

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:

Misael Azarias Puma Gutierrez
Marjorie Joyce Yarleque Chávez

Asesor:

Mag. Joel Hugo Fernandez Rojas

Lima, setiembre 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 Azarias Puma Gutierrez y Marjorie Joyce Yarleque Chávez, tiene un índice de similitud de 10% 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,aña, Villa Unión, a 16 días del mes de septiembre 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. Eliana Del Carmen Gutierrez Rodriguez el (la) secretario(a): Ing. Orlando Alan Puma Porras

y los demás miembros: Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga Dra. Diana Elizabeth Guispe 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 biocoagulartes 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 Yarleque 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 Yarleque Chavez

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

Bachiller (c):

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