

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**REMOCIÓN DE TURBIEDAD DEL AGUA PARA CONSUMO DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, USANDO EL MUCÍLAGO
DE *Trimfetta rhomboidea* Jacq COMO FLOCULANTE, 2023.**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

YAQUELIN NINFA ESPIRITU LEON

Tingo María – Perú

2024



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°032-2024-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 16 de febrero de 2024, a horas 10:30 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“REMOCIÓN DE TURBIEDAD DEL AGUA PARA CONSUMO DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, USANDO EL
MUCÍLAGO DE *Trimfetta rhomboidea* Jacq COMO FLOCULANTE, 2023”**

Presentado por la Bachiller: **ESPIRITU LEON, Yaquelin Ninfa**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 13 de marzo de 2024


Ing. M. Sc. **ABBY S. DA CRUZ RODRIGUEZ**
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. **JORGE A. SUAREZ VASQUEZ**
MIEMBRO


Blgo. M. Sc. **CESAR A. GOZME SULCA**
MIEMBRO


Ing. M. Sc. **SANDRA L. ZAVALA GUERRERO**
ASESOR


Ing. M. Sc. **ALBERTO FRANCO CERNA CUEVA**
ASESOR





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 113 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis X Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
REMOCIÓN DE TURBIEDAD DEL AGUA PARA CONSUMO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, USANDO EL MUCÍLAGO DE <i>Trimfetta rhomboidea</i> Jacq COMO FLOCULANTE, 2023	YAQUELIN NINFA ESPIRITU LEON	14 % Catorce

Tingo María, 26 de marzo de 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



REMOCIÓN DE TURBIEDAD DEL AGUA PARA CONSUMO DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, USANDO EL MUCÍLAGO
DE *Trimfetta rhomboidea* Jacq COMO FLOCULANTE, 2023.

Título	: Remoción de turbiedad del agua para consumo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, usando el mucílago de <i>Trimfetta rhomboidea</i> Jacq como floculante, 2023.
Programa de investigación	: Ciencia y Tecnologías Ambientales.
Línea de investigación	: Tratamiento de aguas.
Eje temático	: Desarrollo de técnicas y mejoras en el tratamiento de aguas.
Autor	: Yaquelin Ninfa Espiritu Leon
Asesor(es)	: Ing. M.Sc. Alberto Franco Cerna Cueva Ing. M.Sc. Sandra Lorena Zavala Guerrero
Lugar de ejecución	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Duración del trabajo	: Seis meses
Financiamiento	: S/ 4 205,00
FEDU	: No
Propio	: Si
Otros	: No

Tingo María – Perú. 2024

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a:

- A mi madre Ninfa Leon Delgado, a mi padre Jofre Espiritu Claudio por el constante apoyo brindado para que este logro fuera posible. Los amo más de lo que las palabras pueden expresar. Gracias por creer en mí, por inspirarme y por ser la razón detrás de cada éxito.
- A mis hermanas y hermanos en especial a Yajaida Norma Espiritu Leon por el apoyo incondicional brindado.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por las oportunidades brindadas.
- A mis hermanas Irma Espiritu Leon, Nancy Espiritu Leon, Norma Espiritu Leon, Yajaida Espiritu Leon y mis hermanos Jorge Espiritu Leon y Richard Espiritu Leon. Por sus sabios consejos.
- A mis asesores Ing. M.Sc. Alberto Franco Cerna Cueva y Ing. M.Sc. Sandra Lorena Zavala Guerrero, por su orientación experta, paciencia y compromiso inquebrantable con mi éxito académico. Su sabiduría y apoyo fueron fundamentales para alcanzar este logro.
- A mis miembros de jurado de tesis por sus valiosas sugerencias, comentarios constructivos y aportes que contribuyeron significativamente a mejorar esta investigación.
- Mi reconocimiento al laboratorio de calidad de agua y laboratorio de calidad de suelo, donde se llevó a cabo esta investigación, por proporcionar el entorno propicio y los recursos necesarios.
- Mi reconocimiento a la Universidad Nacional Agraria de la Selva por haberme dado la oportunidad de crecer y desarrollarme tanto a nivel académico como profesional.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN LITERARIA	3
2.1. Marco teórico	3
2.1.1. Agua.....	3
2.1.2. Coagulación.....	5
2.1.3. Floculación.....	9
2.1.4. Mucílago en las plantas.....	11
2.1.5. Índice volumétrico de lodos	11
2.1.6. Tamaño de partículas	11
2.1.7. La sedimentación	12
2.1.8. Prueba de jarras	12
2.1.9. Turbiedad	12
2.1.10. <i>Trimfetta rhomboidea</i> Jacq.....	14
2.2. Estado del arte	14
2.2.1. Internacionales.....	14
2.2.2. Nacionales	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Lugar de ejecución	17
3.1.1. Ubicación política y geográfica.....	17
3.1.2. Aspectos sociales y ambientales.....	17
3.2. Materiales y métodos	18
3.2.1. Materiales y equipos	18
3.2.2. Metodología	18

3.3.	Características de la tesis	24
3.3.1.	Variables	24
3.3.2.	Diseño de la investigación	25
3.3.3.	Diseño estadístico.	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1.	Extracción el mucílago en polvo de <i>Trimfetta rhomboidea</i> Jacq como floculante. .	27
4.2.	Determinación del nivel turbiedad del agua de consumo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.....	28
4.3.	Evaluación la eficiencia de remoción de turbiedad de agua mediante el proceso de coagulación floculación usando el mucílago de <i>Trimfetta rhomboidea</i> Jacq.	31
4.3.1.	Eficiencia de remoción de turbiedad	31
4.3.2.	Índice volumétrico de lodos ILV	37
V.	CONCLUSIONES	41
VI.	PROPUESTAS A FUTURO	42
VII.	REFERENCIAS.....	43
	ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.	Pág.
1. Ubicación geográfica del laboratorio de calidad de agua.....	17
2. Ubicación geográfica del distrito de Panao para la recolección de muestras.....	18
3. Dosis de coagulante y base.....	20
4. Coordenadas UTM de los puntos de muestreo	20
5. Variables e indicadores de estudio	24
6. Floculante de <i>Trimfetta rhomboidea</i> Jacq.	27
7. Dosis de floculante usada para cada nivel de turbiedad de agua.	28
8. Niveles de turbiedad en los diferentes puntos	29
9. Estadístico descriptivo para el nivel de turbiedad para cada punto de muestreo.....	30
10. Análisis de varianza resumida para el nivel de turbiedad en los puntos de muestro.	30
11. Comparación de niveles de turbiedad de cada punto de muestreo.....	30
12. Análisis de varianza resumida de la eficiencia de remoción	32
13. Prueba de Tukey para turbiedades iniciales.....	32
14.. Prueba de Tukey para tratamiento.....	34
15. Análisis de varianza para el IVL	37
16. Prueba de Tukey para turbiedades iniciales.....	37
17. Tukey para cada tratamiento.....	38
18. Datos realizados durante la ejecución del proyecto de investigación.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.	Pág.
1. Coagulación por adsorción.....	7
2. Coagulación por barrido.....	8
3. Modelo de la floculación.....	9
4. Ubicación del laboratorio de calidad de agua.....	17
5. Ubicación de la recolección de muestras	19
6. Ubicación de los puntos de muestreo.....	21
7. Test de jarras	22
8. Esquema experimental de la sedimentación de lodos.	23
9. Diseño de la investigación.....	25
10. Niveles de turbiedad.....	31
11. Eficiencia de remoción de turbiedad con las diferentes dosis de floculante.	36
12. Eficiencia de remoción de turbiedad con los diferentes.....	36
13. IVL en las diferentes dosis de floculante.....	40
14. IVL en los diferentes tratamientos.	40
15. Mapa de ubicación del laboratorio de calidad de agua.	55
16. Mapa de ubicación de puntos de recolección.	56
17. Mapa de ubicación de puntos de muestreo.....	57
18. Arbusto de la planta <i>Trimfetta rhomboidea</i> Jacq.	58
19. Hoja de la planta <i>Trimfetta rhomboidea</i> Jacq.	58
20. Flor de la planta <i>Trimfetta rhomboidea</i> Jacq.	59
21. Flor y tallo de la planta <i>Trimfetta rhomboidea</i> Jacq.	59
22. Limpieza y extracción de la corteza.....	60
23. Colocando la corteza en vasos precipitados.	60
24. Molida y tamizado de la corteza.	61
25. Secado de la corteza en el horno eléctrico.....	61
26. Mucilado de la corteza pulverizada.....	62
27. Tomando coordenadas con el GPS en la residencia de damas.	62
28. Tomando coordenadas con el GPS en el comedor universitario.....	63
29. Tomando coordenadas con el GPS en el laboratorio de calidad de agua.	63
30. La potasa caustica la alúmina y el papel filtro.....	64
31. Calibración de pH con el coagulante.....	64

32. Aplicando dosis de floculante en el test de jarras.	65
33. Colocación de 1L de agua en el test de jarras.	65
34. Sedimentación de flóculos en cono inmof.	66
35. Sedimentación en vaso precipitado.	66
36. Medida de la turbiedad.	67
37. Medida del pH después del proceso de coagulación – floculación.	67
38. Realizando el proceso de filtración.	68
39. Realizando el proceso de filtración.	68
40. Realizando proceso de filtración.	69
41. Pesado del papel filtro.	69
42. Tomando apuntes del peso del papel filtro.	70
43. Filtrado.	70
44. Colocando los el papel en fitro en placas petris despues del filtrado.	71
45. Pesado del papel filtro después de la filtración.	71

RESUMEN

En el ámbito de la remoción de turbiedad del agua, se destaca el uso predominante de tratamientos convencionales basados en químicos mediante el proceso coagulación y floculación, debido a su eficacia inmediata. También, se reconoce que estos pueden tener efectos perjudiciales para la salud humana. Se plantea una solución sostenible mediante el uso de floculante natural extraído de la planta *Trimfetta rhomboidea* Jacq. El objetivo principal es remover la turbiedad del agua de consumo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva mediante el uso del mucílago de *Trimfetta rhomboidea* Jacq. Como objetivos específicos extracción del mucílago, evaluación del nivel de turbiedad y medición de la eficiencia de remoción. La extracción del mucílago se realiza en forma de polvo de la corteza seca. Se llevaron a cabo experimentos con diferentes turbiedades iniciales y dosis variada del floculante. Los resultados obtenidos con una dosis óptima de 0.6 mg/l, fueron de acuerdo con las turbiedades iniciales para 15,5 NTU, la eficiencia es del 73,17% con una turbiedad final de 3,65 NTU, con 56,1 NTU, se alcanza el 87,71% de eficiencia y una turbiedad final de 2,81 NTU, para 92,4 NTU, la eficiencia destaca en un 95,35%, con una turbiedad final de 1,27 NTU y para 266 NTU, se obtiene una eficiencia del 95,85% con una dosis de 1 mg/l, resultando en una turbiedad final de 2,41 NTU. Estos resultados positivos se alinean con los Estándares de Calidad Ambiental.

Palabras clave: *Trimfetta rhomboidea* Jacq, claridad del agua, floculación, remoción de turbiedad.

ABSTRACT

Within the scope for the removal of the turbidity in water, the use of conventional treatments based on chemicals, through the process of coagulation and flocculation, is what predominately stands out, due to its immediate efficacy. Moreover, it has been recognized that these [treatments] can have effects that are harmful to human health. [Here], a sustainable solution is proposed, using the natural flocculant, extracted from the *Trimfetta rhomboidea* Jacq. plant. The principal objective was to remove the turbidity in the water for human consumption at the Universidad Nacional Agraria de la Selva through the use of mucilage from *Trimfetta rhomboidea* Jacq. The specific objectives were the extraction of the mucilage, the evaluation of the level of turbidity, and the measurements for the efficacy of removal. The extraction of the mucilage was done in the form of powder [made] from the dry bark. Experiments were carried out with different initial turbidities and varying doses of the flocculant. The results that were obtained with an optimal dose of 0.6 mg/l, agreed with the initial turbidities for 15.5 NTU [where the] efficiency was 73.17%, with a final turbidity of 3.65 NTU. With 56.1 NTU, an efficiency of 87.71% and a final turbidity of 2.81 NTU were achieved. For the 92.4 NTU, the efficiency stood out at 95.35%, with a final turbidity of 1.27 NTU. For 266 NTU, an efficiency of 95.85% was obtained with a dose of 1 mg/l, resulting in a final turbidity of 2.41 NTU. These positive results aligned with the environmental quality standards.

Keywords: *Trimfetta rhomboidea* Jacq, water clarity, flocculation, turbidity removal.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un componente vital para todos los organismos, y a medida que transcurre el tiempo, se evidencia que la calidad de este recurso hídrico se ve afectada por la contaminación. En el Perú se cuenta con la mayor reserva de agua dulce a nivel mundial, el crecimiento demográfico ha generado desafíos en el acceso al servicio de agua potable en diversas regiones, distritos y centros poblados. Más del 28.6% de las viviendas en el Perú carecen de acceso de agua potable.

En el departamento de Huánuco, alrededor de 62,13% de las viviendas, aproximadamente 110 000 no cuenta con el servicio de agua potable, situándose como una de las regiones con mayor déficit hídrico. Esta situación se atribuye principalmente a los elevados costos de servicio y a la complejidad de los sistemas de gestión del agua.

Tingo María pertenece a una región caracterizada por su clima húmeda y frecuentes lluvias, y el agua en esta área se ve afectada por la turbiedad causado por partículas muy pequeñas conocidas como partículas coloidales. En este caso, es necesario un tratamiento para la eliminación de la turbiedad.

La Universidad Nacional Agraria de la Selva obtiene su suministro de agua de tres quebradas, Naranjal, Cocheros y Córdova, siendo estas una de las fuentes fundamentales de agua destinados al consumo humano. Aunque actualmente se emplea un proceso de tratamiento empírico, no se garantiza la calidad del agua utilizada por la comunidad universitaria.

En el ámbito de tratamiento de agua, la búsqueda continua de enfoques más sostenibles y amigables con el medio ambiente que han llevado a la exploración de alternativas innovadoras. En este contexto, el empleo de floculantes naturales ha surgido como una estrategia novedosa y prometedora para reducir la dependencia de productos químicos convencionales en los procesos de clarificación del agua. La utilización de floculantes naturales implica el aprovechamiento de compuestos orgánicos derivados de fuentes naturales como las plantas. Al usar floculantes naturales se minimiza el riesgo de impactos adversos para la salud humana asociados con ciertos productos químicos sintéticos.

Por ello se plantea el siguiente problema: ¿Cuál es el porcentaje de remoción de turbiedad del agua para consumo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva usando el mucílago de *Trimfetta rhomboidea* Jacq como floculante?, teniendo como hipótesis que el

mucílago de *Trimfetta rhomboidea* Jacq tiene una remoción de turbiedad mayor al 95% del agua para consumo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

1.1. Objetivo general

Remover la turbiedad del agua para consumo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva usando el mucílago de *Trimfetta rhomboidea* Jacq como floculante.

1.2. Objetivos específicos

- Extraer el mucílago en polvo de *Trimfetta rhomboidea* Jacq como floculante.
- Determinar en nivel turbiedad del agua para consumo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Evaluar la eficiencia de remoción de turbiedad de agua mediante el proceso de coagulación floculación usando el mucílago de *Trimfetta rhomboidea* Jacq.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Agua

2.1.1.1. Características físicas

- **Temperatura**

La coagulación-floculación se ve significativamente influenciada por la temperatura del agua. La velocidad de reacciones químicas en el proceso de coagulación floculación incrementa con la temperatura, a temperaturas más altas las partículas coloidales en el agua adquieren una mayor energía cinética, lo que facilita la interacción con los coagulantes y acelera la formación de flóculos. A temperaturas más bajas, se podría requerir un aumento en las dosis de coagulante para alcanzar una coagulación efectiva y una floculación adecuada, ya que existe una relación inversamente proporcional entre la temperatura y la cantidad de coagulante (Poveda, 2022).

- **Color**

En color del agua durante el proceso de coagulación – floculación proporciona información sobre la eficacia del tratamiento. La presencia del color en el agua se debe a materiales orgánicos disueltos, sustancias coloreadas inorgánicas, metales o microorganismos. Estos compuestos pueden llegar a afectar negativamente a la calidad del agua y requerir un tratamiento. Se define Color verdadero cuando ya se haya eliminado la turbidez, Color aparente cuando hay presencia de sustancias disueltas. La medición de las en suspensión se realiza en una muestra sin filtrado o muestra original (Campos, 2019).

- **Olor y Sabor**

El agua respecto al olor y sabor se experimentan diversas sensaciones, tales como, dulce, amargo, agrio y salado, asociadas comúnmente con el sentido del gusto. El agua pura es inodora, y el olor se percibe al llevar el agua a la boca. La presencia de olores en el agua está vinculada a sustancias orgánicas, es poco común que se genera olores a partir de sustancias inorgánicas, como el sulfuro de hidrogeno (Campos, 2019).

- **Turbidez**

La turbiedad del agua se origina a partir de las partículas en suspensión o coloides como (tierra finamente dividida, arcillas, limo, etc.). Lo que ocasiona la turbiedad son las partículas de los sistemas coloidales, esto se debe a que por el tamaño de estas

partículas ocasiona que entren en estado de suspensión, disminuyendo la transparencia del agua en diversos grados. Para cuantificar la turbiedad del agua, se recurre al uso de un turbidímetro o nefelómetro, y la unidad de medida es nefelométricas de turbiedad (NTU) (Aranda, 2021).

- **Conductividad**

La conductividad en el agua se refiere a la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, expresada numéricamente. El agua es un conductor eléctrico cuando contiene iones disueltos, como los iones de sales minerales. Esto se encuentra influenciado por la temperatura en el momento de la medición. En el caso del agua pura, la conductividad es mínima. Por ende, la medición de este parámetro proporciona información sobre la presencia de sólidos disueltos en el agua. La conductividad sirve como un indicador directo de la presencia de sales en la solución, dado que su incremento aumenta la capacidad de transferir corriente eléctrica. Esta propiedad se mide en microsiemens por litro ($\mu\text{S}/\text{l}$) y se utiliza tanto en mediciones de campo como laboratorio (Severiche et al, 2019).

- **Sólidos**

La presencia de sólidos en el agua puede manifestarse de dos maneras: como suspendidos o disueltos y ambos pueden influir negativamente en la calidad del agua. Se define como residuos o materias que persisten después de la evaporación o el secado del agua, como también a la presencia de los sólidos genera turbidez del agua. Dentro de ello se encuentra los sólidos coloidales, sólidos sedimentables, sólidos disueltos y sólidos suspendidos totales (Duarte, 2019).

2.1.1.2. Características químicas

- **pH**

El pH desempeña un papel fundamental en el tratamiento efectivo del agua mediante el proceso de coagulación-floculación. La influencia en la carga de los coagulantes, donde el pH del agua afecta a la carga de los coagulantes usados durante el proceso, la eficacia de los coagulantes como sales de aluminio o hierro, dependen de su capacidad para neutralizar la carga superficial negativa de las partículas suspendidas en el agua ya que el pH óptimo varía para diferentes coagulantes (Severiche et al, 2019).

La coagulación efectiva a pH específicos en general es más efectiva en un rango específico de pH, para la coagulación donde se usa sulfato de aluminio es más eficiente en un rango de pH ácido. Para la formación de Hidróxidos Metálicos como es el

hidróxido de aluminio formados durante la coagulación actúan como agentes coagulantes donde estos compuestos facilitan la unión y neutralización de las partículas en suspensión.

Es esencial tener un pH óptimo en el proceso de coagulación-floculación, al mantener el pH dentro de un rango específico garantiza la máxima eficiencia de los coagulantes y promueve la formación adecuada de flóculos. El pH también afecta en la etapa de floculación del proceso un pH bien ajustado favorece la aglomeración más efectiva de los flóculos, por lo que facilita su posterior sedimentación o filtración.

La relación del pH en el proceso de coagulación – floculación es esencial para garantizar un tratamiento eficiente del agua, optimizando la acción de los coagulantes y facilitando la formación y separación de flóculos. Por ejemplo, los coagulantes químicos convencionales trabajan dentro de un pH entre 7,4 – 7 o inferior al pH neutro (Poveda, 2022)

- **Dureza**

La determinación de la dureza del agua es una medida analítica crucial y valiosa, ya que proporciona información significativa sobre la calidad del agua. La dureza está vinculada con la presencia de sales disueltas, especialmente de calcio y magnesio. La interacción con coagulantes influye en la efectividad ya que en altos niveles de dureza pueden afectar la acción de los coagulantes, ya que los iones de calcio y magnesio pueden competir con los coagulantes por las partículas suspendidas. En la floculación afecta en la formación y la aglomeración de flóculos, la presencia de calcio y magnesio influye en la estructura y la resistencia de los flóculos formados (Aranda, 2021).

- **Alcalinidad**

La alcalinidad en el agua proporciona una medida de resistencia del agua a cambios en el pH debido a la adición de ácidos. En la alcalinidad se ve la capacidad para neutralizar los ácidos, esto se debe principalmente a la presencia de iones como: carbonato (CO_3^{2-}), hidróxido (OH^-) y bicarbonato (HCO_3^-). Estos iones actúan como bases y pueden reaccionar con los ácidos para mantener el equilibrio del pH en el agua (Geovanni, 2017).

2.1.2. Coagulación

La coagulación es un proceso químico de la desestabilización de coloides utilizados en el tratamiento de para eliminar partículas suspendidas. La coagulación se basa en

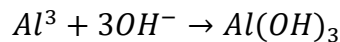
agrupar las partículas finas y coloidales presentes en el agua para formar flóculos más grandes, y así poder ser eliminados a través de la sedimentación o la filtración.

El proceso de coagulación, se emplean productos químicos denominados coagulantes, generalmente son las sales metálicas como cloruro férrico o el sulfato de aluminio. Donde estos coagulantes actúan neutralizando las cargas eléctricas superficiales de las partículas suspendidas, permitiendo que se agrupen y formen flóculos (Carrizales, 2019).

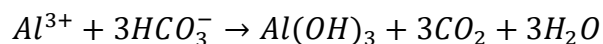
2.1.2.1. Tipos de coagulación

Frecuentemente se emplea el sulfato de aluminio como agente coagulante en el tratamiento de aguas. Este compuesto reacciona con la alcalinidad presente en el agua, dando lugar a la formación de flóculos compuestos por hidróxido de aluminio ($Al(OH)_3$). A continuación, se presentan las reacciones típicas que ocurren durante este proceso:

Reacción con iones de hidroxilo (OH^-):



Reacción con bicarbonato (HCO_3^-):



Estas reacciones muestran como el ion de aluminio (Al^{3+}) reacciona con los iones hidróxido y bicarbonato presentes en el agua para formar el hidróxido de aluminio ($Al(OH)_3$). El hidróxido de aluminio tiene propiedades coagulantes, lo que significa que tiene la capacidad de unir partículas en suspensión en el agua para formar flóculos mas grandes.

- Coagulación por absorción

La coagulación por absorción se presenta cuando el agua exhibe una elevada concentración de partículas en estado coloidal. Al añadir un coagulante al agua turbia, los productos solubles resultantes de los coagulantes son adsorbidos por las partículas coloidales, generando flóculos de forma inmediata. La formación rápida de los flóculos mejora la eficiencia del tratamiento y permite una separación más efectiva de impurezas (Sanabria, 2019).

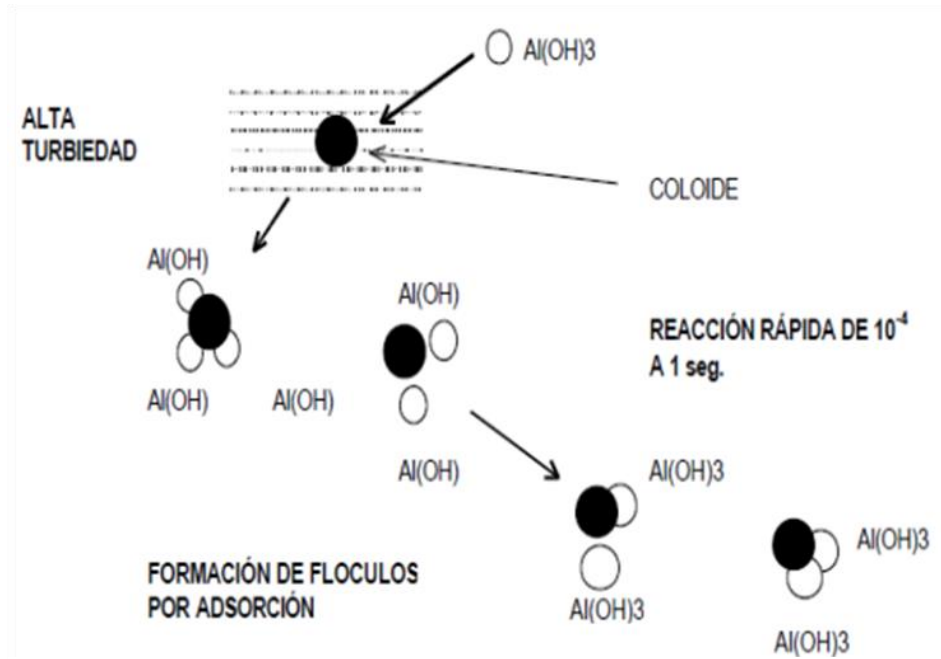


Figura 1. Coagulación por adsorción.

Fuente: Sanabria, 2019.

- **Coagulación por barrido**

Este fenómeno se observa en situaciones donde el agua muestra claridad, es decir presenta baja turbiedad y una limitada presencia de partículas coloidales. En este contexto, las partículas son captados mediante una sobresaturación del precipitado de sulfato de aluminio. La alcalinidad y el pH del agua desempeña un papel crucial en la formación de hidróxidos de aluminio se sitúa entre 4, 8 y 7, 8. En casos en los que la alcalinidad es insuficiente, se puede corregir mediante la adición de cal, potasa caustica, entre otros. Este proceso contribuye a mejorar la eficiencia de la coagulación, atrapando las partículas y mejorando así la calidad del agua tratada (Sanabria, 2019).

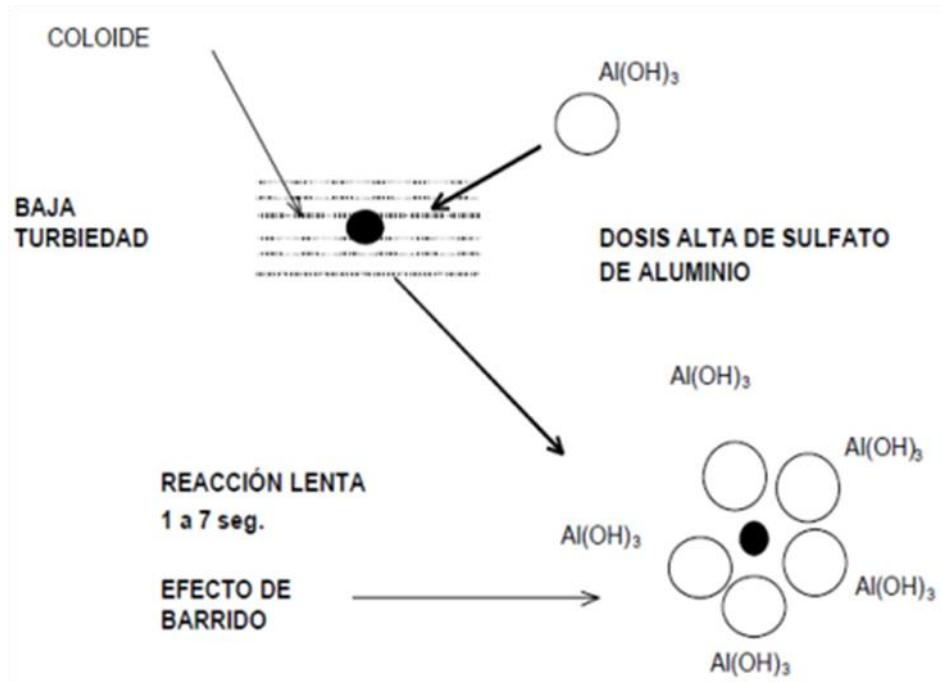


Figura 2. Coagulación por barrido.

Fuente: Sanabria, 2019.

2.1.2.2. Clases de coagulantes

En la práctica del tratamiento de agua potable, se emplean los siguientes coagulantes: (Sanabria, 2019).

- El Sulfato de Aluminio, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ representa al sulfato de aluminio en su forma hidratada, es el coagulante más comúnmente utilizado en la práctica para el tratamiento de agua, el sulfato de aluminio amoniacal y el aluminato sódico son coagulantes comúnmente empleados. El alumbre, especialmente destaca por su frecuente utilización gracias a su costo reducido y su manejo relativamente simple.

- Sales de hierro, como el cloruro férrico (FeCl_3), y los sulfatos de hierro férrico y ferrosos ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ y FeSO_4), son otro tipo de coagulantes utilizados en el tratamiento del agua. Estas sales producen flóculos más densos y con una velocidad de asentamiento más rápida en comparación con las sales de aluminio.

- Los polímeros o polielectrolitos son compuestos de alto peso molecular empleados como coagulantes en el tratamiento del agua. Se añaden en concentraciones muy bajas, lo cual presenta una notable ventaja y compensa el costo asociado con estos polímeros. Su uso ha aumentado significativamente en el tratamiento de aguas

potables, ya que resulta en la generación de una menor cantidad de lodos, además de que los lodos producidos son más fáciles de tratar.

2.1.3. Floculación

La floculación implica la reunión, a través de una agitación moderada del agua, de partículas que fueron desestabilizadas durante la coagulación. Este proceso resulta en la formación de flóculos, partículas más grandes y con mayor peso específico. La floculación se enfoca en agrupar microflóculos para crear partículas con un peso específico superior al del agua, compactando así el floculo y reduciendo su hidratación. Este ajuste produce una baja concentración volumétrica, lo cual aumenta significativamente la eficiencia de los procesos subsiguientes, como la sedimentación y la filtración (Sanabria, 2019).

El floculante actúa como un puente entre las partículas coloidales aglomeradas, facilitando la formación de flóculos más grandes que se sedimentan fácilmente.



Figura 3. Modelo de la floculación

Fuente: Sanabria, 2019.

2.1.3.1. Tipos de floculación

- Floculación pericinética

La interacción mediante bombardeo de partículas, generado por el movimiento de las moléculas en el líquido (movimiento browniano), afectan exclusivamente a partículas con tamaños inferiores a 1 micrón. Esto únicamente tiene lugar al inicio del proceso, en los primeros 6 – 10 segundos, y no se vincula al tamaño específico de la partícula (Sanabria, 2019).

- **Floculación ortocinética.**

Las interacciones inducidas por la turbulencia del líquido provocan el desplazamiento de las partículas en diversas velocidades y direcciones, elevando significativamente la posibilidad de colisión. Este mecanismo es eficaz únicamente con partículas que superan 1 micrón de tamaño. Su efectividad se extiende a lo largo del resto del proceso, aproximadamente durante 20 a 30 minutos (Sanabria, 2019).

2.1.3.2. Floculante de acuerdo con su naturaleza

Los floculantes son formados por polímeros o polielectrolitos de alto peso molecular, compuestos por moléculas orgánicas solubles en el agua que se estructuran mediante bloques denominados monomios repetidos en cadenas largas. La naturaleza de los floculantes puede clasificarse en tres categorías: orgánica natural, orgánica de síntesis y mineral (Campos, 2019).

- **Floculantes minerales**

Generalmente son de origen inorgánico, pueden incluir compuestos como sales metálicas, arcillas o minerales específicos con propiedades coagulantes y floculantes, estos pueden ser; bentonita, silicato de sodio, sílice activada entre otros.

- **Floculantes orgánicos naturales**

Los floculantes orgánicos naturales son sustancias derivadas de fuentes orgánicas en la naturaleza que poseen propiedades floculantes, es decir, tienen la capacidad de inducir la formación de flóculos en suspensiones de partículas finas en el agua. Estos floculantes se utilizan en el tratamiento de agua para facilitar la remoción de impurezas y mejorar la clarificación del agua. Algunos ejemplos de floculantes orgánicos naturales incluyen, gomas naturales, almidones, taninos, polisacáridos naturales y proteínas.

- **Floculantes orgánicos de síntesis.**

Los floculantes orgánicos de síntesis son sustancias químicas creadas mediante procesos de síntesis química. Estos floculantes se caracterizan por ser compuestos orgánicos con estructuras moleculares diseñadas para facilitar la formación de flóculos a partir de partículas finas y coloidales presentes en el agua. Son los floculantes más utilizados ya que constituyen macromoléculas de cadena extensa, se forman mediante la unión de monómeros sintéticos con la masa molecular elevada, que oscila entre 10^6 y 10^7 g/mol. Se clasifican según la iconicidad de los polímeros de la siguiente manera: Amoniacos

(generalmente copolímeros de acrilamida y ácido acrílico), neutros o no iónicos (poliacrilamida) y catiónicos (copolímero de acrilamidas y un monómero catiónico)

2.1.4. Mucílago en las plantas

Son sustancias gelatinosas y viscosas producidas por ciertos tejidos vegetales, como las raíces, hojas, tallo, corteza y semillas de algunas plantas. Los mucilagos cumplen diversas funciones en las plantas, como la retención de agua, la protección contra patógenos.

En la floculación de aguas turbias, los mucílago pueden desempeñar un papel en el proceso de forma natural. Cuando los mucilagos entran en contacto con partículas finas y coloidales presentes en el agua, pueden interactuar con ellas de varias maneras como:

-Adsorción: los mucílago pueden adsorberse a la superficie de las partículas en suspensión. Esto puede cambiar la carga eléctrica de las partículas y favorecer su aglomeración.

-Aglomeración: al interactuar con varias partículas, pueden favorecer la aglomeración o unión entre ellas, formando flóculos más grandes.

2.1.5. Índice volumétrico de lodos

El índice volumétrico de lodo, conocido como IVL, constituye un indicador macroscópico utilizado para evaluar las características de decantación del lodo. Este proporciona una medida cuantitativa de la sedimentación del lodo al determinar el volumen ocupado por los sólidos en una probeta de 1 litro durante un periodo específico, comúnmente 30 minutos. A partir de la concentración inicial del lodo, se realiza el cálculo del volumen ocupado de los sólidos en suspensión después de 30 minutos (Mañunga, 2020).

Para el tratamiento en el que la sedimentación sigue a la floculación el tiempo de floculación oscila entre 20 y 30 minutos. El rango de ILV menor a 80 ml/g se considera excelente para la compactación y sedimentación de los lodos, el rango de 80 – 150 ml/g se considera moderado y el rango mayor a 150 ml/g se considera pobre (Mackenzie, 2019).

2.1.6. Tamaño de partículas

Las partículas a menudo son demasiado pequeñas para sedimentar por sí solas, en el proceso de floculación, los flóculos continúan creciendo en tamaño a medida que las partículas se adhieren entre sí, favoreciendo la unión de las partículas para sí poder formar

flóculos más grandes y pesados. El tamaño de los flóculos es crucial para la velocidad de sedimentación, ya que flóculos más grandes tienden a sedimentar más rápido (Mackenzie, 2019).

Durante el proceso de coagulación y floculación, es necesario que las partículas presenten un diámetro inferior a una micra. Aquellas con diámetros que oscilan entre uno y cinco micras desempeñan la función de núcleos para la formación de flóculos, mientras que las partículas cuyo diámetro supera las cinco micras son consideradas grandes para realizar el proceso de floculación (Mackenzie, 2019).

2.1.7. La sedimentación

Para eliminar las partículas de aguas muy turbias, llamada presedimentación, o después de procesos de coagulación y floculación, que se denominada sedimentación convencional. En este proceso, las partículas suspendidas con mayor peso que el agua, son eliminadas por la acción de la gravedad. Durante la sedimentación, estas partículas se unen, aumentando progresivamente su masa y su velocidad de sedimentación. (Mackenzie, 2019).

2.1.8. Prueba de jarras

La selección cuidadosa de la coagulación y la dosificación precisa de reactivos en la etapa de clarificación en un laboratorio a escala se lleva a cabo mediante simulaciones. La prueba de jarras destaca como el método más efectivo para simular dicho proceso. Consiste en un conjunto de vasos de precipitación y paletas que posibilita la comparación de diversas combinaciones, todas sometidas a las condiciones hidráulicas similares. El propósito de determinar las concentraciones óptimas de floculante y coagulante necesarias para lograr una floculación con las características más favorables (Stuart, 2020).

2.1.9. Turbiedad

La presencia de material en suspensión como arcilla, limo, materia orgánica finamente dividida y otros. El material particulado en el agua se le conoce como turbidez. La unidad de medida es la unidad nefelométrica de turbidez (NTU). Esta determinado por referencia a una mezcla química que produce una refracción reproducible de la luz. Las turbiedades superiores a 5 NTU se pueden detectar fácilmente, detectables en un vaso de agua y suele ser desagradable a manera estética. Las arcillas u otras partículas inertes en suspensión por sí mismas no pueden afectar negativamente a la salud, pero el agua que las contenga las

partículas puede requerir tratamiento para que sean aptas para la desinfección. después de una lluvia, pueden producirse variaciones en la turbidez del agua.

2.1.9.1. Remoción de turbiedad

Al aplicar diferentes dosis de coagulante al agua, se representan distintas zonas de coagulación, como se muestra en la imagen siguiente (Cárdenas, 2017).

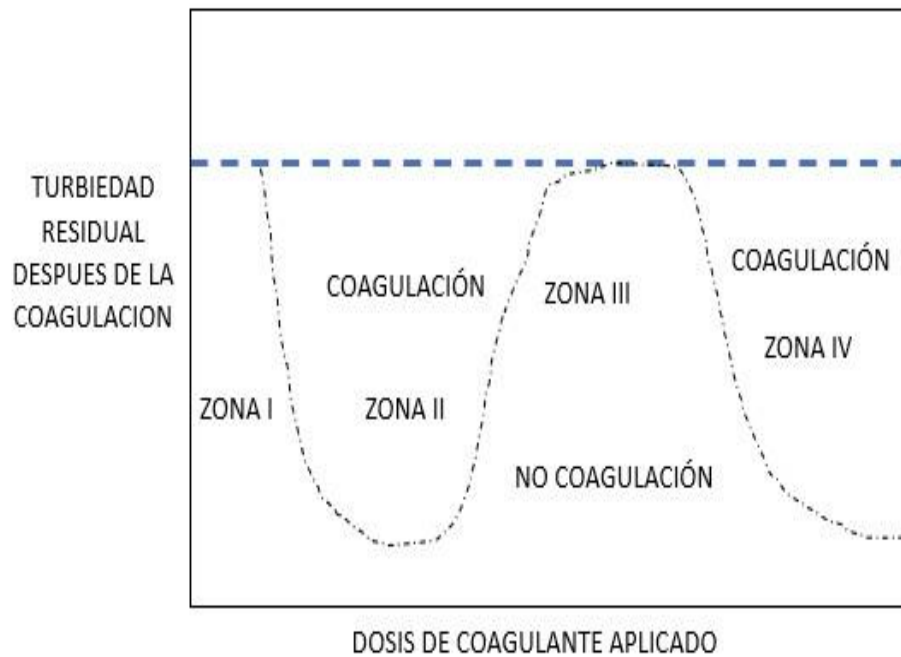


Figura 1. Esquema de la remoción de turbiedad

Fuente: Elaboración propia

Zona 1: La aplicación de coagulante en cantidad insuficiente no logra desestabilizar las partículas, resultando en la falta de coagulación.

Zona 2: A medida que la dosis de coagulante aumenta, se evidencia una rápida aglutinación de los coloides.

Zona 3: Con el continuo aumento de dosis, se alcanza un punto en el que la coagulación ya no es efectiva, ya que los coloides se reestabilizan.

Zona 4: Un aumento adicional en la dosis, llegando a la sobresaturación, provoca una precipitación rápida de los coagulantes. Este efecto de barrido arrastra consigo, durante su descenso, las partículas que contribuyen a la turbidez.

2.1.10. *Trimfetta rhomboidea* Jacq

Arbusto perenne de un solo tallo de hasta 2 m de altura y 3 cm de diámetro; tiene una corteza lisa de color marrón oscuro y un centro leñoso. Las hojas miden de 3 a 8 cm de largo y son de forma rombo u ovada. Sus flores crecen en las axilas de las hojas, tienen pétalos amarillos y de unos 5 mm de longitud. El fruto es esférico de 6 a 8 mm de diámetro, con numerosas espinas. Este arbusto es comúnmente conocido como árnica y se utiliza como ingrediente de bebidas refrescantes. Para la determinación taxonómica ver anexo B.

La clasificación taxonómica es:

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Subclase: Archyclamydeae

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Especie: *Trimfetta rhomboidea* Jacq

2.2. Estado del arte

2.2.1. Internacionales

Iván, M., et al. (2021), Realizó estudios de investigación de la eficiencia de linaza como coagulante en la clarificación del agua. Teniendo como objetivo general comprobar la efectividad de las semillas de linaza como coagulante – floculante natural en la clarificación de aguas con alta turbidez. Se emplearon muestras de agua obtenidas de la red local de distribución, las cuales se ajustaron a un rango de pH entre 3 y 4 unidades, con turbiedades de 180, 200, 220, 240 y 260 NTU. Estas muestras fueron sometidas a tratamientos con dosis que variaron de 30 mg/l a 150 mg/l, y se llevaron a cabo en pruebas de test de jarras y una sedimentación durante 30 minutos, también se evaluaron los parámetros físicos como pH y turbiedad. Se evaluaron antes y después de la filtración. Los resultados posteriores al tratamiento teniendo mayor eficiencia en la remoción de turbiedad fueron las dosis optimas de 30 mg/l y 60 mg/l, demostrando valores de turbiedad de 1,19 NTU a 2,99 NTU.

Ayat et al. (2023), En la investigación titulada Posibles hojas de plantas como coagulante-floculante verde sostenible para eliminación de turbidez. Se investigo el uso de las diferentes plantas iraquíes, para abordar la turbidez en agua sintética con caolín. Teniendo como objetivo determinar las mejores hojas entre estas plantas que pueden actuar

como floculantes verdes naturales eficaces para la eliminación de la turbidez. La recolección de hojas de las plantas, las cuales fueron lavadas con agua destilada. Posteriormente, se sometieron a un proceso de secado en un horno a una temperatura de 70°C durante un periodo de 2 días. Prosiguiendo fases de molienda y tamizado para obtener un polvo fino, para abordar la turbidez en el agua se usó con caolín. El experimento consistió en variar la masa de coagulante de 0 a 10.000 mg/L para cada planta, con una velocidad de mezcla rápida de 180 rpm durante 5 minutos, una velocidad de mezcla lenta a 50 rpm durante 15 minutos y un tiempo de sedimentación de 30 minutos. Los siete coagulantes verdes más efectivos resultaron ser *Albizia lebeck (L.)*, *Clerodendrum inerme* (10.000 mg/L), *Azadirachta indica*, *Conocarpus lancifolius*, *Phoenix dactylifera* (5.000 mg/L), *Dianthus caryophyllus* (3.000 mg/L) y *Nerium oleander* (1.000 mg/L). Estos lograron tasas de eliminación de turbidez del 39,3%, 51,9%, 67,2%, 75,5%, 51,0%, 52,6% y 57,2%, respectivamente.

Hansel et al. (2019), En su investigación denominado. Uso de las Cáscaras de Papa (*Solanum tuberosum L*) en la Clarificación del Agua de la Ciénaga de Malambo, se propuso como objetivo llevar a cabo una comparación entre proceso de clarificación utilizando un humedal natural, junto con el uso de sulfato de aluminio como coagulante y cáscara de papa (*Solanum tuberosum L*) como agente floculante. Para la obtener el agente floculante a partir de las cáscaras de papa, se realizaron procedimientos de lavado, secado, molienda, y tamizado del polvo resultante, en cual fue envasado herméticamente en un frasco cerrado. La investigación se llevó a cabo con una turbidez inicial de 59,60 NTU. Se encontró que la mayor remoción de este parámetro se logró con una dosis de 40 mg/l de sulfato de aluminio, alcanzando un 92,51% de eficiencia. Por otro lado, el coagulante natural de cáscara de papa demostró una remoción del 81,32% al emplear una dosis de 10 mg/L.

2.2.2. Nacionales

Hoyo (2021), Realizó un estudio titulado. Ensayo de coagulación – floculación con extracto de *Opuntia macbridei Britton & Rose* para mejorar la calidad de las aguas. El objetivo fue analizar la efectividad del mucílago en polvo de *Opuntia macbridei Britton* en la reducción de la turbidez del agua, determinando las dosis óptimas y analizando la turbidez, conductividad eléctrica del agua y variación de los parámetros de pH. El experimento se llevó a cabo mediante ensayos de test de jarras en laboratorio, utilizando un diseño de experimento aleatorio factorial con una matriz de 6 por 6. Cada factor fue evaluado con seis niveles distintos, los cuales abarcan diversas concentraciones de turbidez inicial (15, 50, 100, 200, 300 y 400 NTU) y dosis de agente de floculante (25, 50, 100, 200 y 250 mg/l). Las pruebas

incluyeron una mezcla rápida a 100 rpm durante un minuto bajo distintas condiciones, seguida de una mezcla lenta a 30 rpm, un tiempo de floculación de 30 minutos y una sedimentación de dos horas. Los resultados mostraron que para muestras con baja turbidez inicial para 15 NTU y 50 NTU, la dosis idela fue de 50 mg/l. Para turbidez inicial moderada de 100 NTU y 200 NTU, la dosis óptima se estableció en 100 mg/l, para una turbidez elevada de 300 NTU y 400 NTU, se recomendó una dosis de 150 mg/L. logrando una eficiencia de remoción de turbidez en el rango del 43,67% al 89,28%, y la turbidez residual varió e rango de 5,47 NTU y 19,94 NTU.

Según Diestra y Ramos (2019), Su investigación se centra en analizar el impacto de la concentración de *Aloe vera* (sábila) y tiempo de floculación en la eliminación de sólidos suspendidos y materia orgánica biodegradable presentes en las aguas residuales municipales sector Cerrillo, Santiago de Chuco. El objetivo primordial consiste en entender cómo la concentración del gel de *Aloe vera* (sábila) y el tiempo de floculación afectan la eficacia de remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica biodegradable en este tipo de aguas. Para la extracción del floculante, se separó el gel de la corteza de la planta, cortando en trozos pequeños para después secarlos, después fueron triturados hasta obtener el polvo. Los tratamientos se llevaron a cabo a niveles bajos (-) y altos (+) de concentración de gel de *Aloe vera* (Sábila) y tiempos de floculación, establecidos en 2000 ppm y 3000 ppm durante 20 y 25 minutos, respectivamente, según el diseño factorial. Los resultados más destacados en la remoción de turbidez, sólidos suspendidos totales (SST) y DBO5 se obtuvieron a 3000 ppm durante 25 minutos de floculación. Se logró una destacada eliminación del 88.49% de la turbidez (reduciendo de 293 NTU a 33,71 NTU), 87,64% de los sólidos suspendidos totales (disminuyendo de 291,3 mg/L a 36 mg/L) y 73,43% de la DBO5 (reduciendo de 278,5 mg/L a 73,9 mg/L). Estos resultados permitieron cumplir con los parámetros establecidos dentro de los límites máximos permisibles.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política y geográfica

Se realizó en La Universidad Nacional Agraria de la Selva, en el laboratorio de calidad de agua, que se encuentra en la ciudad de Tingo María, localizada en el distrito de Rupa-Rupa provincia de Leoncio Prado región de Huánuco.

Tabla 1. Ubicación geográfica del laboratorio de calidad de agua.

Ubicación	Coordenadas Geográficas UTM		Altitud (msnm)
	Este (X)	Sur (Y)	
Laboratorio de calidad de agua	390 548,5	8 970 343,6	647

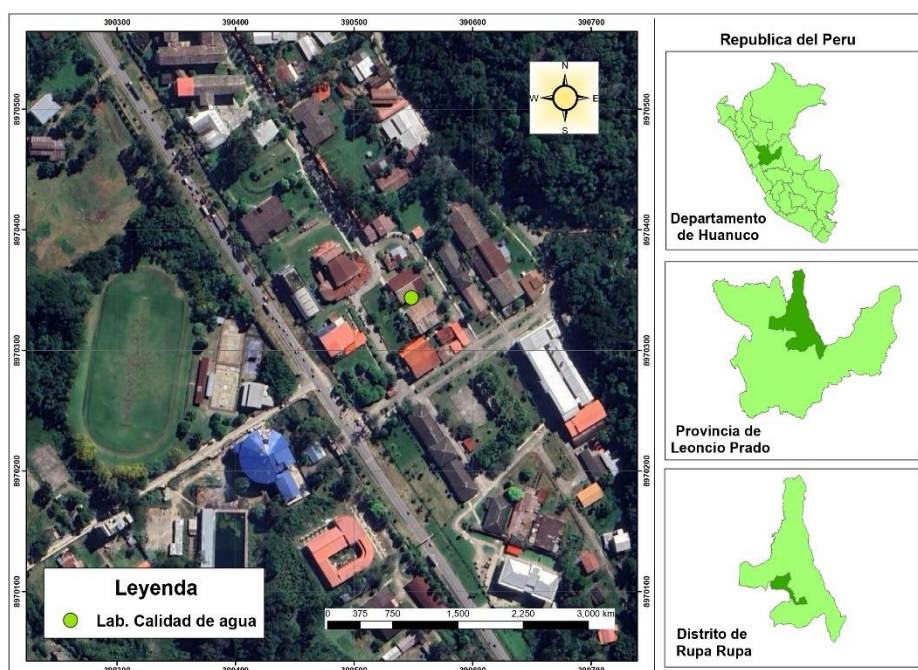


Figura 4. Ubicación del laboratorio de calidad de agua

3.1.2. Aspectos sociales y ambientales

-Clima

La temperatura promedio máxima es de 32°C y mínima de 19°C en la ciudad de Tingo María, con un cielo parcialmente nublado, un tiempo caluroso y se tiene una alta humedad. (SENAMHI, 2022).

-Zona de vida

El área habitable en la ciudad de Tingo María se ubica en la formación vegetal de bosque muy húmedo Pre-montano Subtropical (bum- PST), que corresponde a Rupa-Rupa o selva alta según el área natural de Perú (MPLP, 2016).

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

Fue necesario usar materiales como vasos precipitados de 1 000 ml, 500 ml y de 25 ml, vaso de plástico, matraz de 1 000 ml, embudo, tamiz 200 μm , varilla de vidrio, mortero, cono Imhoff de 1 L, placas de Petri, papel filtro de 150 μm , guantes látex, balde de 20 L. En equipos se utilizó la estufa eléctrica, test de jarras, turbidímetro, peachímetro, balanza electrónica y cronómetro. Como insumos se utilizaron *Trinfetta rhomboidea* Jacq, potasa cáustica y sulfato de aluminio.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Extracción del mucílago en polvo de *Trinfetta rhomboidea* Jacq como floculante.

- Recolección de la muestra de la planta de *Trinfetta rhomboidea* Jacq.

La recolección de la muestra se llevó a cabo en el distrito de Panao, de la provincia de Pachitea del departamento de Huánuco. El distrito de Panao tiene una superficie de 1580.86 km² con una altitud media de 2 560 m.s.n.m.

La muestra se recolectó en los siguientes puntos:

Tabla 2. Ubicación geográfica del distrito de Panao para la recolección de muestras.

Ubicación	Punto	Coordenadas Geográficas		Altitud (msnm)
		UTM		
		Este (x)	Sur (y)	
Distrito de Panao	P1	395 782,7	8 908 593,7	2 560
	P2	395 533,7	8 908 663,5	

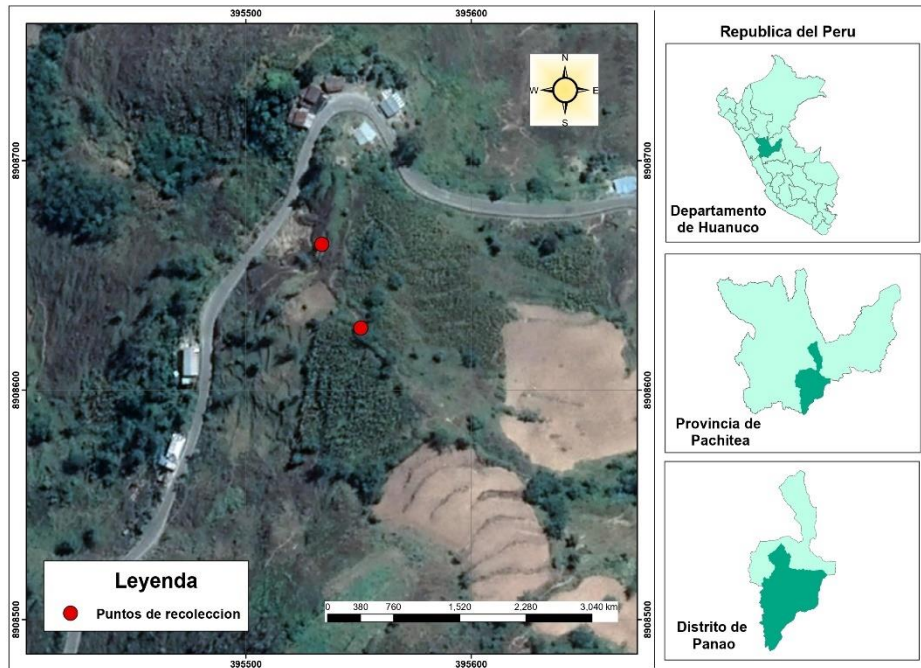


Figura 5. Ubicación de la recolección de muestras

- **Preparación del floculante**

Se limpió la muestra, sacando las hojas, las semillas y quitando la epidermis del tallo.

Se procedió extrayendo la corteza del tallo para así poder llevarlo a un secado en la estufa con una temperatura de 105° C durante 24 horas.

El floculante se obtuvo en polvo, para ello se cortó en pequeños y se molieron en un mortero. Luego se tamizó hasta obtener un polvo uniforme.

Para utilizar como floculante, se preparó una solución madre a una concentración de 1/10 g/ml. Se mezcló el polvo con agua a una temperatura ambiente 25°C.

- **Preparación del coagulante sulfato de aluminio y base**

Se preparó una solución de hidróxido de potasio (KOH), también conocido como potasa cáustica, para subir el pH y sulfato de aluminio, a una concentración madre de 5 000 ppm.

Con la muestra de agua que se trabajó, se corrigió el pH inicial utilizando la solución de base, elevándolo a 10 de pH. Luego se agregó el coagulante de sulfato de aluminio con una solución madre de 5000ppm, hasta bajar el pH a 6,9 – 7, que es el rango óptimo para la formación de hidróxidos metálicos hasta formar coágulos.

Para determinar la dosis del coagulante de sulfato de aluminio, se realizaron pruebas en un vaso precipitados, de acuerdo con el pH inicial y con la ayuda de la base, hasta llegar al pH de 10, para después agregar el sulfato de aluminio hasta llegar al pH de 6,9 – 7.

Se muestra en la siguiente tabla con las dosis de coagulante usados.

Tabla 3. Dosis de coagulante y base.

Turbiedad (NTU)	pH inicial	Potasa cáustica (ml)	Sulfato de aluminio (ml)	pH final
13,5	7,84	1,4	3,2	7,02
56,1	7,7	1,4	3,2	7,02
99,4	7,7	1,4	3,2	7,02
266	7,5	1,6	3	7,02

3.2.2.2. Determinación del nivel de turbiedad del agua para consumo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Se realizaron evaluaciones para medir los niveles de turbiedad cuando llueve, lo cual se llevó a cabo en los diferentes puntos de muestreo según se indica en la tabla 4. La evaluación de la muestra de agua se llevó a cabo durante las próximas 12 horas del evento ocurrido. Se utilizó el turbidímetro para registrar los datos de turbiedad.

- Recolección de la muestra de agua

Para la muestra de agua se recolectó en tres puntos dentro de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tabla 4. Coordenadas UTM de los puntos de muestreo.

Puntos de muestreo	Coordenadas Geográficas UTM		Altitud (msnm)
	Este (X)	Sur (Y)	
Comedor universitario	390 547	8 970 307,2	647
Residencia de damas	390 391.2	8 970 709,4	
Laboratorio de calidad de agua	390 548.5	8 970 343,6	

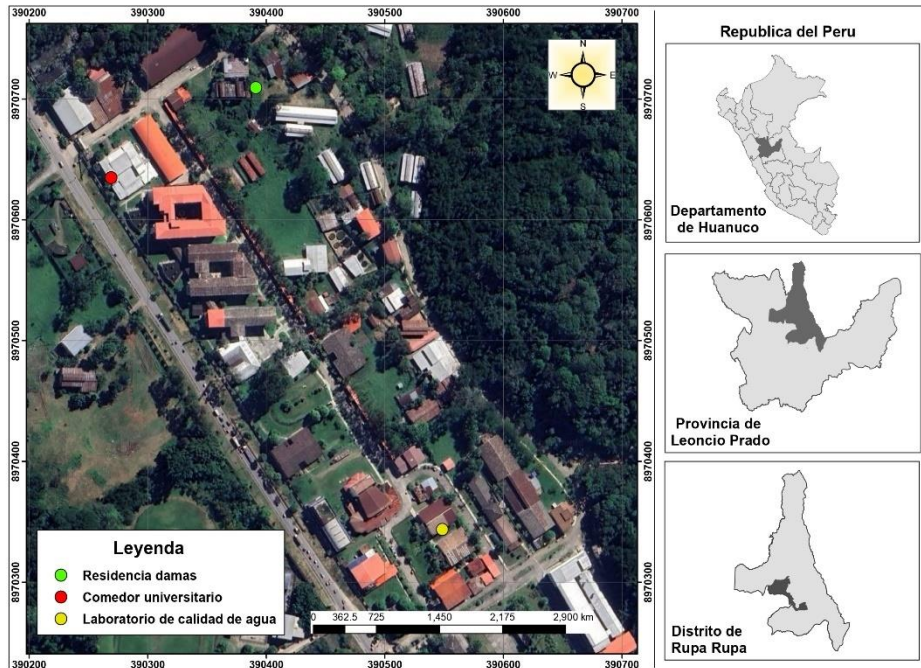


Figura 6. Ubicación de los puntos de muestreo

- **Toma de muestra de agua y transporte**

Se realizó un muestreo puntual, con una muestra de agua de 20 L. Para el transporte de la muestra de agua, se revisó el recipiente verificando que este correctamente tapado para evitar posibles derrames, se rotularon los recipientes seguidamente se llevaron al laboratorio de calidad de agua.

3.2.2.3. Evaluación de la eficiencia de remoción de turbiedad del agua mediante el proceso de coagulación floculación usando el mucílago de *Trimfetta rhomboidea* Jacq.

Con las dosis óptimas de coagulante y floculante, procedimos a evaluar el nivel de turbiedad final y el índice volumétrico de lodos.

- **Método de test de jarras**

Se determinó el nivel de remoción del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq en agua turbia mediante el método de test de jarras.

Se trabajó con 4 depósitos, cada uno llenado con 1 litro de agua correspondiente a la muestra. El primer depósito se utilizó como control de referencia en comparación con los otros 3, lo que nos permitió regular el pH y la turbidez de acuerdo con cada dosificación del coagulante y floculante.

Se adicionó el coagulante y floculante con las dosis mencionadas en la tabla 7.

Se colocaron los depósitos dentro de las paletas de agitación para ser operado durante 15 minutos a una velocidad de 80rpm. Se programó una alarma cada 5 minutos, pasado los 10 minutos se procedió a agregar la dosis del floculante.

Ya pasada los 15 minutos se observó que la formación de flóculos se produjo instantáneamente.

Se midió la turbiedad y pH final



Figura 7. Test de jarras

- **Método de IVL**

Después del test de jarras, vertimos la muestra de agua en el cono Imhoff, agitando el agua con una varilla de vidrio recorriendo la pared del cono.

Se puso un cronómetro durante 30 minutos para permitir la sedimentación, pasando el tiempo se registraron los valores del índice volumétrico de lodo, turbiedad y el pH.

Luego procedimos a filtrar la muestra de agua con la ayuda del papel filtro, el embudo y el matraz. Cuando ya termino de filtrar, colocamos el papel filtro en unas placas de Petri para posteriormente colocarlo en la estufa a 105°C durante las próximas 24 horas.

Pasada las 24 horas se registró el peso de lodos.

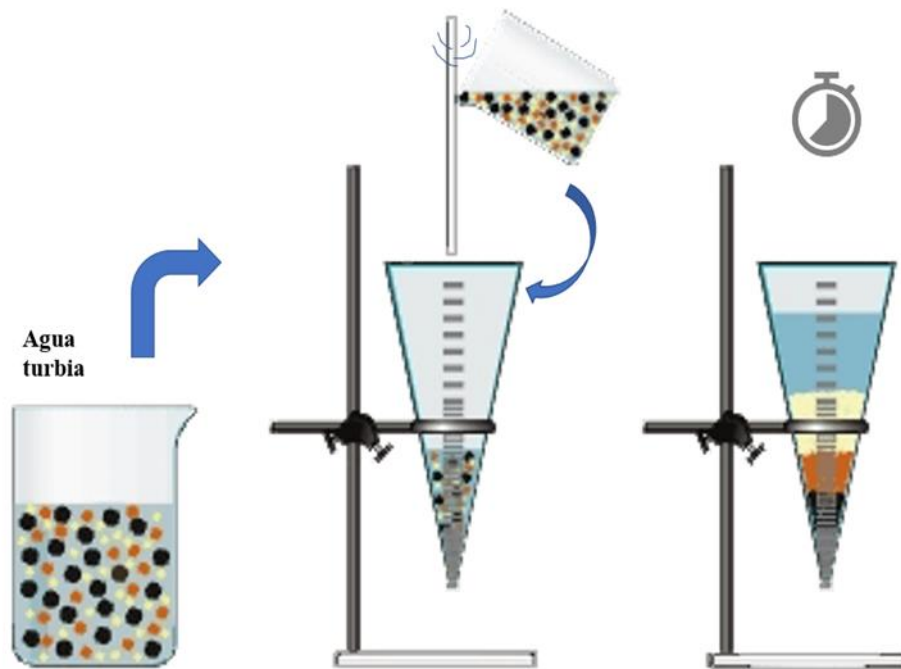


Figura 8. Esquema experimental de la sedimentación de lodos.

- **Eficiencia de remoción**

Se calculó se acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Eficiencia = \left(\frac{T_0 - T_F}{T_0} \right) \times 100\% \quad \text{Ecuac. (1)}$$

Donde:

T0: Turbiedad inicial

TF: Turbiedad final (después del proceso de coagulación floculación)

- **Índice volumétrico de lodos**

Se uso la siguiente formula

$$IVL = \left(\frac{VF_{30}}{X} \right) \quad \text{Ecuac. (2)}$$

Donde:

VF30: Volumen ocupado en 30 minutos de sedimentación

X: Concentración de fango (g/l)

3.3. Características de la tesis

Enfoque de la investigación: De acuerdo con los indicadores considerados en el estudio, está dentro del enfoque cuantitativo, ya que se cuantificarán las dosis óptimas del floculante de *Trinfetta rhomboidea* Jacq en la remoción de turbiedad del agua. (Arias, 2021).

Tipo de investigación: Corresponde a un estudio aplicativo, la investigación aplicada emplea los conocimientos prácticos para resolver problemas. Este enfoque se centra en la aplicación de los conocimientos adquiridos, apoyándose en los resultados de la investigación básica. Aunque requiere un sólido marco teórico, su principal interés son las consecuencias prácticas. En este caso específico se utiliza la investigación aplicada para abordar el problema de la remoción de turbiedad del agua con el floculante de *Trinfetta rhomboidea* Jacq. (Toscano, 2018).

Nivel de investigación: El nivel de la investigación será explicativo, debido a que se va a establecer la dosis óptima de remoción en la turbiedad del agua con el floculante de *Trinfetta rhomboidea* Jacq. (Toscano, 2018).

Tipo de diseño: La investigación será de tipo experimental, debidos a que se manipulará las dosis de coagulante y floculante con las diferentes repeticiones (Toscano, 2018).

Método de investigación: La investigación será del método deductivo, ya que se va a extraer conclusiones de la remoción de la turbiedad con la adición del floculante a partir de una serie de principios (Arias, 2021).

3.3.1. Variables

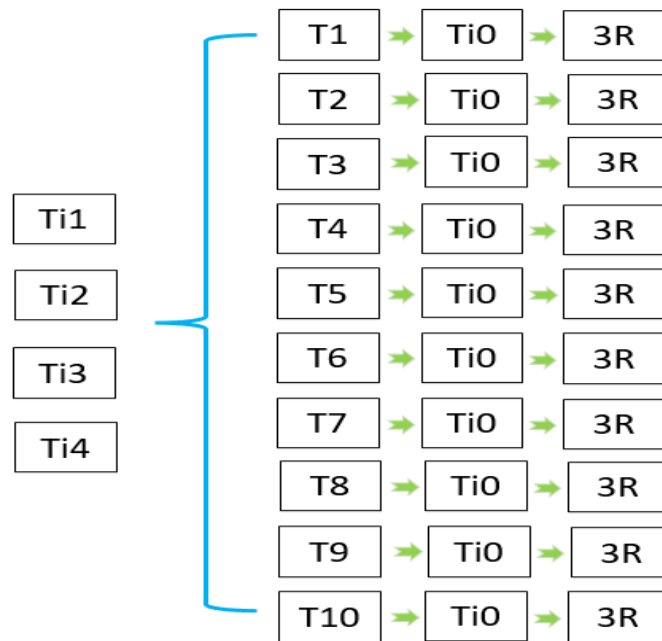
- Variable independiente
Mucílago de *Trinfetta rhomboidea* Jacq.
- Variable dependiente
Turbiedad del agua.

Tabla 5. Variables e indicadores de estudio.

Variables	Indicador	Unidad de medida
Independiente		
Mucílago de <i>Trinfetta rhomboidea</i> Jacq.	Dosis de floculante	mg/L
Dependiente		
Turbiedad del agua.	Turbidez	NTU

3.3.2. Diseño de la investigación

La investigación se llevó a cabo utilizando un diseño comprendía 10 tratamientos, con 3 repeticiones.



[Ti1, Ti2, Ti3, Ti4]: turbiedades iniciales; [T0]: testigo; [T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10]: dosis de floculante; [3R]; tres repeticiones.

Figura 9. Diseño de la investigación.

3.3.3. Diseño estadístico.

Se aplicó el diseño factorial de bloques en la investigación, el cual desempeña un papel fundamental en la investigación experimental. Este diseño permite explorar el impacto de diferentes factores en una o más respuestas, particularmente cuando hay interés en todos los factores. Un objetivo clave de estos diseños es encontrar una combinación óptima de niveles de factores que maximice el rendimiento del proceso. Estos factores pueden ser tanto cualitativos, como temperatura, humedad, velocidad, presión entre otras. Para analizar como cada factor influye en la variable de respuesta, es crucial seleccionar al menos dos niveles de prueba para cada uno. En un diseño factorial completo, se prueban de manera aleatoria todas las combinaciones posibles formadas por los niveles de los factores de estudio.

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{Ecuac. (3)}$$

Para $i = 1, \dots, a, j = 1, \dots, b, k = 1, \dots, n$

Donde:

- μ es el efecto medio global.
- α_i es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del factor A.
- β_j el efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del factor B.
- $(\alpha\beta)_{ij}$ el efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel i del factor A y el nivel j del factor B.
- ϵ_{ijk} el término de error.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN





4.1. Extracción el mucílago en polvo de *Trimfetta rhomboidea* Jacq como floculante.

La obtención del floculante se llevó a cabo a partir de la corteza pulverizada de *Trimfetta rhomboidea* Jacq en su estado sólido, la elección de obtener productos en estado sólido ofrece la ventaja de prolongar la vida útil, lo que permite su almacenamiento. Este enfoque resulta beneficioso para su conservación a lo largo del tiempo.

Para activar el mucílago del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq se agregó agua a una temperatura ambiente de 25°C, la temperatura debe estar en rango de 23°C a 31°C. Este rango de temperatura es óptimo para inducir la activación eficiente del mucílago, garantizado que se logre la consistencia y las propiedades deseadas para su aplicación.

Ayat, Asia y Iarra (2023). En el transcurso de la investigación, se extrajo un floculante en forma de polvo a partir de diversas plantas (*Bougainvillea glabra*, *Phoenix dactylifera*, *Aloe barbadensis*, *Moringa oleífera*, *Nerium oleander*, *Clerodendrum inerme*, a 1 000 mg/L, *Dianthus caryophyllus*, *Azadicarachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis*). El proceso inició con la recolección de hojas, las cuales fueron posteriormente lavadas con agua destilada. Posteriormente, se sometieron a un proceso de secado en un horno a una temperatura de 70°C durante un periodo de 2 días, seguido de fases de molienda y tamizado para obtener un polvo fino.

Tabla 6. Floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq.

Biomasa	Materia prima	Floculante obtenido
<i>Trimfetta rhomboidea</i> Jacq		
		

Se aplicaron las siguientes dosis del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq, de 0.1 mg/l, 0,2 mg/l, 0,5 mg/l, 0,6 mg/l, 0,7 mg/l, 0,8 mg/l, 0,9 mg/l, 1 mg/l y 1,5 mg/l en diferentes niveles de turbiedad registrados en las muestras de agua de los sitios estudiados se detalla en la tabla 7 y 8. Al aplicar dosis de floculante variables en función de la turbidez del agua, se busca maximizar la eficiencia por cada tratamiento, asegurando una remoción de turbiedad eficiente.

Tabla 7. Dosis de floculante usada para cada nivel de turbiedad de agua.

Turbiedades iniciales (NTU)		Tratamientos dosis de floculante (mg/L)	
		T1	0,1
		T2	0,2
		T3	0,3
Ti1	13,5	T4	0,5
Ti2	56,1	T5	0,6
Ti3	92,4	T6	0,7
Ti4	266	T7	0,8
		T8	0,9
		T9	1,0
		T10	1,5

Ti: Turbiedad inicial; T: Tratamiento.

4.2. Determinación del nivel turbiedad del agua de consumo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Se realizó análisis de turbiedad en diferentes días de lluvia, seleccionando aquellos con los niveles más elevados de turbiedad según lo registrado. En el comedor universitario, el 12 de mayo se registró una turbiedad de 13,5 NTU; en la residencia de damas, el 19 de mayo se registró una turbiedad de 56,1 NTU; y en el laboratorio de calidad de agua, el 25 de mayo se registró una turbiedad de 92,4 NTU, el 13 de junio se registró una turbiedad de 266 NTU. La atención se centra en los niveles más altos de turbiedad en cada lugar de muestreo, se busca comprender y abordar los desafíos asociados con condiciones meteorológicas que pueden tener un impacto significativo en la calidad del agua.

Tabla 8. Niveles de turbiedad en los diferentes puntos.

Puntos de muestreo	Nivel de turbiedad (NTU)	
	Con lluvia	Fecha
Comedor universitario	12	18/04/2023
	13,5	12/05/2023
	11	05/06/2023
	13,2	05/06/2023
	6,76	05/07/2023
	8	13/06/2023
Residencia de damas	56,1	19/05/2023
	30	16/06/2023
	35	13/06/2023
	37	05/06/2023
	40	21/06/2023
	15	18/04/2023
Laboratorio de calidad de agua	94	05/06/2023
	92,4	25/05/2023
	266	04/05/2023
	90	13/06/2023
	93	03/07/2023
	83	18/04/2023

En la tabla 9 de acuerdo con el análisis estadístico, se observan diferentes niveles de turbiedad. En el comedor universitario, se registró una media de 10,74 NTU y un CV de 25,89%, lo que indica niveles relativamente bajos y una variabilidad moderada. En la residencia de damas, con una media de 35,52 NTU y un CV de 37,72%, lo que representa niveles medios con una desviación estándar significativa y el laboratorio de calidad de agua, se registra una media de 119,73 NTU y un CV de 59,94% exhibiendo los niveles más altos y la mayor variabilidad.

En el comedor universitario, se observó una menor turbiedad en comparación con otras áreas. Este fenómeno puede atribuirse a la presencia de tanques para el almacenamiento de agua y un sistema de filtración implementando en el lugar. A pesar de estas medidas, durante los días lluviosos, la turbiedad aun supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, dentro de la categoría 1: población y recreacional, subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, establecidos para la turbiedad, que es de 5 NTU.

Tabla 9. Estadístico descriptivo para el nivel de turbiedad para cada punto de muestreo.

Lugar	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo	CV (%)
Comedor universitario	6	10,74	2,78	1,14	6,76	13,50	25,89
Residencia de damas	6	35,52	13,40	5,47	15,00	56,10	37,72
Laboratorio de calidad de agua	6	119,73	71,77	29,30	83,00	266,00	59,94
Total	18	55,33	62,24	14,67	6,76	266,00	112,49

N: Unidades experimentales; CV: Coeficiente de variación.

En la tabla 10, indican que los lugares estudiados tienen diferencias estadísticas significativas en la variable analizada. Por lo tanto, los 3 lugares estudiados no son iguales.

Tabla 10. Análisis de varianza resumida para el nivel de turbiedad en los puntos de muestro.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Lugares	39 169,970	2	19 584,985	11,008	<0,001*
Error aleatorio	26 687,614	15	1 779,174		
Total	65 857,584	17			

GL: Grados de libertad; *: Significativo al 99 %

En la tabla 11, en relación con la turbiedad, se observa que el comedor universitario y la residencia de damas no muestran diferencias estadísticas entre sí. Sin embargo, el Laboratorio de Calidad de Agua muestra una turbiedad significativamente mayor en comparación con el Comedor Universitario y la Residencia de Damas.

Tabla 11. Comparación de niveles de turbiedad de cada punto de muestreo.

Lugares	Repeticiones	Turbiedad (NTU)	Significancia.
Comedor universitario	6	10,74	A
Residencia de damas	6	35,52	A
Laboratorio de calidad de agua	6	119,73	B

Letras diferentes señalan significancia estadística ($p < 0,05$).

En la figura 10 presenta los niveles de turbiedad en los 3 lugares examinados. Podemos observar que el agua con la menor turbiedad se encuentra en el comedor universitario, seguido por la residencia de damas. Sin embargo, el laboratorio de calidad de agua registra una turbiedad más elevada. Estos resultados sugieren que, durante épocas de lluvia, el sistema de abastecimiento de agua no está funcionando de manera óptima, ya que está ingresando agua turbia. En particular, se destaca la importancia de implementar sistemas de tratamiento de aguas adecuados especialmente en entornos como laboratorio, donde la pureza del agua es esencial.

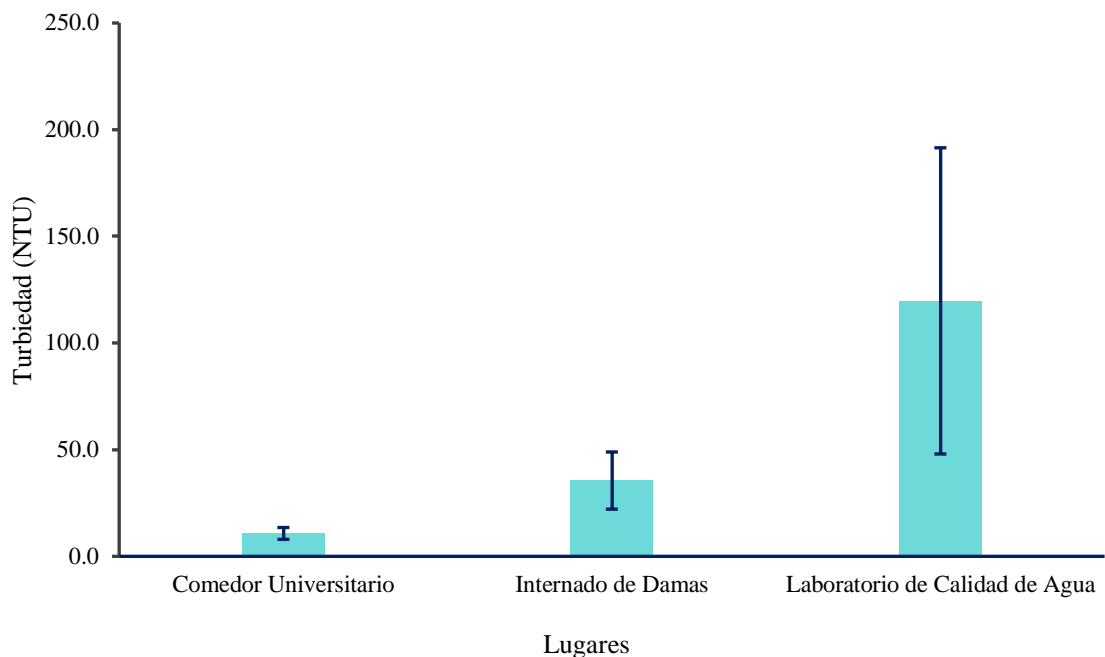


Figura 10. Niveles de turbiedad.

4.3. Evaluación la eficiencia de remoción de turbiedad de agua mediante el proceso de coagulación floculación usando el mucílago de *Trimfetta rhomboidea* Jacq.

4.3.1. Eficiencia de remoción de turbiedad

Se observa en la tabla 12, que el P valor es menor que el nivel de significancia, lo que indica que existe evidencia suficiente para demostrar que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. Para corroborar que los tratamientos son diferentes se realizó una prueba Tukey.

Tabla 12. Análisis de varianza resumida de la eficiencia de remoción.

Fuentes de variación	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	11 074,31	3	3 691,44	86,75	<0,0001*
Tratamiento	5 638,63	10	5 63,86	13,25	<0,0001*
Error	5 021,39	118	42,55		
Total	21 734,33	131			

*: Significativo al 99 %

En la tabla 13, se observa las 33 unidades experimentales analizadas por cada bloque. El Ti1 presenta una media de 73,17% de eficiencia, Ti2 con una media de 87,71% de eficiencia, mostrando diferencias estadísticas entre los bloques. Para Ti3 con una media de 95,35% de eficiencia y para Ti4 con 95,85% no existiendo diferencias estadísticas entre estos dos bloques.

Tabla 13. Prueba de Tukey para turbiedades iniciales.

Bloque	Medias	n	E. E	Significancia
Ti1	73,17	33	1,14	C
Ti2	87,71	33	1,14	B
Ti3	95,35	33	1,14	A
Ti4	95,85	33	1,14	A

N: Unidades experimentales; Letras diferentes señalan significancia estadística ($p < 0,05$)

Según Hoyo (2021), Se detalla los resultados al aplicar extracto de floculante de *Opuntia macbridei* preparada en mucílago en seco, para turbidez y la eficiencia de remoción de turbidez, las cuales muestran, Para una muestra de turbiedad inicial de 15 NTU, la dosis óptima del floculante es de 50 mg/l, y 43, 67% de eficiencia en la remoción de turbiedad y una turbidez residual de 5,47 NTU. Para una turbiedad inicial de 50 NTU, la dosis óptima del floculante es de 50 mg/l. obteniendo un 80,60% de eficiencia. Para una turbiedad inicial 100 NTU, con una dosis del floculante de 100 mg/l, se logró una eficiencia de remoción de 84,44%, con una reducción de turbidez 8,24 NTU. Para una muestra de turbiedad inicial de 200 NTU, la dosis de 100 mg/l como dosis óptima logrando una eficiencia de remoción de turbidez nuestros de 89,28%, y una turbidez residual de 9,95 NTU, donde todos los tratamientos sobrepasaron los ECA para la turbiedad que es hasta 5 NTU.

En este sentido nuestros resultados obtenidos son: para una turbiedad de 13.5 NTU con una dosis óptima de 0,6 mg/l se tiene una eficiencia del 73,17% y una turbiedad

final de 3,65 NTU. Para una turbiedad de 56,1 NTU con una dosis óptima 0,6 mg/l. muestra una eficiencia de 87.71% y una turbiedad final de 2,81 NTU. Para una turbiedad de 92,4 NTU, con una dosis óptima de 0,6 mg/l destaca una eficiencia de 95,35%, con una turbiedad final de 1,27 NTU y para una turbiedad de 266 NTU se obtuvo una eficiencia al 95,85%, con una dosis 1mg/l obteniendo una turbiedad final 2.41 NTU. Demostrando que el floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq. es más eficiente que el floculante de *Opuntia macbridei*. También desataca su reducido uso del mucílago como floculante, obteniendo mayor eficiencia en la remoción de turbiedad encontrándose dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua en consumo humano.

Iván (2021), Señala que la linaza como coagulante – floculante natural en la eficiencia de la clarificación del agua en diferentes turbiedades. Para una turbiedad inicial de 180 NTU, se encontró que la dosis óptima fue de 60 mg/l, logra una remoción de turbidez de 89,98%. Para una turbidez inicial de 200 UNT, se encontró que la dosis óptima es de 60 mg/l, logrando una remoción de turbidez del 95,25%. Para una turbidez inicial de 220 NTU, se encontró que la dosis óptima es de 60 mg/l, logrando una remoción del 95,05%. Para una turbidez de 240 NTU, la dosis óptima fue de 30 mg/l, teniendo una remoción de 91,91% y para una turbiedad de 260 NTU, la dosis óptima de 30 mg/l, logrando una remoción de 99,30%. en todos los niveles de turbiedad se obtuvieron valores inferiores a 5 NTU. Respecto al floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq se tiene datos parecidos en la eficiencia de remoción de turbiedad Teniendo hasta el 95,85% de eficiencia con una dosis óptima de 0,6 mg/l y una turbiedad final de hasta 1,27 NTU estando dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Pero el floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq continúa destacándose por su uso de menor dosis.

En la tabla 14 se detalla los tratamientos y su eficiencia. El tratamiento T0, que es el testigo, tiene una media de eficiencia de 70.61%, presentando la mayor diferencia estadística entre los tratamientos. El tratamiento T10, con una dosis de 1,5 mg/l del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq, tiene una media de eficiencia del 83,39%. El tratamiento T1, con una dosis de 0,1 mg/l del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq tiene una media de eficiencia del 84,04%. El tratamiento T2, con una dosis de 0,2 mg/l del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq tiene una media de eficiencia del 86,3%. El tratamiento T3, con una dosis de 0,3 mg/l del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq tiene una media de eficiencia del 89,2%. El tratamiento T4, con una dosis de 0,5 mg/l del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq tiene una media de eficiencia del 90,07%. El tratamiento T9, con una dosis de 1 mg/l del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq tiene una media de eficiencia del 92,59%. El tratamiento T8, con

una dosis de 0,9 mg/l del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq tiene una media de eficiencia del 92,59%. El tratamiento T5, con una dosis de 0,6 mg/l del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq tiene una media de eficiencia del 92,99%. El tratamiento T7 con una dosis de 0,8 mg/l del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq tiene una media de eficiencia del 93,3% y el tratamiento T6, con una dosis de 0,7 mg/l del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq tiene una media de eficiencia del 93,3%. Se destaca el tratamiento T6 por presentar una mayor eficiencia de remoción de turbiedad respecto a los otros tratamientos.

Tabla 14. Prueba de Tukey para tratamiento.

Tratamiento	Medias	n	E. E	Significancia
T0	70,61	11	1,88	D
T10	83,39	11	1,88	C
T1	84,04	11	1,88	C B
T2	86,3	11	1,88	C B
T3	89,2	11	1,88	C B A
T4	90,07	11	1,88	C B A
T9	92,59	11	1,88	B A
T8	92,59	11	1,88	B A
T5	92,99	11	1,88	A
T7	93,16	11	1,88	A
T6	93,3	11	1,88	A

N: Unidades experimentales; Letras diferentes señalan significancia estadística ($p < 0,05$)

Ayat, Asia y Iarra (2023), Menciona que se extrajo floculante en polvo de las hojas de diversas plantas. La concentración de *Aloe barbadensis* fue de 500 mg/L, logrando una eficiencia del 61,4% en la eliminación de turbidez. *Azadirachta indica*, con una concentración de 5 000 mg/L, alcanzó una eficiencia del 67,2%. *Bougainvillea glabra* logró una eficiencia del 32,47% con una concentración de 3 000 mg/L. *Clerodendrum inerme*, a 1 000 mg/L, mostró una eficiencia del 47,6%. *Dianthus caryophyllus*, a 3 000 mg/L, logró una eficiencia del 52,6%. *Eucalyptus camaldulensis*, a 500 mg/L, alcanzó una eficiencia del 53,1%. *Moringa oleifera*, a 500 mg/L, logró una eficiencia del 33,2%. *Nerium oleander*, a 1 000 mg/L, alcanzó una eficiencia del 57,2%. *Phoenix dactylifera*, a 5 000 mg/L, logró una eficiencia del 51,1%. En el análisis de cada tratamiento con el floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq, se observó que, a una concentración de 0,6 mg/L, logró una eficiencia del 93,3%, destacando su menor dosis en comparación con los floculantes de las otras plantas.

Según Diestra, F. & Ramos, I., (2019), En su investigación trabajo con el floculante a partir de *Aloe vera* (Sábila) en aguas residuales con una turbiedad inicial de 293 NTU, teniendo como dosis óptima a una concentración de 3 000 mg/L teniendo una eficiencia del 88.49% de remoción de turbiedad reduciendo el valor de turbidez a 33,71 NTU, resaltando que el tiempo óptimo de floculación considerado en esta investigación fue de 25 min. En comparación con los resultados obtenidos por el floculante a partir de *Trimfetta rhomboidea* Jacq con un tiempo de floculación de 30 min, observamos que la dosis requerida para obtener una mayor eficiencia de remoción para valores de turbidez dentro de un rango de 13,5 NTU, 50 NTU, 92,4 NTU y 266 NTU es de 0,6 mg/L, destacando una eficiencia de remoción de turbidez de 93,3 %.

Hansel et al, (2019), llevaron a cabo una investigación centrada en la clarificación de agua del rio Ciegana Malambro, utilizando la cáscara de papa (*Solanum tuberosum L*) como floculante y el sulfato de aluminio como coagulante. Para una turbidez inicial de 59,60 NTU, el floculante natural de la casaca de papa demostró una eficiencia del 81,32% con una dosis óptima de 10 mg/l. el sulfato de aluminio aplicado una dosis de 40mg/l, exhibió una eficiencia alcanzando el 92,51%. Los resultados obtenidos para el floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq, en turbiedades iniciales de 13,5 NTU, 56,1 NTU, 92,4 NTU Y 266 NTU, una dosis óptima de 0,6 mg/l (T6) produjo una eficiencia de 93,3%. En comparación con el testigo (T0) con el sulfato de aluminio, presento una eficiencia del 70,61%.

Se destaca la eficiencia de los floculantes naturales, el *Trimfetta rhomboidea* Jacq mostrando un rendimiento particularmente notable en la eficiencia. Sin embargo, es importante destacar que el uso exclusivo de sulfato de aluminio también demuestra eficacia. La utilización de floculantes naturales aporta beneficios significativos en el impacto ambiental, al generar menos residuos tóxicos minimiza su impacto en los ecosistemas acuáticos. Además, promueven prácticas de tratamiento de agua más sostenibles y amigables con el medio ambiente. Desde el punto de vista de la salud, el empleo de floculantes naturales se destaca por ser menos perjudiciales para los seres humanos, una consideración fundamental dado que el agua es un componente esencial, este aspecto contribuye a la seguridad y calidad del agua tratada, haciendo que los floculantes naturales sean una opción preferida en comparación con las opciones químicas convencionales.

En la figura 11 y 12 se puede observar que a medida que se aumenta la dosis del floculante, no se observa un aumento proporcional en la eficiencia; de hecho, se aprecia que la eficiencia disminuye. Esto nos dice que el uso de unas dosis más altas del

floculante no garantiza una mayor eficiencia, sino que, contrariamente resulta una disminución de la eficacia del proceso de floculación. Este patrón nos destaca la importancia de una cuidadosa optimización de las dosis del floculante para lograr la máxima eficiencia del tratamiento.

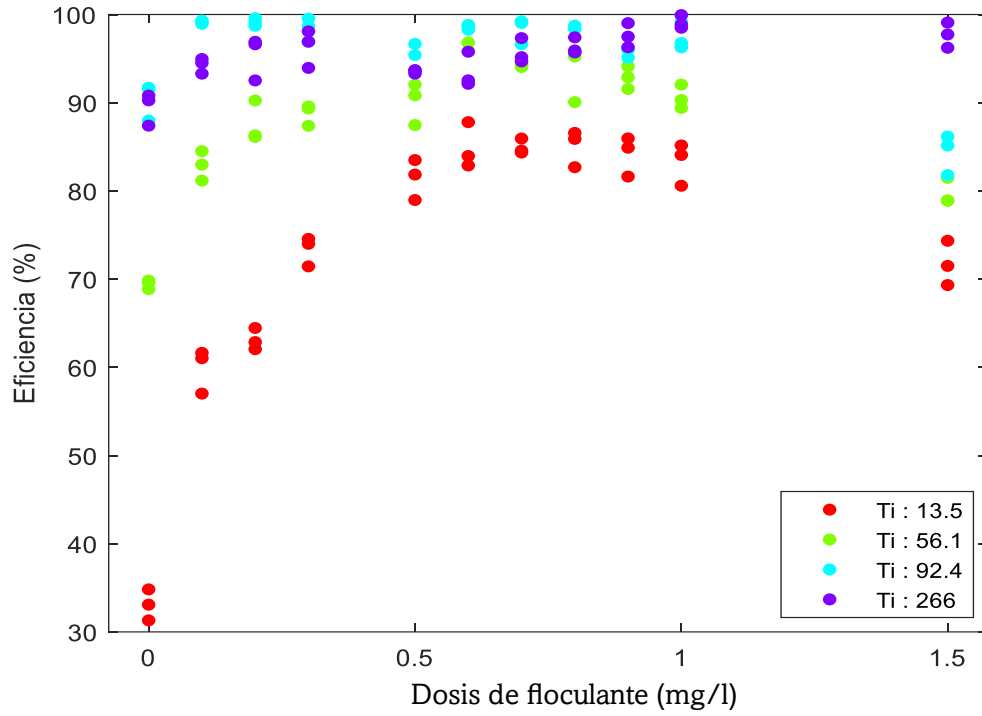


Figura 11. Eficiencia de remoción de turbiedad con las diferentes dosis de floculante.

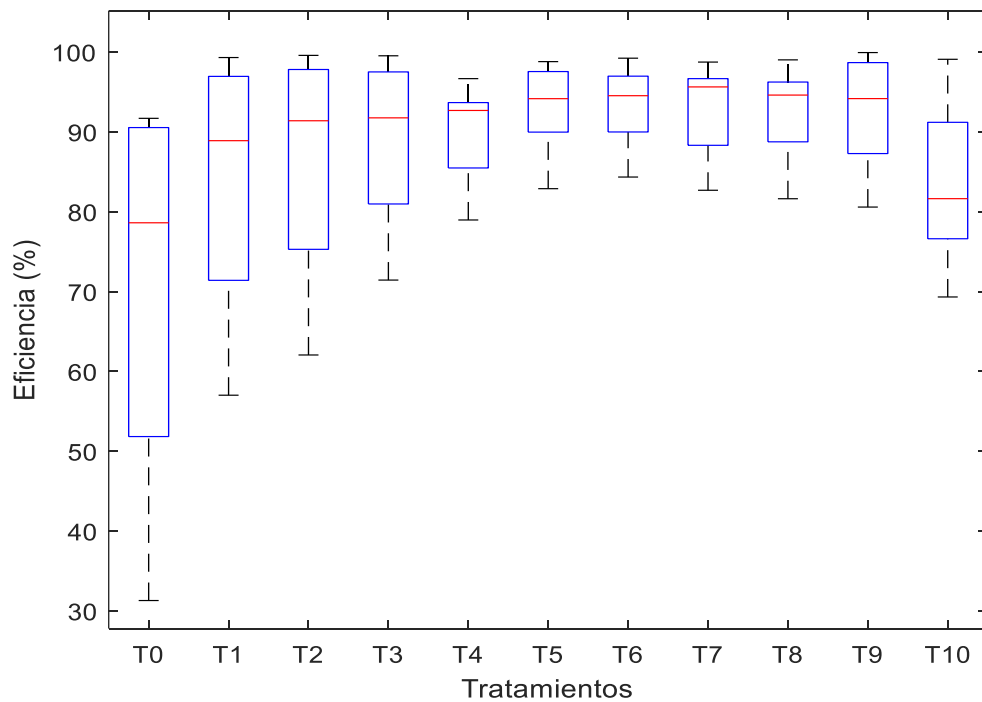


Figura 12. Eficiencia de remoción de turbiedad con los diferentes tratamientos.

4.3.2. Índice volumétrico de lodos ILV

En resumen, la tabla 15 indica que el P valor es inferior al nivel de significancia, tanto en los bloques como los tratamientos existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Para respaldar esto se llevó un análisis adicional mediante la prueba Tukey.

Tabla 15. Análisis de varianza para el IVL.

Fuentes de variación	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	214 126,39	3	71 375,5	390,23	<0,0001*
Tratamiento	27 954,76	10	2 795,48	15,28	<0,0001*
Error	21 583,93	118	182,91		
Total	263 664,08	131			

*: Significativo al 99 %

En la tabla 16, se presenta el análisis realizado por bloques en las 33 unidades experimentales respecto a las turbiedades iniciales, Ti1 muestra una media de 47.67 ml/g, Ti2 muestra una media de 60,10 ml/g, T3 con una media de 74,96 ml/g y para Ti4 con una media de 151,23 ml/g. Todos los bloques analizados muestran una diferencia significativa entre sí.

Tabla 16. Prueba de Tukey para turbiedades iniciales.

Bloque	Medias	n	E. E	Significancia
Ti1	47,67	33	2,35	A
Ti2	60,18	33	2,35	B
Ti3	74,96	33	2,35	C
Ti4	151,23	33	2,35	D

N: Unidades experimentales; Letras diferentes señalan significancia estadística ($p < 0,05$)

Mackenzie, (2019). Menciona que el rango de ILV menor a 80 ml/g se considera excelente para la compactación y sedimentación de los lodos, el rango de 80 – 150 ml/g se considera moderado y el rango mayor a 150 ml/g se considera pobre. En este contexto, los resultados obtenidos al analizar los niveles de turbiedad iniciales, como Ti1 con 47,67 ml/g, Ti2 con 60,10 ml/g y Ti3 con 74,96 ml/g. se destacan con un rango calificado de excelente. Sin embargo. para Ti4 con 151,23 mg/l, se observan resultados menos favorables clasificándose en el rango denominado pobre. Esto significa que los lodos tienen una baja capacidad de

sedimentación, lo cual afecta negativamente la eficiencia del proceso de tratamiento, indicando que requiere ajustes en las condiciones de operación.

En la tabla 17 se observa que T10, T9, T7, T8 Y T6, se destacan. En particular, T7 Y T8 no tienen diferencias significativas en los tratamientos para el índice volumétrico de lodos. T5 y T4 tampoco evidencian diferencias significativas entre ellas. Sin embargo, los demás tratamientos muestran diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 17. Tukey para cada tratamiento.

Tratamiento	Medias	n	E. E	Significancia
T10	57,43	11	3,9	A
T9	71,15	11	3,9	A B
T7	73,46	11	3,9	A B C
T8	75,46	11	3,9	A B C
T6	77,59	11	3,9	B C
T5	81,24	11	3,9	B C D
T4	82,24	11	3,9	B C D
T3	90,26	11	3,9	C D E
T2	98,9	11	3,9	D E F
T0	100,62	11	3,9	E F
T1	110,23	11	3,9	F

N: Unidades experimentales; Letras diferentes señalan significancia estadística ($p < 0,05$)

En la tabla 17 representa un análisis detallado de cada tratamiento con las diferentes dosis del floculante, revelando los siguientes resultados. El tratamiento T10, con una dosis de 1,5 mg/l del floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq muestra un valor de 57,43 ml/g de Índice Volumétrico de Lodos (IVL). En ese caso T9, con una dosis de floculante de 1 mg/l, se registra un valor de 71,15 ml/g de IVL. Por su parte T7, con una dosis de floculante de 0,8 mg/l, presenta un valor de 73,46 ml/g de IVL. Para T8, con una dosis de floculante de 0,9 mg/l, obtiene un valor de 75,46 ml/g de IVL y para T6, con una dosis de floculante de 0,7 mg/l, se alcanza un valor de 77,59 ml/g de IVL. Estos tratamientos, con las dosis de floculante respectivas se encuentran dentro del rango considerado como excelente.

Por otro lado, los tratamientos T5, T4, T3, T2 Y T1 con dosis de floculante 0,6 mg/l, 0,5 mg/l, 0,3 mg/l, 0,2 mg/l y 0,1 mg/, respectivamente presentan valores de IVL de

81,24 ml/g, 82,24 ml/g, 90,26 ml/g, 98,9 ml/g y 110,23 ml/g. Estos tratamientos se encuentran dentro del rango denominado moderado.

También se observa que T0 quien es el testigo y no recibió ayuda con el floculante, se destaca con un valor de 100,62 ml/g de IVL encontrándose dentro del rango moderado. Destacando que el solo uso del coagulante de sulfato de aluminio muestra cierta eficiencia sin la ayuda del floculante natural, es crucial señalar que esta eficiencia no está completamente garantizada. Al agregar el floculante en polvo, se introduce un componente adicional que contribuye al proceso al proporcionar una mayor capacidad de aglomeración y sedimentación debido al aumento de peso de los flóculos formados.

Aunque el coagulante de sulfato de aluminio puede contribuir de manera positiva a la clarificación del agua, la adición del floculante a partir de la planta puede potenciar aún más la eficiencia de proceso como se puede observar en la tabla 14.

La representación de la figura 13 y 14 muestran un descenso en la sedimentación de los lodos generados a través del proceso de coagulación y floculación revelando resultados positivos para cada tratamiento. Esto proporciona una visualización de la eficacia en el proceso, logrando una separación eficiente de las impurezas, permitiendo que los lodos generados se sedimenten adecuadamente.

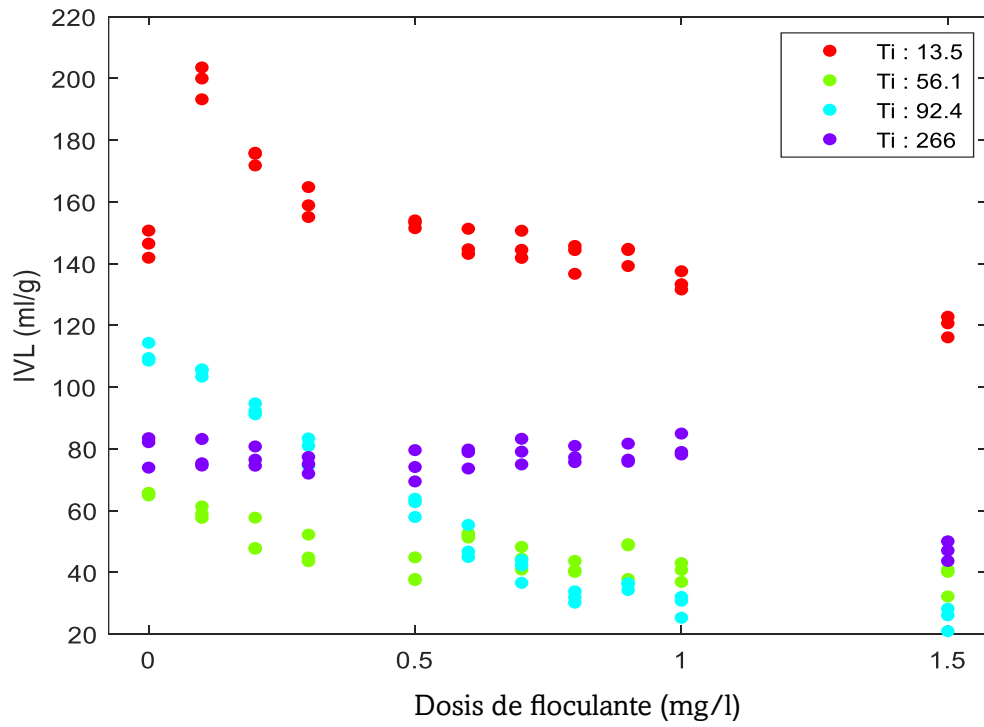


Figura 13. IVL en las diferentes dosis de floculante.

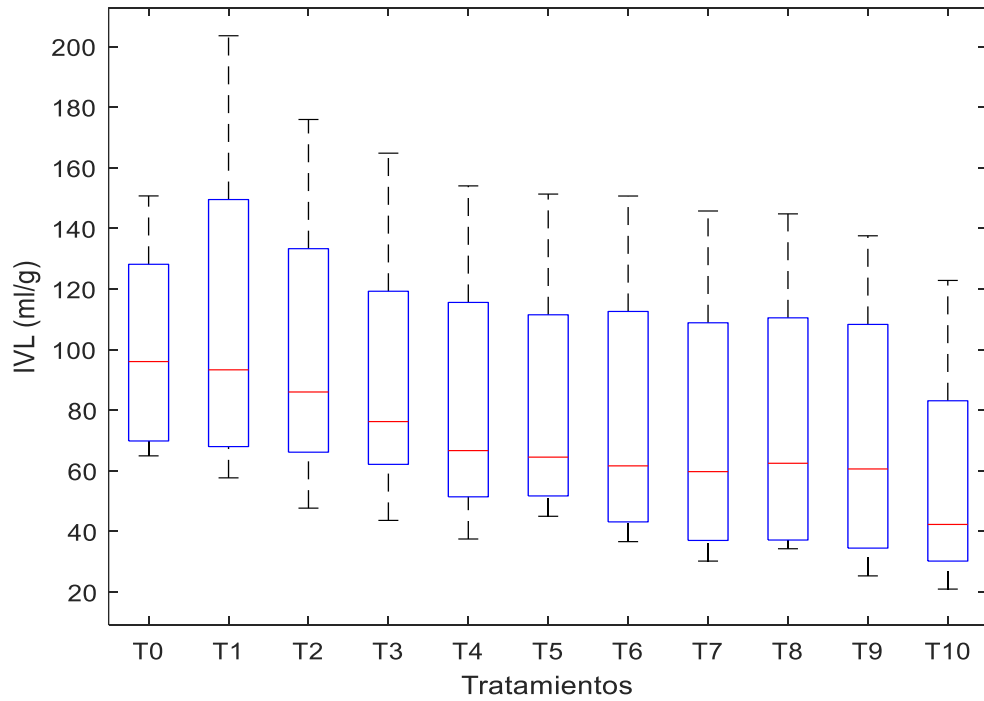


Figura 14. IVL en los diferentes tratamientos.

V. CONCLUSIONES

Se logró extraer el mucílago de *Trimfetta rhomboidea* Jacq en polvo para poder ser usado como floculante

Se determinó el nivel de turbiedad de agua en los diferentes puntos de muestreo, evidenciando que el Laboratorio de Calidad de Agua presenta mayores niveles de turbiedad en comparación con el comedor universitario y la residencia de damas.

Se evaluó la eficiencia de remoción de turbiedad del agua con el mucílago de *Trimfetta rhomboidea* Jacq como floculante resultando altamente efectiva y mostrando un alto porcentaje de eficiencia en el proceso de eliminación de turbiedad.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Complementar pruebas de estabilidad del floculante en diferentes condiciones de almacenamiento a largo plazo. Esto ayudará a comprender mejor su vida útil y posiblemente identificar condiciones óptimas para su conservación.
2. Ampliar el tratamiento de aguas ácidas y residuales, haciendo uso del floculante, lo cual implica abordar más desafíos específicos asociados con la acidez del agua y la presencia de contaminantes residuales.
3. Complementar estudios adicionales sobre el impacto ambiental del floculante y su proceso de extracción. Verificando que el floculante y el método de producción sean sostenibles y tengan un bajo impacto ambiental.
4. Complementar comparaciones sistemáticas entre el floculante de *Trimfetta rhomboidea* Jacq y otros floculantes convencionales. Evaluando la eficacia, el costo y la sostenibilidad para determinar las ventajas competitivas y las posibles limitaciones.
5. Analizar los residuos para verificar la presencia de subproductos no deseados derivados del uso del floculante.
6. Mejorar los sistemas de tratamiento de agua para mitigar los efectos adversos de la turbiedad, especialmente en lugares donde la calidad del agua es crítica.

VII. REFERENCIAS

- Arias, J. y Covinos, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación.
- Ayat, K. Asia, F. Iarra, A. 2023. Possible plant leaves as sustainable green coagulant-flocculant for turbidity removal, 9 – 15.
- Aranda, T. Esquia, Z. (2021). Aplicación del polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética. [Tesis de pregrado]. Repositorio de Universidad de Callao. http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6298/TESIS_PREGRA DO_ARANDA_ESQUIA_FIQ_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Campos, C. (2019). Efecto coagulante de la semilla de moringa (moringa oleífera) para clarificar agua del canal Monsefú, centro poblado Callanca, distrito Monsefú, 2019. [Tesis de pregrado]. Repositorio de Universidad de Lambayeque. <https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/304/1/TESIS%20CAMPOS%20CASTR O.pdf>.
- Carrizales, C. (2019). Determinación de la dosis y concentración óptima del coagulante de moringa oleífera en la clarificación del agua de la quebrada taczanapampa de la ciudad de Huancavelica. [Tesis de pregrado]. Repositorio de UNH. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/43270a7a-495d-4e9b-bd54-cf94491ba908/content>.
- Cardenas, A. (2018). Tratamiento de agua coagulación y floculación. Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico.
- Diestra, F. & Ramos, I., (2019) Efecto de la concentración de Aloe vera (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. [Tesis de pregrado]. Repositorio Universidad Nacional de Trujillo. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/11549>.
- Duarte, F. (2019). Calidad del agua para consumo humano en el proceso de captación, tratamiento, distribución y consumo en el Cantón La Maná, provincia Cotopaxi. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3730>.
- Geovanni, W. (2017). Evaluación de la calidad de agua del sector LEG Tabacay y Oriente alto, de la parroquia Bayas del Cantón Azogues. [Tesis de pregrado]. Repositorio de

- Universidad de Cuenca. Ecuador.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27135/1/TESIS.pdf>
- Hansel, C., Campos, N., Mercado, M., Cubillán, A., & Castellar, O. (2019). Use of potato peels (*Solanum tuberosum* L) in the clarification of the water of the Ciénaga de Malambo. 12, 5-9.
- Hoyos, D. (2021). Ensayo de coagulación-floculación con extracto de *Opuntia macbridei* Britton & Rose para mejorar la calidad de las aguas. [Tesis de pregrado]. Repositorio.UNACH.
<https://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14142/300/Ensayo%20de%20Coagulaci%c3%b3n-Floculaci%c3%b3n%20con%20Extracto%20de%20Opuntia%20Macbridei%20Britton%20%26%20Rose%20para%20Mejorar%20la%20Calidad%20de%20las%20Aguas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Iván, M., Marehilen, L., & y Paola, L., (2021). Efficiency of flax as a coagulant in water clarification. 15-19.
- Mackenzie, L. (2019). *Water And Wastewater Engineering: Design Principles and Practice*.
- Mañunga, T. (2020). Evaluación del desempeño de un sistema de lodos activados en la modalidad de estabilización por contacto sin clarificación primaria tratando agua residual doméstica. [Tesis de grado de maestría]. Repositorio de Universidad del Valle.
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/7644/7720-0445611.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Sanabria, K. (2019). Remoción de plomo de las aguas del efluente minero de Yauli la oroya utilizando el coagulante de maguey (*Agave Americana* L.) anivel de laboratorio. (Tesis de pregrado). Universidad nacional del centro del Perú facultad de ingeniería química Huancayo – Perú.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3730/Contreras%20Sanabria-Gutierrez%20Mayta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Severiche, C., Castillo, M., y Acevedo, R. (2019). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*.
<http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/index.htm>.

Stuart, D., Victoria, I., y Flores, C. (2020). Análisis de la eficiencia de mucílagos y almidones naturales como coagulantes – floculantes en el tratamiento de agua. [Tesis de pregrado]. Repositorio de Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24870/D%c3%adaz%20Aliaga%2c%20Stuart%20%20Tafur%20Izquierdo%2c%20Victoria%20Isabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Toscano, F. (2018). Metodología de la Investigación. U. Externado de Colombia.

Poveda, O. (2022). Obtención de coagulantes / floculantes orgánicos a partir de extractos naturales y evaluación de su potencial como coadyuvante en el proceso de tratamiento de agua. [Tesis de Maestría]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/34289/1/t1941mquim.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A. BASE DE DATOS

Tabla 18. Datos realizados durante la ejecución del proyecto de investigación.

Turbiedad inicial (NTU)	Floculante Natural (mg/l)	Repeticiones	Potasa cáustica (ml)	Sulfato de aluminio (ml)	pH - Inicial	pH - Equilibrado	Volumen (ml)	Turbiedad Final (NTU)	pH - Final	Peso (g)	Eficiencia (%)	IVL (ml/g)
13,5	0	1	1,4	3,2	7,84	10	4,21	9,03	6,9	0,0280	33,09	150,71
13,5	0	2	1,4	3,2	7,84	10	12,16	9,27	6,9	0,0857	31,31	141,93
13,5	0	3	1,4	3,2	7,84	10	17,37	8,80	6,9	0,1186	34,82	146,49
13,5	0,1	1	1,4	3,2	7,84	10	13,36	5,80	7,02	0,0692	57,02	193,24
13,5	0,1	2	1,4	3,2	7,84	10	33,45	5,26	7,02	0,1673	61,03	199,99
13,5	0,1	3	1,4	3,2	7,84	10	18,43	5,18	7,02	0,0906	61,64	203,56
13,5	0,2	1	1,4	3,2	7,84	10	14,11	5,12	7,02	0,0804	62,06	175,58
13,5	0,2	2	1,4	3,2	7,84	10	14,93	5,01	7,02	0,0849	62,86	175,93
13,5	0,2	3	1,4	3,2	7,84	10	19,26	4,80	7,02	0,1121	64,46	171,82
13,5	0,3	1	1,4	3,2	7,84	10	23,34	3,86	7,02	0,1469	71,44	158,91
13,5	0,3	2	1,4	3,2	7,84	10	10,73	3,43	7,02	0,0692	74,56	155,12
13,5	0,3	3	1,4	3,2	7,84	10	21,95	3,51	7,02	0,1332	74,00	164,81
13,5	0,5	1	1,4	3,2	7,84	10	21,81	2,84	7,02	0,1423	78,97	153,24
13,5	0,5	2	1,4	3,2	7,84	10	24,75	2,45	7,02	0,1633	81,86	151,51
13,5	0,5	3	1,4	3,2	7,84	10	11,85	2,23	7,02	0,0769	83,50	154,02

13,5	0,6	1	1,4	3,2	7,84	10	12,08	2,31	7,02	0,0835	82,89	144,67
13,5	0,6	2	1,4	3,2	7,84	10	26,44	1,65	7,02	0,1747	87,80	151,32
13,5	0,6	3	1,4	3,2	7,84	10	21,94	2,17	7,02	0,1532	83,96	143,18
13,5	0,7	1	1,4	3,2	7,84	10	13,60	2,11	7,03	0,0958	84,35	141,89
13,5	0,7	2	1,4	3,2	7,84	10	28,36	2,08	7,03	0,1962	84,58	144,49
13,5	0,7	3	1,4	3,2	7,84	10	20,98	1,90	7,03	0,1392	85,94	150,68
13,5	0,8	1	1,4	3,2	7,84	10	30,27	1,81	7,03	0,2077	86,58	145,74
13,5	0,8	2	1,4	3,2	7,84	10	27,82	2,34	7,03	0,2035	82,69	136,72
13,5	0,8	3	1,4	3,2	7,84	10	27,23	1,90	7,03	0,1885	85,90	144,42
13,5	0,9	1	1,4	3,2	7,84	10	23,71	2,04	7,03	0,1641	84,90	144,44
13,5	0,9	2	1,4	3,2	7,84	10	13,58	1,90	7,03	0,0975	85,95	139,25
13,5	0,9	3	1,4	3,2	7,84	10	19,37	2,48	7,03	0,1337	81,63	144,79
13,5	1	1	1,4	3,2	7,84	10	16,61	2,62	7,03	0,1245	80,58	133,34
13,5	1	2	1,4	3,2	7,84	10	17,64	2,00	7,03	0,1282	85,15	137,55
13,5	1	3	1,4	3,2	7,84	10	27,30	2,15	7,03	0,2073	84,07	131,64
13,5	1,5	1	1,4	3,2	7,84	10	18,25	4,14	7,03	0,1486	69,33	122,82
13,5	1,5	2	1,4	3,2	7,84	10	23,20	3,46	7,03	0,1923	74,35	120,69
13,5	1,5	3	1,4	3,2	7,84	10	21,80	3,85	7,03	0,1877	71,50	116,15
56,1	0	1	1,4	3,2	7,7	10	7,28	16,93	6,9	0,1121	69,83	64,94
56,1	0	2	1,4	3,2	7,7	10	8,99	17,04	6,9	0,1367	69,62	65,76
56,1	0	3	1,4	3,2	7,7	10	2,94	17,46	6,9	0,0448	68,87	65,62

56,1	0,1	1	1,4	3,2	7,7	10	3,98	8,69	7,02	0,0649	84,50	61,38
56,1	0,1	2	1,4	3,2	7,7	10	8,97	10,56	7,02	0,1556	81,17	57,68
56,1	0,1	3	1,4	3,2	7,7	10	8,03	9,55	7,02	0,1361	82,98	59,00
56,1	0,2	1	1,4	3,2	7,7	10	5,87	7,79	7,02	0,1226	86,12	47,92
56,1	0,2	2	1,4	3,2	7,7	10	6,91	7,69	7,02	0,1196	86,30	57,74
56,1	0,2	3	1,4	3,2	7,7	10	6,02	5,46	7,02	0,1263	90,26	47,69
56,1	0,3	1	1,4	3,2	7,7	10	7,81	7,08	7,02	0,1789	87,38	43,65
56,1	0,3	2	1,4	3,2	7,7	10	7,73	5,85	7,02	0,1724	89,57	44,84
56,1	0,3	3	1,4	3,2	7,7	10	3,60	5,98	7,02	0,0689	89,34	52,26
56,1	0,5	1	1,4	3,2	7,7	10	6,91	5,14	7,02	0,1824	90,84	37,87
56,1	0,5	2	1,4	3,2	7,7	10	5,91	4,45	7,02	0,1577	92,07	37,51
56,1	0,5	3	1,4	3,2	7,7	10	5,88	7,03	7,02	0,1311	87,47	44,89
56,1	0,6	1	1,4	3,2	7,7	10	5,97	4,33	7,02	0,1145	92,29	52,14
56,1	0,6	2	1,4	3,2	7,7	10	6,80	1,78	7,02	0,1325	96,83	51,29
56,1	0,6	3	1,4	3,2	7,7	10	8,81	2,33	7,02	0,1672	95,85	52,68
56,1	0,7	1	1,4	3,2	7,7	10	6,24	3,26	7,02	0,1524	94,19	40,93
56,1	0,7	2	1,4	3,2	7,7	10	6,74	3,34	7,02	0,1514	94,04	44,52
56,1	0,7	3	1,4	3,2	7,7	10	9,82	3,16	7,02	0,2034	94,37	48,29
56,1	0,8	1	1,4	3,2	7,7	10	7,61	2,49	7,04	0,1740	95,56	43,73
56,1	0,8	2	1,4	3,2	7,7	10	7,00	2,67	7,04	0,1721	95,24	40,66
56,1	0,8	3	1,4	3,2	7,7	10	4,00	5,58	7,04	0,0996	90,06	40,17

56,1	0,9	1	1,4	3,2	7,7	10	10,12	3,30	7,04	0,2058	94,12	49,14
56,1	0,9	2	1,4	3,2	7,7	10	8,40	3,99	7,04	0,1723	92,89	48,77
56,1	0,9	3	1,4	3,2	7,7	10	8,47	4,74	7,04	0,2236	91,56	37,87
56,1	1	1	1,4	3,2	7,7	10	5,67	5,94	7,04	0,1318	89,41	43,03
56,1	1	2	1,4	3,2	7,7	10	9,15	5,43	7,04	0,2242	90,31	40,80
56,1	1	3	1,4	3,2	7,7	10	5,84	4,46	7,04	0,1582	92,05	36,94
56,1	1,5	1	1,4	3,2	7,7	10	5,86	11,82	7,04	0,1458	78,92	40,19
56,1	1,5	2	1,4	3,2	7,7	10	10,39	11,85	7,04	0,2539	78,88	40,90
56,1	1,5	3	1,4	3,2	7,7	10	8,39	10,39	7,04	0,2605	81,48	32,22
92,4	0	1	1,4	2,8	7,1	10	3,15	7,67	6,9	0,0287	91,70	109,43
92,4	0	2	1,4	2,8	7,1	10	7,75	7,75	6,9	0,0677	91,61	114,36
92,4	0	3	1,4	2,8	7,1	10	10,09	11,11	6,9	0,0929	87,98	108,60
92,4	0,1	1	1,4	2,8	7,1	10	9,00	0,81	7,02	0,0871	99,12	103,42
92,4	0,1	2	1,4	2,8	7,1	10	15,26	0,97	7,02	0,1443	98,95	105,78
92,4	0,1	3	1,4	2,8	7,1	10	13,52	0,64	7,02	0,1282	99,31	105,50
92,4	0,2	1	1,4	2,8	7,1	10	9,98	0,39	7,02	0,1053	99,58	94,77
92,4	0,2	2	1,4	2,8	7,1	10	4,92	1,18	7,02	0,0533	98,72	92,24
92,4	0,2	3	1,4	2,8	7,1	10	9,26	0,80	7,02	0,1015	99,13	91,22
92,4	0,3	1	1,4	2,8	7,1	10	7,73	2,83	7,02	0,1036	96,94	74,59
92,4	0,3	2	1,4	2,8	7,1	10	4,20	1,27	7,02	0,0504	98,63	83,39
92,4	0,3	3	1,4	2,8	7,1	10	8,97	0,43	7,02	0,1107	99,53	81,01

92,4	0,5	1	1,4	2,8	7,1	10	5,47	6,04	7,02	0,0871	93,46	62,77
92,4	0,5	2	1,4	2,8	7,1	10	3,78	4,24	7,02	0,0652	95,41	57,96
92,4	0,5	3	1,4	2,8	7,1	10	5,31	3,08	7,02	0,0832	96,67	63,88
92,4	0,6	1	1,4	2,8	7,1	10	10,24	1,58	7,02	0,1848	98,29	55,38
92,4	0,6	2	1,4	2,8	7,1	10	5,93	1,13	7,02	0,1268	98,78	46,75
92,4	0,6	3	1,4	2,8	7,1	10	6,14	1,11	7,02	0,1365	98,80	45,00
92,4	0,7	1	1,4	2,8	7,1	10	6,92	0,71	7,02	0,1637	99,23	42,27
92,4	0,7	2	1,4	2,8	7,1	10	4,25	3,11	7,02	0,0966	96,63	44,04
92,4	0,7	3	1,4	2,8	7,1	10	6,74	0,89	7,02	0,1841	99,04	36,64
92,4	0,8	1	1,4	2,8	7,1	10	5,06	1,49	7,02	0,1674	98,38	30,22
92,4	0,8	2	1,4	2,8	7,1	10	7,54	3,95	7,02	0,2356	95,72	32,00
92,4	0,8	3	1,4	2,8	7,1	10	7,62	1,16	7,02	0,2248	98,74	33,89
92,4	0,9	1	1,4	2,8	7,1	10	6,88	3,52	7,02	0,2008	96,19	34,29
92,4	0,9	2	1,4	2,8	7,1	10	8,52	4,52	7,02	0,2340	95,10	36,40
92,4	0,9	3	1,4	2,8	7,1	10	8,21	3,69	7,02	0,2253	96,00	36,46
92,4	1	1	1,4	2,8	7,1	10	5,88	0,74	7,04	0,2322	99,19	25,33
92,4	1	2	1,4	2,8	7,1	10	4,63	3,43	7,04	0,1445	96,28	32,06
92,4	1	3	1,4	2,8	7,1	10	6,98	2,98	7,04	0,2265	96,77	30,83
92,4	1,5	1	1,4	2,8	7,1	10	6,72	13,72	7,04	0,2574	85,15	26,13
92,4	1,5	2	1,4	2,8	7,1	10	5,59	16,83	7,04	0,1982	81,79	28,22
92,4	1,5	3	1,4	2,8	7,1	10	5,89	12,78	7,04	0,2809	86,17	20,98

266	0	1	1,6	3	7,5	10	16,84	33,52	6,9	0,2017	87,40	83,49
266	0	2	1,6	3	7,5	10	15,51	24,44	6,9	0,2097	90,81	73,95
266	0	3	1,6	3	7,5	10	17,14	25,88	6,9	0,2086	90,27	82,19
266	0,1	1	1,6	3	7,5	10	14,29	17,84	7,02	0,1896	93,29	75,35
266	0,1	2	1,6	3	7,5	10	16,43	13,42	7,02	0,1974	94,95	83,23
266	0,1	3	1,6	3	7,5	10	19,57	14,59	7,02	0,2622	94,51	74,62
266	0,2	1	1,6	3	7,5	10	17,64	8,23	7,02	0,2365	96,91	74,57
266	0,2	2	1,6	3	7,5	10	22,14	19,88	7,02	0,2893	92,53	76,52
266	0,2	3	1,6	3	7,5	10	19,89	8,97	7,02	0,2462	96,63	80,81
266	0,3	1	1,6	3	7,5	10	19,93	8,21	7,02	0,2768	96,91	72,01
266	0,3	2	1,6	3	7,5	10	18,77	16,11	7,02	0,2426	93,94	77,39
266	0,3	3	1,6	3	7,5	10	18,55	5,10	7,02	0,2470	98,08	75,10
266	0,5	1	1,6	3	7,5	10	16,86	17,82	7,02	0,2427	93,30	69,48
266	0,5	2	1,6	3	7,5	10	24,50	16,76	7,02	0,3304	93,70	74,15
266	0,5	3	1,6	3	7,5	10	21,24	16,92	7,02	0,2668	93,64	79,62
266	0,6	1	1,6	3	7,5	10	24,11	20,90	7,02	0,3052	92,14	78,97
266	0,6	2	1,6	3	7,5	10	20,97	19,86	7,02	0,2846	92,53	73,66
266	0,6	3	1,6	3	7,5	10	20,99	11,21	7,02	0,2630	95,78	79,79
266	0,7	1	1,6	3	7,5	10	16,58	14,14	7,02	0,2211	94,69	74,98
266	0,7	2	1,6	3	7,5	10	26,55	7,12	7,02	0,3187	97,33	83,28
266	0,7	3	1,6	3	7,5	10	19,89	12,86	7,02	0,2513	95,17	79,12

266	0,8	1	1,6	3	7,5	10	18,84	6,88	7,04	0,2437	97,41	77,29
266	0,8	2	1,6	3	7,5	10	25,43	11,43	7,04	0,3139	95,70	80,99
266	0,8	3	1,6	3	7,5	10	21,75	10,85	7,04	0,2871	95,92	75,74
266	0,9	1	1,6	3	7,5	10	25,25	9,87	7,04	0,3091	96,29	81,72
266	0,9	2	1,6	3	7,5	10	24,36	2,61	7,04	0,3212	99,02	75,85
266	0,9	3	1,6	3	7,5	10	20,21	6,68	7,04	0,2641	97,49	76,53
266	1	1	1,6	3	7,5	10	18,44	3,99	7,04	0,2358	98,50	78,21
266	1	2	1,6	3	7,5	10	22,75	0,18	7,04	0,2678	99,93	84,98
266	1	3	1,6	3	7,5	10	26,03	3,05	7,04	0,3295	98,85	79,02
266	1,5	1	1,6	3	7,5	10	21,95	10,03	7,02	0,4384	96,23	50,08
266	1,5	2	1,6	3	7,5	10	20,13	2,42	7,02	0,4273	99,09	47,11
266	1,5	3	1,6	3	7,5	10	19,37	6,01	7,02	0,4431	97,74	43,72

ANEXO B. CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

CONSTANCIA DE IDENTIFICACION DE ESPECIES

EL Profesor Dr. José Kalion Guerra Lu Docente Principal D.E. de la Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María.

Da constancia de que las imágenes alcanzadas, así como una muestra colectada, y las señaladas en una salida de campo corresponde según la determinación taxonómica a los siguientes especímenes vegetales:

Muestra 01
Reino Plantae
División Angiospermae
Clase Dicotyledoneae
Subclase Archyclamydeae
Orden Malvales
Familia Malvaceae
***Triumfetta rhomboidea* Jacq.**

Muestras alcanzadas por ESPIRITU LEON YAQUELIN NINFA, Bachiller en Ingeniería Ambiental egresada de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, y cuyas determinaciones taxonómicas servirán para la realización del estudio intitulado: **Remoción de turbiedad del agua para consumo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, usando el mucilago de *Trimfetta rhomboidea* Jacq como floculante, 2023.**

Se expide la presente a solicitud de la parte interesada.

Tingo María 01 de agosto 2023



José Kalion Guerra Lu
BIÓLOGO
Colegiado N° 1762

ANEXO C. MAPAS

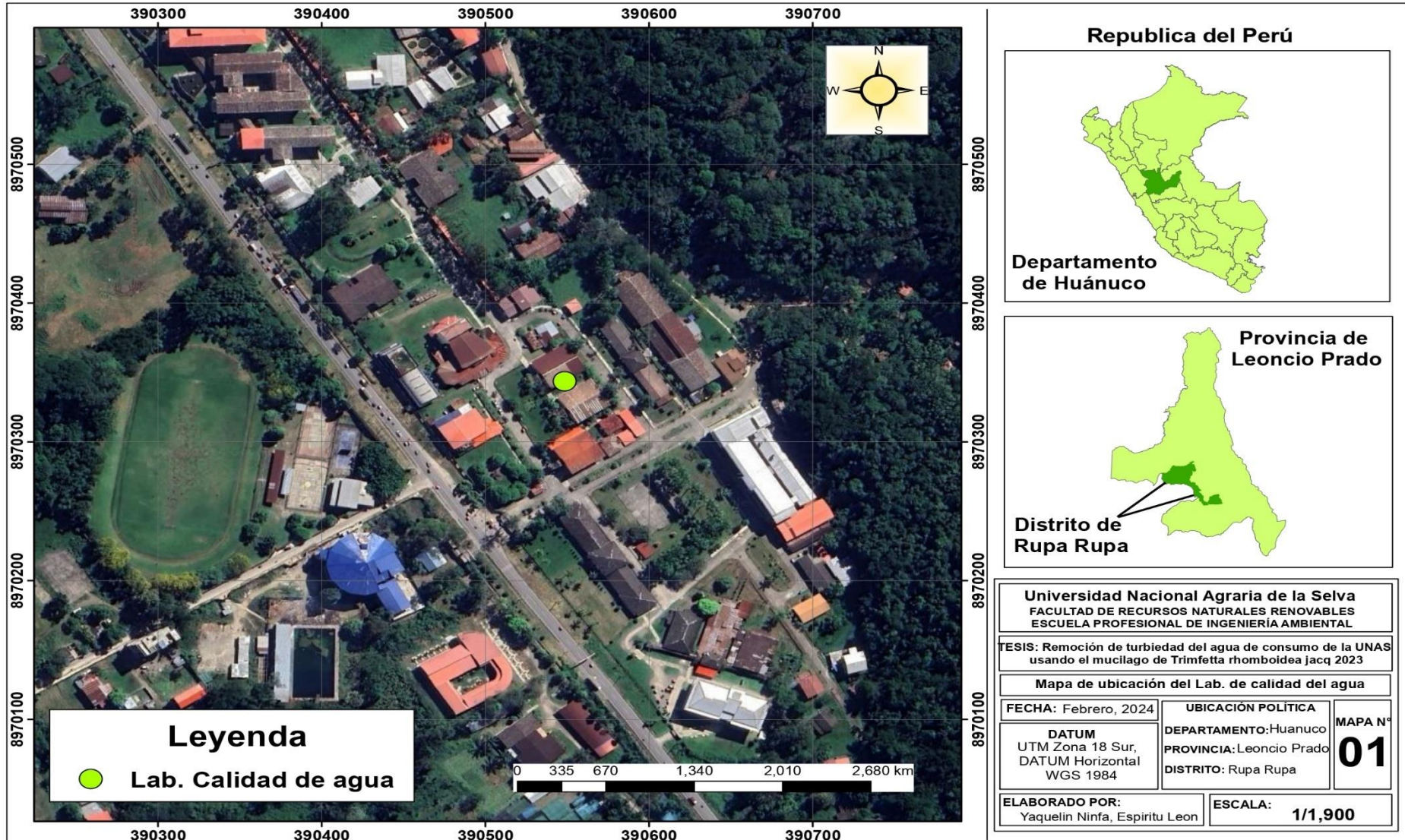


Figura 15. Mapa de ubicación del laboratorio de calidad de agua.

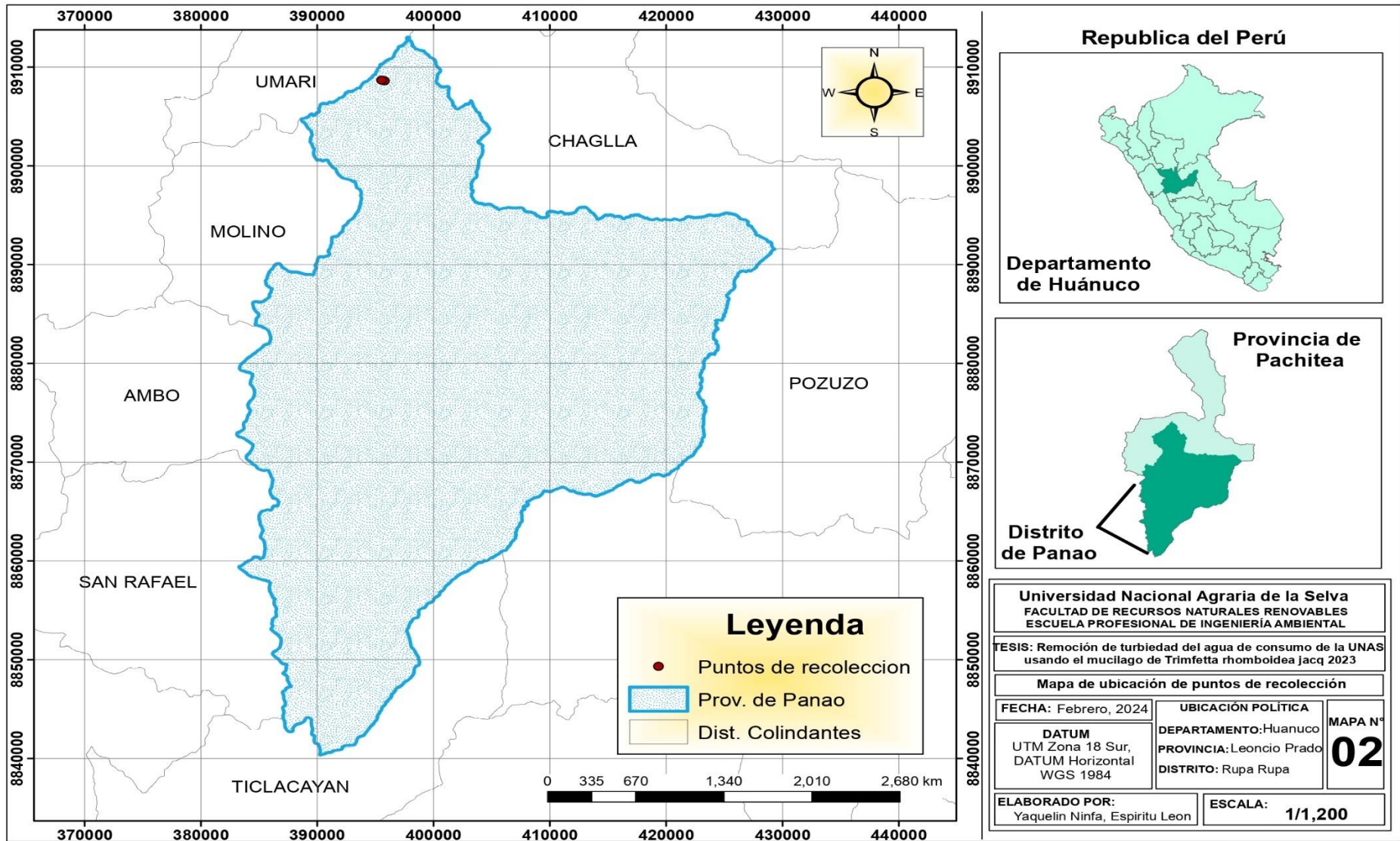


Figura 16. Mapa de ubicación de puntos de recolección.

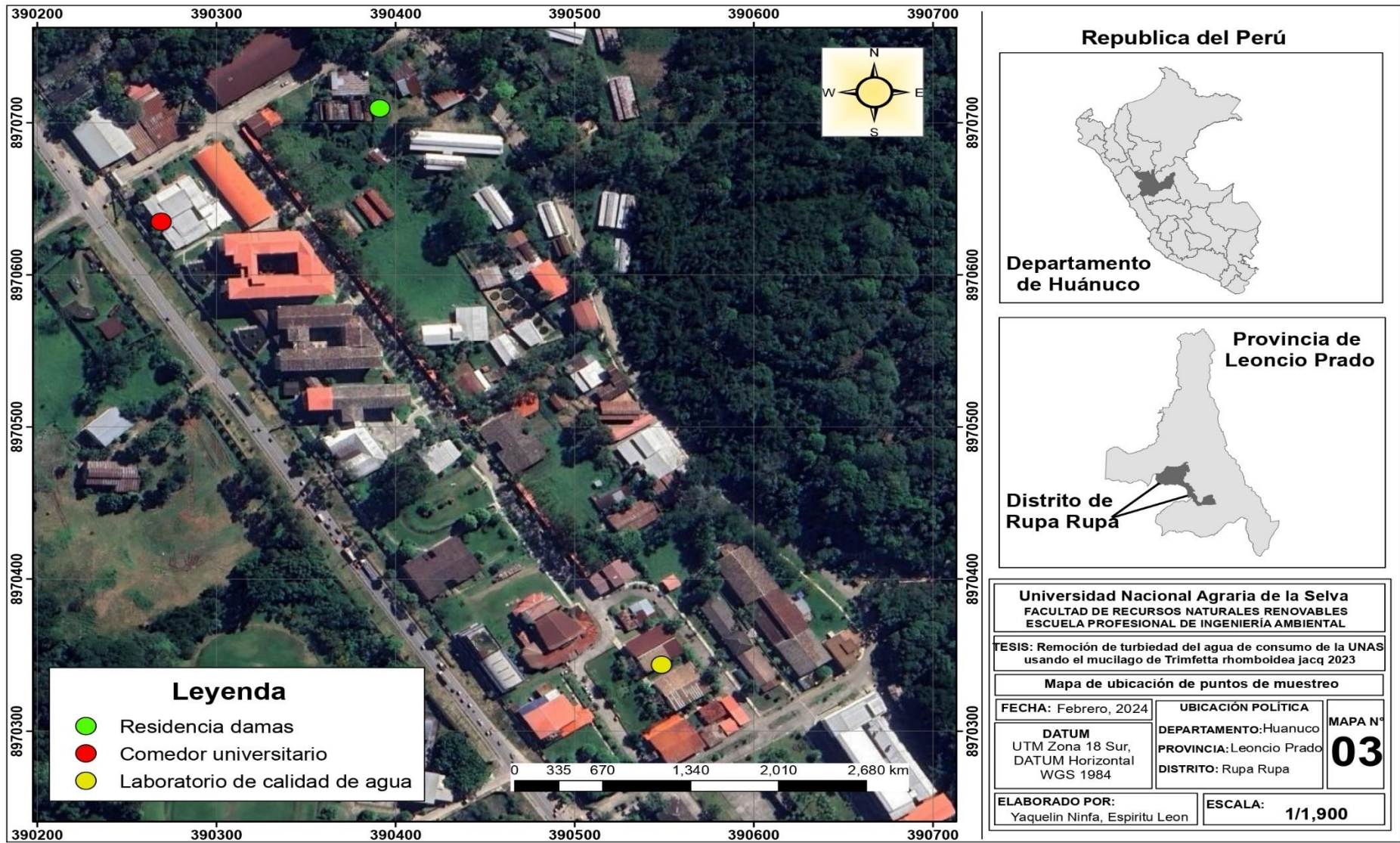


Figura 17. Mapa de ubicación de puntos de muestreo.

ANEXO D. PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 18. Arbusto de la planta *Trimfetta rhomboidea* Jacq.



Figura 19. Hoja de la planta *Trimfetta rhomboidea* Jacq.



Figura 20. Flor de la planta *Trimfetta rhomboidea* Jacq.



Figura 21. Flor y tallo de la planta *Trimfetta rhomboidea* Jacq.



Figura 22. Limpieza y extracción de la corteza



Figura 23. Colocando la corteza en vasos precipitados.



Figura 24. Molida y tamizado de la corteza.



Figura 25. Secado de la corteza en el horno eléctrico.



Figura 26. Mucilado de la corteza pulverizada.



Figura 27. Tomando coordenadas con el GPS en la residencia de damas.



Figura 28. Tomando coordenadas con el GPS en el comedor universitario.



Figura 29. Tomando coordenadas con el GPS en el laboratorio de calidad de agua.

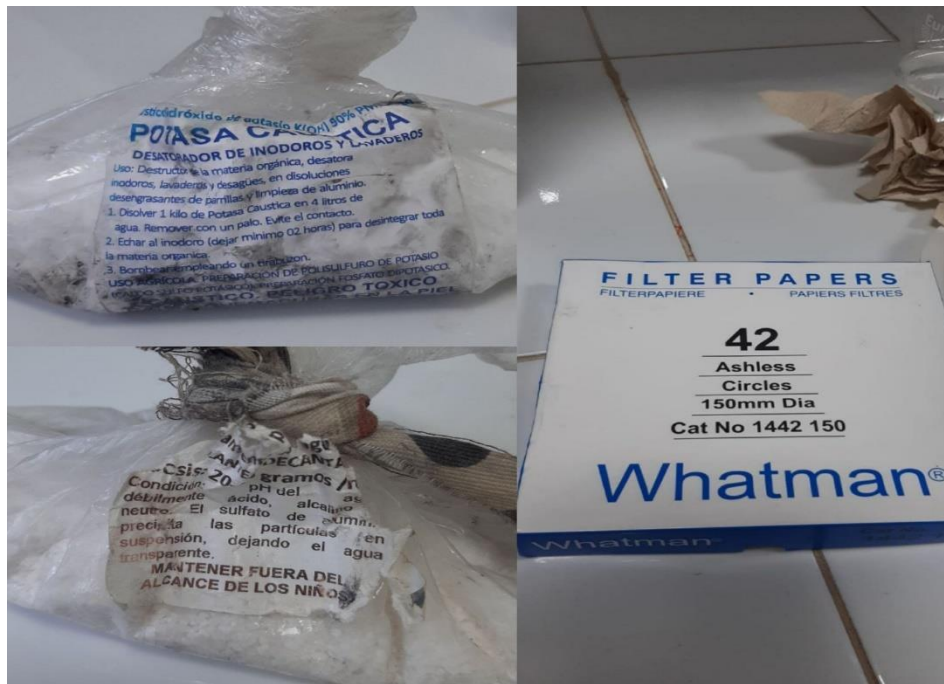


Figura 30. La potasa caustica la alúmina y el papel filtro.



Figura 31. Calibración de pH con el coagulante.



Figura 32. Aplicando dosis de floculante en el test de jarras.



Figura 33. Colocación de 1L de agua en el test de jarras.

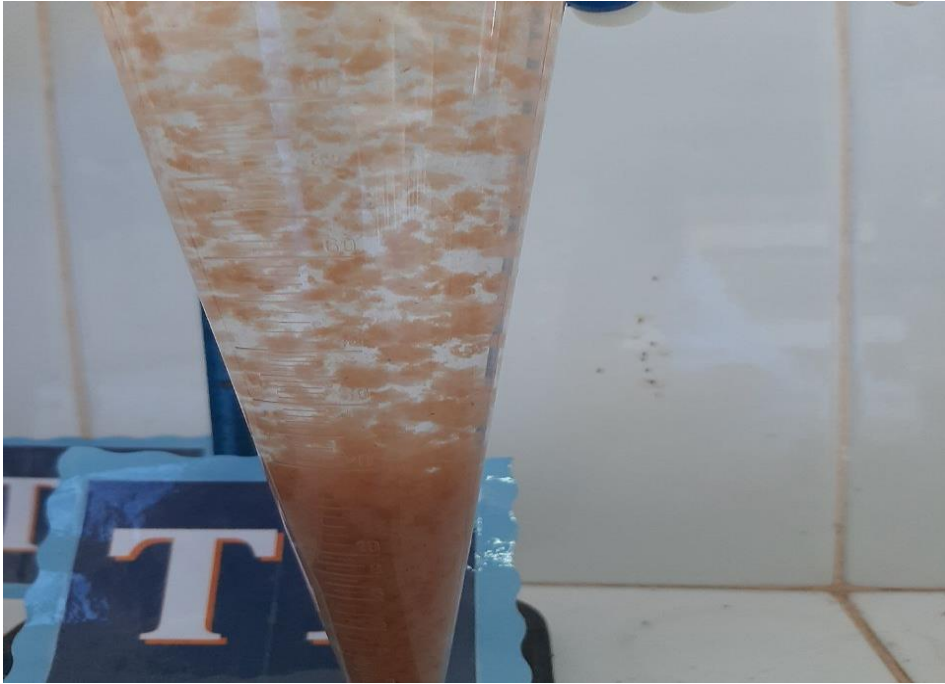


Figura 34. Sedimentación de flóculos en cono inmov.



Figura 35. Sedimentación en vaso precipitado.



Figura 36. Medida de la turbiedad.



Figura 37. Medida del pH después del proceso de coagulación –
floculación.



Figura 38. Realizando el proceso de filtración



Figura 39. Realizando el proceso de filtración.



Figura 40. Realizando proceso de filtración.



Figura 41. Pesado del papel filtro.



Figura 42. Tomando apuntes del peso del papel filtro.

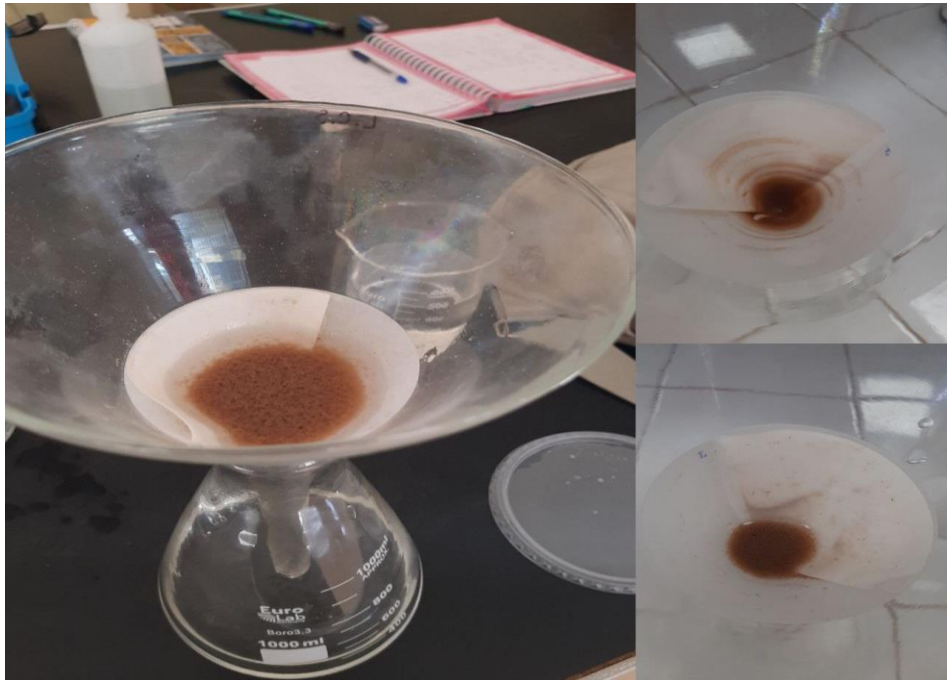


Figura 43. Filtrado.



Figura 44. Colocando los el papel en fitro en placas petris despues del filtrado.



Figura 45. Pesado del papel fitro despues de la filtración.