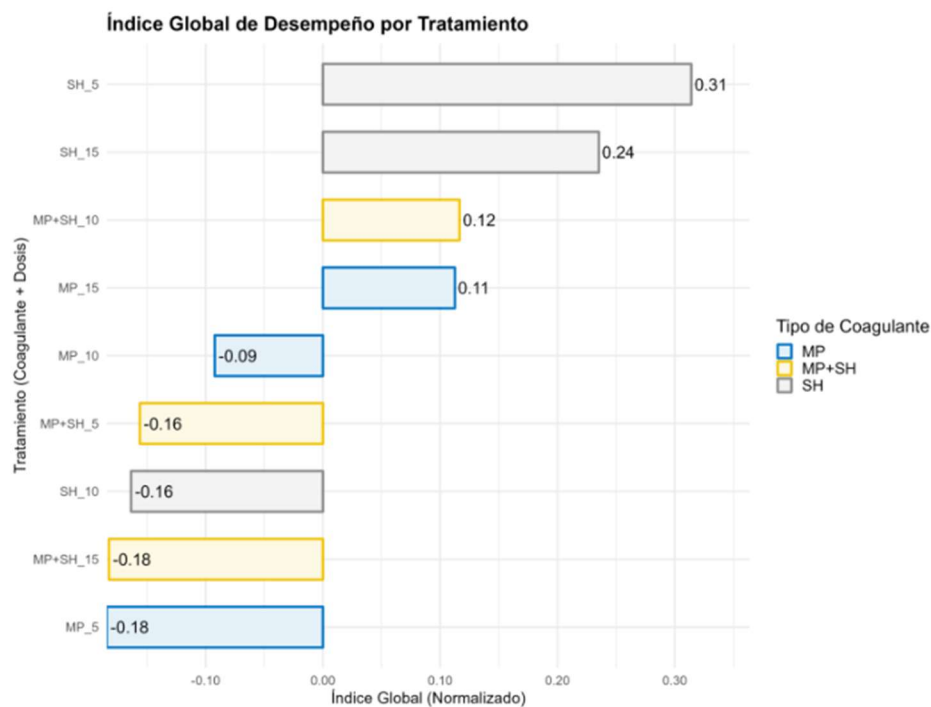


Figura 15. Índice Global de Desempeño promedio para cada tratamiento

SH fue el coagulante que presentó mayor consistencia en desempeño, posicionándose en los dos primeros lugares (SH_5 y SH_15), y con solo una caída leve en la dosis intermedia (SH_10). MP, en cambio, mostró una tendencia decreciente con la dosis: MP_15 (0.113) fue aceptable, pero MP_10 y MP_5 resultaron en valores negativos del IGD. MP+SH mostró una respuesta inestable, con el mejor desempeño en la dosis intermedia (10 mg/L), pero valores decrecientes a dosis bajas y altas, lo que podría indicar interferencia química o sinergia no favorable entre ambos coagulantes.

El IGD integró de forma cuantitativa las variables fisicoquímicas normalizadas, permitiendo jerarquizar objetivamente los tratamientos. El tratamiento SH_5 (semilla de haba a 5 mg/L) obtuvo el índice más alto, lo que indica un equilibrio ideal entre eficiencia de remoción y bajo impacto salino. Esto respalda el potencial de las leguminosas como alternativas sostenibles en contextos de remediación de efluentes ácidos, como también fue señalado por Amuda et al. (2019) en estudios con aguas industriales.

En contraste, MP_5 presentó el IGD más bajo, confirmando que la médula de plátano, si bien es efectiva en matrices menos complejas, requiere una optimización técnica superior para su aplicación en DAM. El comportamiento intermedio de MP+SH refuerza la importancia de evaluar sinergias con base experimental antes de su aplicación combinada.

Estudios como Akanbi et al. (2023) y Mokhtar et al. (2019) evaluaron la eficacia de médula de plátano como coagulante, reportando resultados efectivos en reducción de turbidez, aunque dependientes de la dosis y del pH del medio. Sin embargo, en el presente estudio, el IGD mostró que SH fue más eficiente globalmente, lo que sugiere que, en condiciones específicas como el tratamiento de drenaje ácido de mina, la proteína de semilla de haba posee una mayor capacidad neutralizante y floculante. La menor eficiencia de MP+SH podría deberse a interacciones no sinérgicas entre ambos agentes, como también sugieren revisiones como Adelodun et al. (2022).

4. Conclusiones

El coagulante de semilla de haba mostró la mayor eficacia en la remoción de turbidez, reduciendo la concentración inicial de 1086 NTU a valores inferiores a 4 NTU (eliminación del 99.52%). Este resultado indica que la adsorción de partículas coloidales y la formación de flóculos robustos son los mecanismos predominantes del proceso.

Los ensayos experimentales determinaron que la combinación de coagulantes (MP+SH) tuvo un efecto estadísticamente significativo en la reducción de la conductividad eléctrica (37%) del agua ácida minera, evidenciando características positivas para la remoción de contaminantes.

Los tratamientos con coagulantes naturales permitieron alcanzar valores de pH cercanos a la neutralidad en el agua de drenaje ácido minero. Los mejores resultados se obtuvieron con semilla de haba (SH) a 15 mg/L, seguida de SH a 10 mg/L y médula de plátano (MP) a 10 mg/L.

La combinación de médula de plátano y harina de haba (MP + SH) mostró la mayor eficiencia en la remoción de STD con un 23.88% de efectividad, superando a los demás tratamientos evaluados.

El análisis del IGD confirmó que el coagulante SH, especialmente a dosis baja (5 mg/L), presenta el perfil más balanceado y eficiente para el tratamiento de agua. Los tratamientos con MP y MP+SH mostraron mayor variabilidad y efectos negativos en algunos parámetros clave, requiriendo optimización en su aplicación.

Los resultados demuestran que la semilla de haba (*Vicia faba* L.) es el coagulante más eficiente, destacando por su elevada remoción de turbidez, bajo impacto en la carga salina y desempeño balanceado a dosis reducidas. El tratamiento con SH a 5 mg/L alcanzó el mayor índice global de desempeño. La médula de plátano (*Musa* sp.), aunque mostró efecto neutralizante beneficioso para el pH, presentó limitaciones en eficiencia global. La combinación MP+SH no superó el desempeño individual de SH, sugiriendo la necesidad

de optimizar proporciones y condiciones de aplicación. Los biocoagulantes evaluados representan una alternativa ecológica, económica y técnicamente viable frente a los coagulantes químicos tradicionales para la remediación de cuerpos de agua afectados por actividades mineras.

5. Referencias

- Aduvire, O. (2018). *Dimensionado de sistemas de tratamiento de aguas ácidas de mina*. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522018000200001&lng=es&tlng=es
- Adelodun, B. O., Abu, A. F., Akpomie, M. O., Bishop, L., & Srinivasan, M. (2022). Use of plant-based coagulants in water and wastewater treatment: A review. *Environmental Reviews*, 30(3), 242–257. <https://doi.org/10.1139/er-2021-0054>
- Akanbi, T., Ogunlaja, A. S., & Aderibigbe, T. A. (2023). Enhancing the efficiency of banana peel bio-coagulant in turbidity removal. *Water*, 14(16), 2473. <https://doi.org/10.3390/w14162473>
- Alegre, A., & Gutiérrez, S. M. (2021). Remoción de cadmio y plomo en un efluente minero de Ticipampa-Recuay, Ancash con biomasa seca de *Serratia marcescens* M8a-2T. *Anales Científicos*, 82(2), 336–345. <https://doi.org/10.21704/ac.v82i2.1788>
- Amuda, O. S., Giwa, A. A., & Bello, I. A. (2007). Removal of some heavy metals from wastewater by using of fava beans. *American Journal of Analytical Chemistry*, 5(4), 225–232. <https://doi.org/10.4236/ajac.2014.54028>
- ANA. (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. *Biblioteca Nacional del Perú*, Art. Resolución Jefatural N°010-2016-ANA. <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/1475.pdf>
- Andújar, J. M., Ormachea, R., Ruiz, M. F., & Chirinos, C. R. (2021). Minería del cobre en Perú: análisis de las variables exógenas y endógenas para gestionar su desarrollo. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(94), 784–798.
- Carneiro, T., Batista, K., Lautert, W., de Souza, L., de Almeida, V. O., Weiler, J., Homrich, I. A., & Reis, M. (2020). Acid mine drainage (AMD) treatment by neutralization: Evaluation of physical-chemical performance and ecotoxicological effects on zebrafish (*Danio rerio*) development. *Chemosphere*, 253. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126665>
- Dharsana, M., & Prakash, A. J. (2023). Nano-banana peel bio-coagulant in applications for the treatment of turbid and river water. *Desalination and Water Treatment*, 294, 100–110. <https://doi.org/10.5004/dwt.2023.29491>
- Díaz, J. A., Castillo, D., Oyarzún, R., Briso, A., Montecinos, M., & Pastén, P. (2023). The dynamics of arsenic and copper in solid and aqueous phases in reactive confluences

- receiving acid drainage: The role of turbidity and particle size. *Environmental Pollution*, 327. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121449>
- Espinosa, M., Hidalgo, A., & Delgado, R. (2016). Diseño de un sistema de tratamiento para el drenaje ácido de mina basado en el proceso de lodos de alta densidad (HDS). *Ingeniería*, 20(2), 64–75.
- Fuentes, H. J., Carolina, C., Parra, F., & Martínez, A. W. (2021). La minería y su impacto en el desarrollo económico en Colombia. *Apuntes Del Cenes*, 40(71), 189–216. <https://doi.org/10.19053/01203053.v40>
- García-Fayos, B., Arnal, J. M., Ruiz, V., & Sancho, M. (2020). Optimization of coagulation–flocculation process for treatment of industrial textile wastewater using okra (*Abelmoschus esculentus*) mucilage as natural coagulant. *Industrial Crops and Products*, 76, 538–544. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.027>
- Iizuka, A., Ho, H. J., Sasaki, T., Yoshida, H., Hayakawa, Y., & Yamasaki, A. (2022). Comparative study of acid mine drainage neutralization by calcium hydroxide and concrete sludge–derived material. *Minerals Engineering*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107819>
- Kakoi, B., Kaluli, J. W., Ndiba, P., & Thiong’o, G. (2016). Banana pith as a natural coagulant for polluted river water. *Ecological Engineering*, 95, 699–705. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.001>
- Kasmuri, N., Shokree, N. S. A., Zaini, N., Ismail, N., Miskon, M. F., Ramli, N. H., & Nayono, S. E. (2023). Treatment of Wastewater by Moringa Oleifera and Maize Seeds as Plant-Based Coagulant. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1140(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1140/1/012010>
- Koul, B., Bhat, N., Abubakar, M., Mishra, M., Arukha, A. P., & Yadav, D. (2022). Application of Natural Coagulants in Water Treatment: A Sustainable Alternative to Chemicals. In *Water (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 22). MDPI. <https://doi.org/10.3390/w14223751>
- Kristianto, H. (2017). The Potency of Indonesia Native Plants as Natural Coagulant: a Mini Review. In *Water Conservation Science and Engineering* (Vol. 2, Issue 2, pp. 51–60). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s41101-017-0024-4>
- Kukić, D., Šćiban, M., Prodanović, J., Vasić, M., & Antov, M. (2015). Extracts of fava bean (*Vicia faba* L.) seeds as natural coagulants. *Journal of Environmental Management*, 158, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.04.028>
- Landry, E. J., Fuchs, S. J., & Hu, J. (2016). Carbohydrate composition of mature and immature faba bean seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 50, 55–60. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.05.010>
- Lin, Z., Zhang, C., Hu, Y., Su, P., Quan, B., Li, X., & Zhang, Z. (2023). Nano aluminum-based hybrid flocculant: Synthesis, characterization, application in mine drainage, flocculation mechanism. *Journal of Cleaner Production*, 399. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136582>

- Mangunda, C., Petersen, J., & Lewis, A. E. (2019). The effect of Fe(III) concentration on the dewatering behaviour of Fe(III) oxyhydroxide precipitates from low-tenor solutions. *Hydrometallurgy*, 183, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.11.010>
- Mathew, M., Mathew, A., N, A. V, & A lexander, C. S. (2015). Effectiveness of Banana Peel and Moringa oleifera Seed Powders for the Treatment of Wastewater from an Institutional Kitchen. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 2(2).
- Méndez N., Rodríguez Y., & Rodríguez D. (2022). Análisis del plátano y banano (*Musa paradisiaca* L.) como coagulante para el tratamiento de afluentes. *Información Tecnológica*, 33(6), 125–134. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000600125>
- Mokhtar, N. M., Priyatharishini, M., & Kristanti, R. A. (2019). Study on the effectiveness of banana peel coagulant in turbidity reduction of synthetic wastewater. *International Journal of Engineering Technology and Sciences*, 6(1), 82–90. <https://doi.org/10.15282/ijets.v6i1.2109>
- Nath, A., Mishra, A., & Pande, P. P. (2019). A review natural polymeric coagulants in wastewater treatment. *Materials Today: Proceedings*, 46, 6113–6117. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.551>
- Nharingo, T., Zivurawa, M. T., & Guyo, U. (2015). Exploring the use of cactus *Opuntia ficus indica* in the biocoagulation–flocculation of Pb(II) ions from wastewaters. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(12), 3791–3802. <https://doi.org/10.1007/s13762-015-0815-0>
- Opitz, J., Alte, M., Bauer, M., & Peiffer, S. (2020). Quantifying iron removal efficiency of a passive mine water treatment system using turbidity as a proxy for (particulate) iron. *Applied Geochemistry*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2020.104731>
- Pérez Falcón, J., Alejandro Ruiz Castro, A., & Sixto Aramburú Rojas, V. (2020). Reducción de contaminantes del relave ácido de mina en planta concentradora de Jangas, Perú. *Avances*, 22(2), 208–221. <http://orcid.org/0000-0001-6606-7134>
- Pozo, J. S., Puente, I., Lagüela, S., & Veiga, M. (2017). *Tratamiento microbiano de aguas ácidas resultantes de la actividad minera: una revisión* (Vol. 3). <https://doi.org/https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-03-05>
- Quispe Q., D. P. (2020). Evaluation of wastewater under treatment at different coagulation-flocculation temperatures with seeds of Peach (*Prunus pérsica*), Prickly pear (*Opuntia ficus indica*) and Potato peel (*Solanum tuberosum*) from the Jillusaya river. *Apthapi*, 1, 1839–1852. <https://doi.org/10.53287/zgkd8571yr70y>
- Rondón M, Domínguez Y, Rodríguez S, Guerra B, Fernández E, & Tabia D. (2017). Empleo de semillas de Moringa oleífera en el tratamiento de residuales líquidos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(2), 87–101.
- Sánchez, J. E., & Ferreira, J. P. (2016). Drenajes ácidos de mina Alternativas de tratamiento. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 20–33.

- Schwarz, M. (2018). Inversión minera, conflictividad y pobreza regional en el Perú 2007-2017. In *Revista Científica de la UCSA* (Vol. 5, Issue 2).
- Šćiban, M., Vasić, M., Prodanović, J., Kukić, D., Vasić, V., Omorjan, R., & Antov, M. (2021). Water turbidity removal by faba bean (*Vicia faba*) in relation to composition of aqueous extract of seed. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18(9), 2847–2854. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-03047-7>
- Sevillano, R. L. (2017). *Eficiencia del hidróxido de calcio en el tratamiento de las aguas ácidas de una relavera de Pasco, a nivel laboratorio* [Tesis de Grado]. Universidad César Vallejo.
- Solís Y., Zúñiga L., & Mora D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 31(1), 35. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- Song, Y., Wang, M., Liang, J., & Zhou, L. (2014). High-rate precipitation of iron as jarosite by using a combination process of electrolytic reduction and biological oxidation. *Hydrometallurgy*, 143, 23–27. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2014.01.003>
- Vargas, H., Soto, D., & Hinojosa, L. (2021). Tratamiento de aguas ácidas de mina. *Scientific Research Journal CIDI*, 1(2), 175–185. <https://doi.org/10.53942/srjcidi.v1i2.54>
- Vargas-Solano, S. V., Rodríguez-González, F., Martínez-Velarde, R., Morales-García, S. S., & Jonathan, M. P. (2022). Removal of heavy metals present in water from the Yautepec River Morelos México, using *Opuntia ficus-indica* mucilage. *Environmental Advances*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100160>
- Walsh Perú S.A. (2013). *Segunda Modificatoria del Estudio de Impacto Ambiental de la Unidad de Producción Mallay*.
- Weinberg, R., Coyte, R., Wang, Z., Das, D., & Vengosh, A. (2022). Water quality implications of the neutralization of acid mine drainage with coal fly ash from India and the United States. *Fuel*, 330. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125675>

Anexos

Sumisión del artículo

Resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis



"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

RESOLUCIÓN N° 0058-2024/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Fecha 20 de febrero de 2024

VISTO:

El expediente de Misael Azarias Puma Gutierrez, identificado(a) con Código Universitario N° 201510151 y Marjorie Joyce Yarleque Chavez, identificado(a) con Código Universitario N° 201520118, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que Misael Azarias Puma Gutierrez y Marjorie Joyce Yarleque Chavez, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Remoción de turbidez de aguas ácidas con biocoagulantes de semilla de haba (*Vicia faba* L.) y médula de plátano (*Musa pp*)" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 20 de febrero de 2024, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Remoción de turbidez de aguas ácidas con biocoagulantes de semilla de haba (*Vicia faba* L.) y médula de plátano (*Musa pp*)" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a Mg. Joel Hugo Fernández Rojas como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga y Dra. Diana Elizabeth Quispe Arpaiz, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA



Mg. Katty Magaly Arellano Lino
SECRETARIA ACADEMICA

cc:
-Interesado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo