

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Efecto coagulante de lúcuma (*Pouteria lucuma*) en la mejora de la calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín, 2025”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Montero Flores, Guiliana Andrea

ASESOR: Morales Aquino, Milton Edwin

**HUÁNUCO – PERÚ
2025**

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero(a) ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72450635

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44342697

Grado/Título: Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-2250-3288

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Calixto Vargas, Simeon Edmundo	Maestro en administración de la educación	22471306	0000-0002-5114-4114
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofía	Maestro en Ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día 10 del mes de octubre del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas (Presidente)
- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2110-2025-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTO COAGULANTE DE LÚCUMA (*Pouteria lucuma*) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUALLAGA, SAN MARTÍN, 2025"**, presentado por el (la) Bach. **MONTERO FLORES, GUILIANA ANDREA** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADA Por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 18 y cualitativo de MUY BUENO (Art. 47)

Siendo las 16:15 horas del día 10 del mes de OCTUBRE del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas
DNI: 22471306
ORCID: 0000-0002-5114-4114
Presidente

Mg. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Secretario

Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel
DNI: 43616954
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: GUILIANA ANDREA MONTERO FLORES, de la investigación titulada "EFECTO COAGULANTE DE LÚCUMA (*Pouteria lucuma*) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUALLAGA, SAN MARTÍN, 2025", con asesor(a) MILTON EDWIN MORALES AQUINO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1927-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 18 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 25 de septiembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

3%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.untels.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

www.scielo.org.co

Fuente de Internet

1%

5

www.revistas.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi luz en los momentos difíciles y la fortaleza que me impulsa en cada paso que doy.

A ti, papito Gregorio Montero García, porque este también fue tu sueño. Tu amor infinito, tu fe en mí y tu presencia aún desde la distancia eterna me han acompañado en cada etapa. Sigues siendo mi guía silenciosa y mi mayor inspiración. Te amo con todo mi corazón.

A ti, mamita Rosa Matos de Montero, mi confidente, mi refugio, mi fuerza. Tus palabras sabias, tu ternura inquebrantable y tu presencia constante han sido mi aliento en las situaciones más adversas.

A mis padres, Jimmy Percy Montero Matos y Yurizan Gladys Flores Puentes, por su amor que no conoce condiciones, por ser mi soporte constante y por impulsarme siempre a seguir adelante. Este logro también es suyo.

Con todo mi amor, este trabajo es para ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios, por regalarme salud, lucidez y resistencia en cada etapa de este camino. Su presencia ha sido mi guía y mi consuelo constante.

A mi familia, por formar la base imprescindible de mi vida. A mi papá Goyo, que me acompaña desde el cielo, gracias por tu amor eterno y por inspirarme siempre. A mi madre Rosa, por tu entrega incansable, tu amor incondicional y por enseñarme a luchar con valentía.

A mis padres, Jimmy Montero Matos y Yurizan Flores Puentes, por su incansable esfuerzo y sacrificio, pilares fundamentales que han hecho posible alcanzar esta meta. Cada uno de ustedes ha sido un apoyo esencial en mi camino, y por ello les estaré eternamente agradecida.

A mi enamorado, Alberto Jara, por ser mi pilar emocional. Gracias por tu apoyo, paciencia y por acompañarme en todo momento con amor y comprensión.

A mi amix, Cristian Joel Salas Vizcarra, por sus enseñanzas, por su apoyo sin reservas y por acompañarme en los instantes más significativos de este camino.

Y a mi amiga y colega, Maylee Campos Firma, por tu amistad sincera y compañerismo constante. Agradezco a Dios por habernos juntado, y por otorgarnos la posibilidad de continuar creciendo profesionalmente juntas.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN.....	X
CAPÍTULO I.....	11
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.3. OBJETIVO GENERAL	13
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	15
CAPÍTULO II.....	16
MARCO TEÓRICO	16
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.2. BASES TEÓRICAS	22
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	45
2.4. HIPÓTESIS	46
2.5. VARIABLES.....	47
2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN.....	47
2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA.....	47

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	48
CAPÍTULO III.....	49
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	49
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	49
3.1.1. ENFOQUE	49
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	49
3.1.3. DISEÑO	49
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	50
3.2.1. POBLACIÓN	50
3.2.2. MUESTRA.....	50
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	51
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	53
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ..	53
CAPÍTULO IV	54
RESULTADOS	54
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	54
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ..	61
CAPÍTULO V	63
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	63
5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	63
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de la lúcuma	41
Tabla 2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	51
Tabla 3 Resultados de la remoción de turbidez en aguas de la cuenca baja del río Huallaga utilizando diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín, 2025	54
Tabla 4 Resultados de la variación de conductividad en aguas de la cuenca baja del río Huallaga luego de aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025	55
Tabla 5 Resultados de la variación del pH en aguas de la cuenca baja del río Huallaga luego de aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025	57
Tabla 6 Resultados de la variación de la temperatura en aguas de la cuenca baja del río Huallaga luego de aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025	58
Tabla 7 Comparación de la eficacia general de remoción según concentración de coagulante natural de lúcuma en aguas de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín – 2025	60
Tabla 8 Prueba de Shapiro–Wilk para los datos de turbidez (NTU)	61
Tabla 9 Prueba de Shapiro–Wilk para eficacia de remoción de turbidez.....	61
Tabla 10 Prueba post-hoc de Tukey para comparaciones múltiples (turbidez)	62
Tabla 11 Matriz de correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Neutralización de cargas	28
Figura 2 Puente de polímero	29
Figura 3 Parche electrostático	30
Figura 4 Estructura del agua.....	32
Figura 5 Comparación gráfica de la turbidez en aguas de la cuenca baja del río Huallaga tras aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025	55
Figura 6 Comparación gráfica de la conductividad en aguas de la cuenca baja del río Huallaga tras aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025	56
Figura 7 Comparación gráfica de la pH en aguas de la cuenca baja del río Huallaga tras aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025	58
Figura 8 Comparación gráfica de la temperatura en aguas de la cuenca baja del río Huallaga tras aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025	59
Figura 9 Eficacia general de remoción en función de la concentración del coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025	60

RESUMEN

El presente estudio tuvo como **objetivo** principal evaluar la eficacia de la harina de semilla de lúcuma (*Pouteria lucuma*) como coagulante natural para la mejora de la calidad del agua superficial de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín, en el año 2025, motivado por la necesidad de alternativas sustentables frente a los coagulantes químicos convencionales. Para la **metodología** se diseñó un experimento de prueba de jarras con carácter cuasi-experimental, para lo cual se recolectó un total de 64 L de agua superficial en puntos representativos de la cuenca y se conformaron 3 grupos de 16 unidades de estudio de 1 L cada una. A estas unidades se les aplicaron concentraciones de harina de semilla de lúcuma al 10 %, 25 % y 50 %, efectuándose un pre-test de turbidez, pH, conductividad eléctrica y temperatura como valores de referencia. Posteriormente se procedió a la dosificación del coagulante, agitación estandarizada a 120 rpm durante 20 min, sedimentación por 30 min y filtración con papel Whatman No. 1, para realizar el post-test de los mismos parámetros bajo condiciones controladas de laboratorio ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). En términos descriptivos, la turbidez inicial de 486,3 NTU se redujo a 168,6 NTU con 10 % de coagulante (65,4 % de remoción), a 101,0 NTU con 25 % (79,2 %) y a 59,3 NTU con 50 % (87,8 %). El pH, con valor inicial de 7,52, descendió hasta 7,18; 6,82 y 6,44, recuperándose parcialmente tras la filtración a 6,90 en el tratamiento de mayor concentración. La conductividad eléctrica pasó de 203 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el control a 232, 265 y 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con las tres dosis, mientras que la temperatura permaneció estable alrededor de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se demuestra con la prueba estadística ANOVA unifactorial ($p < 0,001$) que las diferencias en turbidez entre tratamientos son significativas, lo que confirma la eficacia de la harina de semilla de lúcuma como coagulante natural para remover partículas coloidales y mejorar parámetros fisicoquímicos del agua.

Palabras clave: lúcuma, coagulante natural, turbidez, pH, conductividad eléctrica.

ABSTRACT

The main **objective** of this study was to evaluate the effectiveness of lucuma seed flour (*Pouteria lucuma*) as a natural coagulant for improving the quality of surface water in the lower Huallaga River basin, San Martín, in 2025, motivated by the need for sustainable alternatives to conventional chemical coagulants. For the **methodology**, a quasi-experimental jar test experiment was designed, for which a total of 64 L of surface water was collected at representative points in the basin and three groups of 16 study units of 1 L each were formed. Concentrations of 10%, 25%, and 50% lucuma seed flour were applied to these units, and a pre-test of turbidity, pH, electrical conductivity, and temperature was performed as reference values. Subsequently, the coagulant was dosed, stirred at 120 rpm for 20 min, sedimented for 30 min, and filtered with Whatman No. 1 paper to perform the post-test of the same parameters under controlled laboratory conditions (25 °C $\pm$ 0.5 °C). In descriptive terms, the initial turbidity of 486.3 NTU was reduced to 168.6 NTU with 10% coagulant (65.4% removal), to 101.0 NTU with 25% (79.2%), and to 59.3 NTU with 50% (87.8%). The pH, with an initial value of 7.52, decreased to 7.18, 6.82, and 6.44, partially recovering after filtration to 6.90 in the treatment with the highest concentration. Electrical conductivity went from 203 μ S/cm in the control to 232, 265, and 280 μ S/cm with the three doses, while the temperature remained stable at around 25 °C. The one-way ANOVA statistical test ($p < 0.001$) shows that the differences in turbidity between treatments are significant, confirming the effectiveness of lucuma seed meal as a natural coagulant for removing colloidal particles and improving the physicochemical parameters of water.

Key words: Rainwater, activated carbon, filtration, LMP, system.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua superficial constituye uno de los principales retos ambientales y sanitarios en la actualidad. En la cuenca baja del río Huallaga, el arrastre de sedimentos, descargas industriales y prácticas agrícolas intensivas han generado un aumento sostenido de turbidez y alteración de parámetros físico-químicos, lo que limita el acceso de las comunidades a agua segura para consumo y riego. Esta situación compromete la salud de la población y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, generando una necesidad urgente de soluciones accesibles y sostenibles.

Los métodos convencionales de tratamiento, basados en coagulantes químicos, suelen ser costosos, de difícil acceso en zonas rurales y conllevan impactos ambientales negativos. Frente a ello, surge el interés por explorar coagulantes de origen natural que aprovechen recursos locales, sean biodegradables y económicamente viables. La semilla de lúcuma, subproducto agrícola poco valorizado, posee compuestos con potencial para actuar como coagulante, lo que la convierte en una alternativa prometedora para comunidades de la región.

El propósito central de esta investigación fue evaluar la eficacia de la harina de semilla de lúcuma como coagulante natural para mejorar la calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, valorando su efecto en la reducción de turbidez y en la optimización de parámetros fisicoquímicos básicos.

Los ensayos permitieron constatar que la aplicación de la harina de semilla de lúcuma produjo una disminución visible de la turbidez, así como mejoras apreciables en las condiciones del agua tras el tratamiento. Estos hallazgos confirman que se trata de una alternativa natural, sostenible y de fácil implementación, con potencial para fortalecer los sistemas de tratamiento comunitario y contribuir a la gestión ambiental responsable en la región.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La importancia de los recursos hídricos radica en varias razones fundamentales. El agua es un elemento vital para la existencia de la vida en nuestro planeta. Sin agua, ni los seres humanos, ni los animales, ni las plantas podrían sobrevivir.

Debido a la escasez de fuentes de agua adecuadas para el consumo humano y al alto valor de este recurso vital, se han impulsado diversos esfuerzos para optimizar los métodos de tratamiento del agua destinada a dicho fin. A pesar de su carácter esencial, existen barreras de tipo geográfico y socioeconómico que dificultan su acceso y adecuada purificación. Como consecuencia, una parte considerable de la población mundial aún consume agua con deficiente calidad. En muchos casos, esto se debe a la falta de acceso a coagulantes químicos utilizados en los procesos convencionales de potabilización. Frente a esta problemática, han surgido alternativas tecnológicas más accesibles y ecológicas, aunque todavía presentan limitaciones técnicas que deben ser superadas. (Martínez, Gonzales 2012).

Estos resultados permiten concluir que la coagulación es un paso clave, que solo se logra al añadir un coagulante capaz de anular las cargas eléctricas de los coloides suspendidos en el agua, facilitando que se junten y formen partículas grandes que puedan sedimentarse con facilidad.

El acceso a agua de calidad, una buena salud y el crecimiento económico se fortalecen entre sí y son indispensables para garantizar el bienestar de las personas y un desarrollo sostenible. Sin embargo, la pobreza y la enfermedad forman una combinación que afecta gravemente a la sociedad y es difícil de enfrentar. A menudo se prioriza solo lo económico, lo que provoca que muchas acciones no sean sostenibles y se vuelva una y otra vez a los mismos problemas de origen. (Villena, 2018)

Uno de los mayores desafíos para la salud es la falta de agua segura, de saneamiento y de condiciones de higiene. Se calcula que una de cada diez enfermedades en el mundo podría evitarse si se mejorara el acceso al agua potable, el saneamiento básico, la higiene y la gestión de los recursos hídricos. Asegurar que las comunidades más pobres cuenten con agua limpia para beber, servicios de saneamiento adecuados y prácticas de higiene en el hogar y la comunidad puede transformar la vida de millones de personas, brindándoles más salud y bienestar. (OMS., 2012)

Se sabe que, como coagulante el sulfato de aluminio es el compuesto químico comúnmente usado para la purificación de agua. Los flóculos formados se sedimentan, clarificándose el agua. Es el floculante más comercial debido a su eficiencia en la potabilización del agua, su precio en el mercado es alto.

Para enfrentar este problema, los floculantes naturales ofrecen una alternativa eficaz gracias a su estructura molecular, que les permite unir las partículas presentes en el agua. Además, son biodegradables y no dañan el medio ambiente, lo que los convierte en una opción ideal en contextos donde se desea proteger la naturaleza.

Se usará la lúcum que contiene compuestos que podrían actuar como coagulantes. Estos compuestos tienen la capacidad de ayudar a agrupar partículas en el agua, facilitando su eliminación. El uso de coagulantes naturales es una alternativa más sostenible y ecológica en comparación con los coagulantes químicos tradicionales, reduciendo así el impacto ambiental y promoviendo prácticas de tratamiento de agua más amigables con el medio ambiente.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema Principal

¿Cuál es la capacidad coagulante de la lúcuma (*Pouteria lucuma*) en la mejora de la calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín, 2025?

Problemas Específicos

¿Qué efecto tendrá el coagulante natural de la lúcuma (*Pouteria lucuma*) aguas de la cuenca baja del río Huallaga?

¿Cuáles son los parámetros físicos del agua antes y después de la aplicación del coagulante de la lúcuma (*Pouteria lucuma*)?

¿Cuál es la dosis optima del coagulante natural lúcuma (*Pouteria lucuma*) para la mejora de calidad de agua?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la capacidad coagulante de la lúcuma (*Pouteria lucuma*) en la mejora de la calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín, 2025.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el efecto del coagulante natural lúcuma (*Pouteria lucuma*) en aguas de la cuenca baja del río Huallaga.

Describir los parámetros físicos del agua antes y después de la aplicación del coagulante lúcuma (*Pouteria lucuma*).

Determinar la dosis optima del coagulante natural lúcuma (*Pouteria lucuma*) para la mejora de calidad del agua.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La contaminación del agua es un problema serio que pone en peligro la salud de las personas y el medio ambiente, sobre todo en comunidades

rurales y en zonas cercanas a ríos, como la cuenca baja del Huallaga en San Martín. La presencia de partículas en suspensión, el aumento de la turbidez, los cambios en el color y las variaciones en parámetros como el pH o la conductividad muestran que la calidad del agua es baja y que su consumo puede afectar a las poblaciones cercanas.

El uso de coagulantes sintéticos es una práctica común en el tratamiento del agua, pero estos productos suelen ser costosos y pueden tener efectos secundarios no deseados en la salud y el ambiente, lo que impulsa la búsqueda de alternativas más sostenibles. En este contexto, la lúcuma (*Pouteria lucuma*), una planta nativa del Perú, demostró tener un alto contenido de polisacáridos con capacidad coagulante, lo que la convirtió en candidata prometedora para ofrecer una solución más ecológica y económica.

Por ello, esta investigación tuvo como propósito evaluar la capacidad coagulante de la harina de semilla de lúcuma como una alternativa potencialmente más segura, accesible y respetuosa con el medio ambiente, adecuada para su aplicación en diversas comunidades ribereñas, Buscando mejorar el uso del agua y al mismo tiempo impulsar un desarrollo sostenible en la comunidad.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El muestreo de agua en la cuenca baja del río Huallaga presentó retos logísticos derivados de la geografía del área: tramos de difícil acceso, variaciones climáticas inesperadas y limitaciones de transporte en zonas rurales que interfirieron con la representatividad de las muestras y la frecuencia de toma de datos prevista.

Finalmente, la escasez de bibliografía científica tanto nacional como internacional sobre el uso de la lúcuma como coagulante natural obligó a fundamentar el marco teórico en estudios de otras especies vegetales y en investigaciones preliminares. A ello se sumó la dificultad para acceder a un laboratorio debidamente equipado para los análisis fisicoquímicos, condicionando la exhaustividad, Así como la confiabilidad de los resultados obtenidos.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

A nivel global, el uso de floculantes sintéticos como el sulfato de aluminio había predominado en los procesos de tratamiento de aguas debido a su eficacia comprobada. No obstante, diversos estudios habían advertido que su aplicación prolongada generaba lodos químicos y residuos difíciles de gestionar, además de impactos ambientales adversos.

La presente investigación se había propuesto contribuir a esa tendencia hacia alternativas sostenibles evaluando el efecto coagulante de la harina de semilla de lúcuma (*Pouteria lucuma*). Determinar su capacidad para reducir la turbidez en aguas superficiales representó una oportunidad de innovar métodos ecoeficientes, promoviendo soluciones basadas en recursos locales, fáciles de obtener y económicamente viables para comunidades sin acceso a sistemas convencionales.

Este planteamiento no solo respondió a la necesidad de generar conocimiento sobre nuevos agentes coagulantes naturales, sino también a la demanda social y ambiental de las zonas rurales de la cuenca baja del río Huallaga. La implementación de esta tecnología limpia y de bajo impacto había significado una mejora sustancial en la calidad del agua para riego.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Antecedentes internacionales

Oliveros (2022) en su investigación científica: Uso de semilla de Mangífera indica como coagulante natural para tratamiento de potabilización, Universidad de San Carlos de Guatemala tuvo como **objetivo** analizar el porcentaje de sustitución o combinación del coagulante a base de molienda de semilla de Mangífera indica (mango) por el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$. En la **metodología** se empleó la prueba de jarras, ya que permite reproducir en condiciones controladas el proceso de coagulación-floculación típico de una planta de tratamiento de agua potable. Se analizó el porcentaje de sustitución o combinación entre el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ y el coagulante natural obtenido mediante la molienda de semillas de Mangifera indica (mango). Como parte de los **resultados**, se evidenció que este coagulante natural alcanzó una eficiencia de remoción de turbidez del 93.21%, dentro de un rango de 215 NTU a 603 NTU. Asimismo, se determinó que la mezcla más eficiente fue la conformada por un 60% de coagulante natural y un 40% de sulfato de aluminio. Dando por **conclusión** que esta combinación de coagulante natural e inorgánico logró valores de turbiedad residual por debajo de las 5 NTU que requiere la norma guatemalteca para consumo humano (COGUANOR NTG 29001), sin embargo, su aplicación se ve limitada por su costo de producción.

Amílcar (2021), en su tesis titulada *“Análisis del uso de la molienda producida a partir de la semilla de durazno Prunus persica var. Salcájá como coagulante natural en el tratamiento de agua”*, presentada en la Universidad de San Carlos de Guatemala, planteó como **objetivo** evaluar el uso de la molienda de semillas de Prunus persica Salcájá, comúnmente conocido como melocotón Salcájá, como

alternativa al sulfato de aluminio en procesos de coagulación para el tratamiento de agua. La investigación se desarrolló bajo una **metodología** experimental de bloques completos al azar y consideró seis grupos experimentales definidos mediante la calculadora muestral Granmo. Se aplicaron cuatro tratamientos: control sin coagulante y dosis de 30, 70 y 140 mg/L. Las pruebas incluyeron tres tipos de agua: dos provenientes de diferentes puntos del río Samalá, una del río Xequijel y otra de red pública, a la que se indujo turbidez mediante arcilla. Los parámetros analizados fueron turbidez y color en diferentes rangos. Los **resultados** mostraron que la eficiencia en la remoción de turbidez fue menor al 65% para muestras con valores inferiores a 28 NTU, alcanzándose hasta un 77,8% de remoción en aguas con turbidez mayor a 100 NTU, principalmente con el tratamiento de 30 mg/L. En relación con el color, la reducción no superó el 60% en un rango de 40 a 1656 Pt-Co. Se **concluyó** que, aunque se observó cierta capacidad coagulante, el uso de la molienda de semillas de *Prunus persica* Salcajá no resulta técnicamente viable, ya que los resultados obtenidos no cumplen los estándares normativos vigentes.

Delgado y Moreira (2019), en su artículo titulado “*Efecto de un coagulante natural para la remoción de la turbidez de las aguas residuales del cantón Chone*”, publicado por la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, tuvieron como **objetivo** evaluar la eficacia de un coagulante natural elaborado a partir de semillas de *Tamarindus* en la reducción de la turbidez de aguas residuales. El estudio plantea esta alternativa como una opción viable frente al uso de coagulantes convencionales, como las sales de hierro y aluminio, dentro de los procesos de coagulación-floculación, ofreciendo así una alternativa eficiente, de bajo costo, y con un impacto mínimo sobre el medio ambiente y la salud humana. En la **metodología**, se evaluaron variables como la temperatura, la salinidad y la concentración de harina de semillas de tamarindo, con el objetivo de formular un coagulante en condiciones óptimas e identificar la dosis más adecuada para tratar las aguas residuales de la laguna de oxidación, empleando pruebas de

jarras y análisis de turbidez en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí. Posteriormente, se realizaron análisis finales en el laboratorio de aguas de la empresa Fabril S.A. Los **resultados** indicaron que el uso del coagulante natural permitió reducir la turbidez hasta en un 77%. Además, se **concluyó** que este tratamiento no solo disminuyó la turbidez, sino también parámetros como la DQO, la DBO, los sólidos suspendidos y las concentraciones de hierro y sílice.

Antecedentes nacionales

Rumiche y Rumiche (2023) en su tesis titulada “*Efecto del uso de harina de lúcuma como agente reductor de actividad de agua sobre los atributos fisicoquímicos, sensoriales y tiempo de vida útil de la pulpa de lúcuma (Pouteria lucuma)*”, presentada en la Universidad San Ignacio de Loyola, plantearon como **objetivo** evaluar el efecto de la harina de lúcuma en la reducción de la actividad de agua y su incidencia en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y la vida útil de la pulpa. La **metodología** se basó en un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres tratamientos, correspondientes a concentraciones de harina de lúcuma del 0%, 15% y 30%. Los **resultados** revelaron que la aplicación del 30% (tratamiento X2) tuvo el mayor impacto en los parámetros fisicoquímicos ($A_w = 0.94 \pm 0.0008$, $pH = 5.98 \pm 0.0119$, $L = 52.21 \pm 0.74$, $a^* = 8.77 \pm 0.56$, $b^* = 20.81 \pm 1.11$, $H = 68.06 \pm 0.70$), además de contribuir significativamente a la prolongación de la vida útil de la pulpa, estimada en 23.46 días sin envasado al vacío y 30.82 días con sellado al vacío. En la **conclusión**, se resalta que el tratamiento con 30% evidenció una mejora significativa en los parámetros fisicoquímicos, sensoriales y en la durabilidad del producto, mientras que el tratamiento con 15% fue el más valorado en la evaluación sensorial por su mayor aceptación.

Carpio (2019) en su tesis: Evaluación del Uso de Semillas de Mangifera Indica L (Mango) Como Coagulante Natural Para El Tratamiento de Aguas Residuales de La Ptar Munives de VES – Lima,

Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur tuvo como **objetivo** evaluar el uso de semillas de *Mangifera indica* L (mango) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales de la Ptar Munives. Tuvo como **metodología** el recojo de las muestras de agua residual doméstica con la que se evaluó el uso de un coagulante natural en polvo, obtenido a partir de semillas de mango, para el tratamiento de aguas residuales domésticas y su efecto sobre la variación del pH. El objetivo fue identificar la dosis y concentración óptimas que permitan minimizar la turbidez residual. Los **resultados** indicaron que, para una muestra con turbidez inicial de 19.9 UNT, la concentración ideal del coagulante fue del 1%, logrando una turbidez residual de 2.57 UNT, lo que representa una remoción del 87.1%. En muestras con turbidez inicial de 209 UNT, la concentración óptima fue del 3%, alcanzando una turbidez residual de 40.9 UNT y una eficiencia de remoción del 80.4%. El análisis estadístico mostró que los valores obtenidos se ubicaron dentro del rango aceptable de variación, con un coeficiente de variación (CV) entre 0 y 10. En **conclusión**, el uso de este coagulante natural representa una alternativa viable para el tratamiento de agua, tanto por su bajo costo de producción como por el aprovechamiento de un residuo agroindustrial poco valorizado, constituyéndose en una opción sostenible frente a los coagulantes químicos tradicionales.

Cabrejos (2019) en su tesis: Eficiencia de la semilla de *Prunus pérsica* (durazno) como coagulante natural para el tratamiento aguas residuales de una planta procesadora de lácteos, Molinopampa. Universidad Cesar Vallejo. Tuvo como **objetivo** de la investigación fue evaluar el uso de semillas de durazno como alternativa natural para el tratamiento de aguas residuales. Para ello, se aplicó un diseño experimental bifactorial completamente aleatorizado, que incluyó como variables la dosis de coagulante (0 ml, 50 ml, 100 ml y 150 ml) y la velocidad de agitación, aplicada en dos niveles de revoluciones por minuto (rpm) con tres tiempos distintos de sedimentación. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento, sumando un total de 24 ensayos experimentales. En cuanto a los **resultados**, se observó una reducción

de entre el 9% y el 19% en los parámetros del agua residual proveniente de procesos lácteos; sin embargo, esta eficiencia limitada se atribuye a que dicha agua ya había pasado por un proceso de coagulación previa, lo que redujo la efectividad del coagulante natural. Estos hallazgos fueron validados a través de pruebas realizadas en laboratorio. Como **conclusión**, se confirmó que el coagulante es funcional, especialmente en otras matrices de aguas residuales, evidenciando reducciones significativas de turbidez: 99.63% en aguas textiles, 99.80% en aguas de tintorería y 98.73% en aguas de camal.

Antecedentes regionales

Cruz (2019) en su tesis titulada *“Efectividad de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga, en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle, Huánuco, junio - setiembre 2018”*, Universidad de Huánuco, presentó de **objetivo** el determinar la validez de lo realizado y descrito en su título de tesis por la PTAR de Pacaypampa. Su **metodología** donde se basó Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. De igual modo, se procedió con la ocupación de instrumento para recolectar datos, ya sean los LMP y valores para la cadena custodia para todo efluente de PTAR de tipo Municipal o Domestico. Se utilizó el estudio estadístico T de Student para evaluar la prueba hecha para la hipótesis, teniendo un grado de error (α). Obteniendo de **resultados** los datos de los parámetros tienen una significancia mayor a 0.05 o mayor al 5%, se procede a rechazar la hipótesis alterna y se toma la hipótesis inicial el cual es que la PTAR cumple con reducir los parámetros tanto químicos como microbiológicos y físicos. Se obtuvo como **conclusión** que los sólidos absolutos suspendidos en el P-AFL entran con 134 miligramos por litro, elevándose su cantidad en el P-LAG a 200 miligramos por litro, y al término en 263 miligramos por litro en el P-EFL.

Calderon (2019) en su tesis titulada *“Remoción de arsénico mediante el uso del biofiltro de carbón activado a base de la piel de manzana para el tratamiento de las aguas de pozos empleadas para el consumo de los campesinos de la comunidad San Marcos de la Aguada, Mala, Lima 2019”*, Universidad de Huánuco, tuvo como **objetivo** la supresión del arsénico por medio del uso de un biofiltro de carbón de tipo activo, basado en la piel de manzana para tratar aguas subterráneas usadas para el consumo de la comunidad campesina con el fin de exponer si el carbón de tipo activo, basado en cascara de manzana, posee eficiencia para la supresión del As., usando el estudio de T de Student de todas la varianzas en relación con el estudio pre y post de aplicarse esta metodología. La **metodología** a seguir fue primeramente en la obtención del muestreo de agua que fue de un pozo de agua subterránea de que se tiene en la comunidad de campesinos en San Marcos de la Aguada. Para nuestra supresión del arsénico, mediante la realización de 4 distintos Biofiltros, el cual tres de estos se distinguían en los valores del carbón tipo activo respecto a la cascara de manzana y por distintos cuerpos agua; el 4to de lo Biofiltros estuvo compuso por arena de color blanco y grava. Como **resultados** conseguidos de la aglomeración del arsénico, aplicados todos los biofiltros, estuvieron no mayores del 0.01 miligramos por litro, respetando los LMP dado por el Reglamento de Calidad para el Consumo Humano – DS. N° 031 – 2010 – SA. Como **conclusión** se tiene la eficacia en la remoción de arménico, pero, el biofiltro B2 a lo largo de aplicarse la prueba que se escogió que es la de T de Student para muestrear, comprobó que se tiene una eficaz supresión del concentrado por arsénico, en relación a otros biofiltros, puesto que, en lo desarrollado por el estudio estadístico, el porcentaje de significancia obtenido es de 0.46 % el cual no es mayor al $\alpha = 0.05$ o 5%, por ende, la Hipótesis Alternativa es la aceptada. De manera que el biofiltro de Carbón de tipo activo tendría eficiencia si su promedio del caudal fuese de 0.001 litros por minuto.

Campos (2024) en su tesis titulada “*Comparación de la capacidad coagulante de sábila (aloe vera) y nopal/tuna (opuntia ficus-indica) para la remoción de turbidez en aguas crudas*”, tuvo como **objetivo** comparar la capacidad coagulante de la sábila (Aloe vera) y nopal/tuna (Opuntia ficus-indica) para la remoción de turbidez en aguas crudas, Su **metodología** fue experimental, donde la variable evaluativa tuvo la intervención de las variables de calibración, están fueron manipuladas en el laboratorio de la Universidad de Huánuco, de forma experimental para la obtención de resultados. Como **resultado** se determinó que existe una diferencia en la capacidad coagulante entre la sábila y la tuna, para la remoción de turbidez en aguas crudas., la capacidad coagulante que tuvo la sábila fue de un 74.52 % y de la tuna fue de un 80.25% usando el tratamiento de coagulación y sedimentación. siendo suficiente para llegar a lo establecido por DS N° 031-2010-SA. Como **conclusión** se demostró que existe diferencia en la remoción de turbidez al emplear sábila y tuna, la tuna tiene mayor efectividad, usando el tratamiento de coagulación y sedimentación.

2.2. BASES TEÓRICAS

Coagulación

En el tratamiento de agua, la coagulación es un paso clave que permite eliminar partículas suspendidas y coloides que la simple sedimentación no logra remover. Para ello, se añaden coagulantes químicos, como sales de aluminio o hierro, los cuales neutralizan las cargas eléctricas de las partículas y facilitan su separación, favoreciendo su aglomeración en microflóculos que posteriormente se transforman en flóculos de mayor tamaño, facilitando su sedimentación por gravedad (Castellanos, 2017).

Antes de seleccionar el coagulante más adecuado, es esencial analizar las características de las partículas presentes en el agua, especialmente su tipo y carga eléctrica. Esta evaluación permite

determinar la afinidad de las partículas por el agua y su comportamiento durante el tratamiento (Castellanos, 2017).

Una vez añadido el coagulante al agua cruda, se realiza una mezcla rápida durante un intervalo corto, generalmente entre 20 y 60 segundos, para dispersar uniformemente el coagulante y promover la formación de microflóculos. Posteriormente, se lleva a cabo una floculación lenta, aplicando agitaciones suaves durante un periodo de 20 a 60 minutos, lo que permite el crecimiento de los flóculos hasta alcanzar un tamaño adecuado para su sedimentación (Castellanos, 2017).

Para determinar la dosis adecuada de coagulante se utiliza el ensayo de jarras, una prueba de laboratorio en la que se preparan varias muestras de agua sin tratar en vasos de un litro, a las cuales se les añade diferentes dosis crecientes de coagulante. Cada muestra se somete a una agitación rápida seguida de una floculación lenta, y luego se deja en reposo para permitir la sedimentación. Finalmente, se selecciona la muestra que presente las mejores condiciones de sedimentación para definir la dosis óptima del coagulante (Castellanos, 2017).

El uso de coagulantes naturales, como extractos de plantas, ha ganado atención debido a su biodegradabilidad y menor impacto ambiental. Estudios han demostrado que coagulantes naturales como la *Moringa oleifera*, *Opuntia ficus-indica* y *Solanum tuberosum* pueden alcanzar eficiencias superiores al 75% en la remoción de turbidez, comparables a los coagulantes químicos tradicionales (Ariza Ruiz & Gutiérrez Vargas, 2020).

Principales coagulantes

Guzmán, Villabona, Tejada & García (2013). Se dividen en tres coagulantes, entre los que tenemos:

- a. Coagulantes metálicos:** Son los más empleados en el tratamiento de agua sin procesar, ya que actúan tanto como agentes coagulantes como floculantes. Al disolverse en agua, generan complejos hidratados con capacidad de desestabilizar partículas en suspensión. Los compuestos más comunes dentro de esta categoría incluyen el sulfato de aluminio, sulfato férrico, sulfato ferroso, cloruro férrico y el aluminato de sodio.
- b. Polielectrólitos:** Se trata de polímeros orgánicos sintéticos con alto peso molecular y una carga eléctrica definida. Su eficacia se mantiene en un amplio rango de pH, aunque su elevado costo limita su uso, por lo que suelen emplearse en combinación con coagulantes metálicos. Según el tipo de carga eléctrica que presentan, se dividen en:
- Catiónicos, con carga positiva: al disolverse en agua, generan aniones que ayudan a eliminar partículas con carga negativa. Su rendimiento mejora en ambientes de pH bajo.
 - Aniónicos, con carga negativa: producen cationes al contacto con el agua, facilitando la remoción de partículas con carga positiva, siendo más eficaces en pH elevados.
 - No iónicos, son neutros: aunque generan iones tanto positivos como negativos, requieren dosis mayores para lograr niveles de remoción comparables a los otros tipos.
- c. Coagulantes naturales:** Se trata de una alternativa con gran potencial que todavía no se ha aprovechado del todo. Surgen de manera natural gracias a reacciones bioquímicas en animales y plantas. En la mayoría de los casos son poco o nada tóxicos e incluso corresponden a alimentos ricos en carbohidratos y proteínas solubles en agua. Algunos cuentan con propiedades coagulantes o floculantes, actuando de forma parecida a los coagulantes químicos, ya que permiten que las partículas en suspensión del agua se agrupen, se asienten con mayor facilidad y se reduzca la turbidez. En varias regiones, los pobladores los

han usado de manera empírica para aclarar el agua, obteniendo muy buenos resultados.

Coagulantes utilizados

Castellanos (2017) Cuando se añaden al agua, estos compuestos químicos reaccionan con algunos de sus elementos, sobre todo con la alcalinidad, produciendo un precipitado de gran volumen y capacidad de absorción, formado por el hidróxido metálico del coagulante usado. Los coagulantes más comunes que se aplican para desestabilizar partículas y generar flóculos son:

- Sulfato de aluminio: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- Aluminato de sodio: NaAlO_2
- Cloruro de aluminio: AlCl_3
- Cloruro férrico: FeCl_3
- Sulfato férrico: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
- Sulfato ferroso: FeSO_4

Coagulantes naturales

Castellanos (2017). En muchos lugares donde el agua es escasa y no se cuenta con electricidad ni equipos especializados, se recurre a métodos sencillos y efectivos. Uno de ellos es la aplicación de sustancias naturales en los procesos de coagulación, floculación y sedimentación. Esta práctica utiliza semillas de plantas locales, que no solo ayudan a agrupar las impurezas para limpiar el agua, sino que en algunos casos también aportan propiedades antibacterianas que mejoran su calidad.

Coagulantes vegetales naturales

Guzmán, Villabona, Tejada & García (2013). Mencionan coagulantes vegetales naturales entre los que tenemos:

- **Taninos:** Aunque históricamente han sido empleados en el curtido de pieles, diversos tipos de taninos también han mostrado

eficacia como agentes floculantes. Estas sustancias naturales son metabolitos secundarios producidos por plantas, y se encuentran comúnmente en las cortezas, frutos y hojas. En particular, las cortezas de especies como Acacia y Schinopsis son ampliamente utilizadas en la industria del cuero, entre otras variedades vegetales que también sirven como fuente de taninos.

- **Cactus:** Las especies del género *Opuntia*, pertenecientes a la familia Cactaceae, destacan por generar un hidrocoloide llamado mucílago. Esta sustancia forma una red molecular capaz de retener gran cantidad de agua. Desde el punto de vista químico, los mucílagos son polímeros complejos de tipo carbohidrato, con una estructura altamente ramificada que incluye azúcares como L-arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa y D-xilosa, además de ácido galacturónico en proporciones variables. Se han identificado dos fracciones solubles en agua: una con propiedades gelificantes, atribuida a la pectina, y otra correspondiente al mucílago, sin capacidad gelificante.
- **Moringa oleífera:** La *Moringa oleífera*, también llamada horseradish, drumstick tree o miracle tree, es una planta tropical segura en bajas dosis, presente en países de India, Asia, África subsahariana y América Latina. Sus semillas poseen un aceite comestible y una sustancia soluble en agua, lo que la convierte en el coagulante natural más investigado por especialistas en medio ambiente. En comunidades rurales africanas, se ha documentado su uso tradicional con extractos de semillas crudas para limpiar el agua turbia.
- **Almidón:** El almidón es un polisacárido formado por moléculas de glucosa unidas en su mayoría por enlaces 1-4 y, en ocasiones, con ramificaciones que incorporan enlaces 1-6. Se trata de la principal reserva de carbohidratos en la mayoría de plantas superiores, acumulándose no solo en las hojas, sino también en órganos no fotosintéticos como semillas, frutos y tubérculos. Además de consumirse como alimento, puede transformarse

mediante distintos procesos para adquirir propiedades que le permiten funcionar como estabilizante, emulsionante o gelificante.

- **Algas:** El agar, también conocido como agar-agar, es un polisacárido extraído de algas pertenecientes al género *Gelidium*. Este compuesto está conformado por una mezcla de dos tipos principales de polisacáridos: agarosa y agarpectina. La diferencia entre ambos radica en la presencia de residuos de sulfato y piruvato, los cuales son más abundantes en la agarpectina, mientras que en la agarosa se encuentran en cantidades mínimas o están ausentes. En la naturaleza, existe una transición gradual entre formas de agarosa y agarpectina altamente sulfatadas. Cabe señalar que las algas producen agar inicialmente en su forma sulfatada, y es a través de un proceso enzimático de eliminación de sulfato que se genera la anhidrogalactosa.

Coagulación y floculación

Bravo (2015). Se trata de procesos fisicoquímicos empleados para la remoción de partículas coloidales presentes en aguas residuales de origen industrial. Este fenómeno se produce al incorporar un agente coagulante, que neutraliza las cargas electrostáticas de los coloides y provoca la compresión de la capa difusa que los rodea. Como resultado, se facilita la formación de flóculos mediante este proceso actuando creando puentes entre las partículas, formando una especie de malla porosa que depende de su tamaño y que facilita la generación de grandes flóculos. En el tratamiento de agua, los coagulantes más usados se dividen en tres tipos: inorgánicos, polímeros sintéticos de origen orgánico y naturales.

Mecanismos de coagulación y floculación

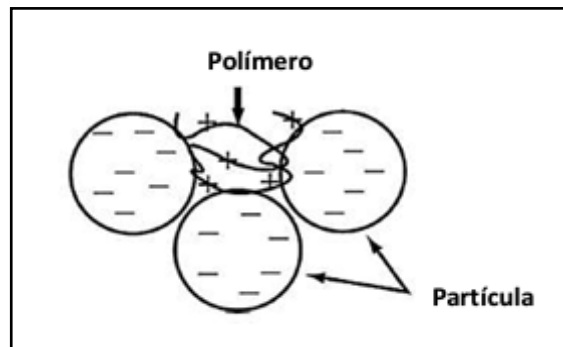
Bravo (2015). El comportamiento de los coagulantes frente a las partículas coloidales del agua se explica mediante distintos mecanismos. Entre ellos destacan la neutralización de cargas, la

creación de puentes, el parche electrostático y el barrido. Cuando se utilizan las dosis adecuadas de coagulantes y floculantes en aguas residuales, estos se adhieren a los coloides por procesos de adsorción, donde intervienen fuerzas electrostáticas, enlaces de hidrógeno y de van der Waals. Esto genera la desestabilización de las partículas y la reorganización del polímero adsorbido, lo que facilita la formación de flóculos más grandes y fáciles de sedimentar.

- **Neutralización de carga:** Este mecanismo se produce cuando las partículas contaminantes y el coagulante poseen cargas opuestas, permitiendo así la desestabilización de los coloides. Según diversos estudios, las partículas coloidales presentes en aguas residuales suelen tener carga negativa, por lo cual resultan más efectivos los floculantes inorgánicos y los polielectrolitos catiónicos de origen natural.

Figura 1

Neutralización de cargas



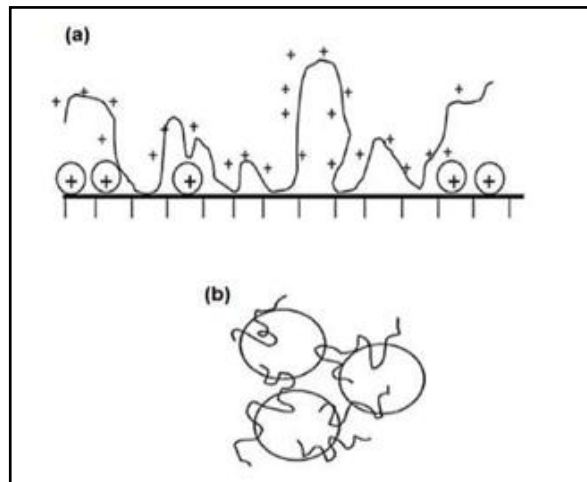
Nota: Esquema del mecanismo de coagulación, neutralización de carga. En las etapas iniciales del proceso de coagulación, las partículas coloidales comienzan a unirse como resultado de las fuerzas de Van der Waals, facilitando así la desestabilización de la suspensión coloidal.

- **Puente de polímero:** Este mecanismo ocurre, por lo general, cuando se emplean coagulantes con estructuras moleculares extensas, alto peso molecular y baja densidad de carga. Los grupos funcionales presentes en los polímeros naturales tienen la capacidad de interactuar con los sitios activos en la superficie de

las partículas coloidales. A través de esta adsorción, se genera una unión entre partículas, formando puentes que favorecen la agregación. Para que este mecanismo funcione de manera eficiente, es fundamental controlar la dosis del coagulante: cantidades excesivas pueden llevar a la reestabilización de los coloides, mientras que dosis insuficientes impiden el establecimiento de contactos suficientes para formar los puentes. Cabe señalar que los flóculos generados mediante este tipo de interacción tienden a ser más grandes y resistentes que los producidos por otros mecanismos de coagulación y floculación.

Figura 2

Puente de polímero



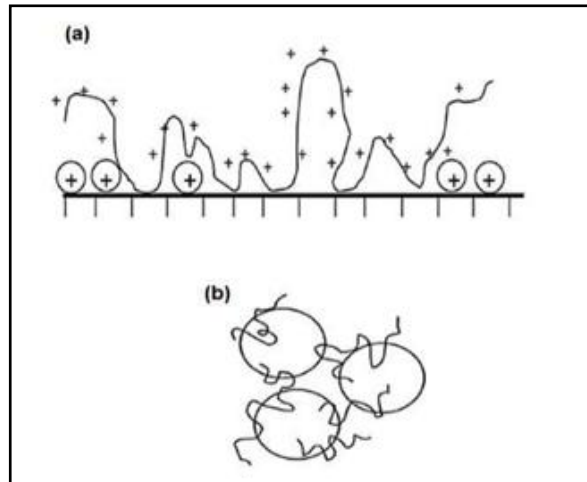
Nota: (a) Adsorción de polímero y formación de flóculos disponibles para la unión. (b) Puente polimérico entre partículas.

- **Parche electrostático:** En este mecanismo, se genera la formación de zonas localizadas con carga positiva denominadas parches catiónicos sobre superficies que inicialmente presentan carga negativa. Los coagulantes catiónicos, al poseer una alta densidad de carga positiva, se adsorben sobre las partículas coloidales con carga negativa, creando estos parches electrostáticos. En este caso, la adsorción se produce de manera parcial y localizada, lo cual permite que, al acercarse las partículas, se genere una atracción electrostática entre las

regiones positivas y negativas. Esta interacción favorece la unión de las partículas, promoviendo así la floculación.

Figura 3

Parche electrostático



Nota: (a) Partículas con carga negativa (b) Coagulantes catiónicos (c) Coagulación por neutralización de carga mediante mecanismo de parche.

- **Mecanismo de coagulación de barrido:** El mecanismo de floculación por barrido se produce cuando se incorporan coagulantes a muestras de agua con niveles bajos de turbidez. En este proceso, las partículas coloidales quedan atrapadas dentro de la masa del coagulante, lo que da lugar a la formación de flóculos de gran tamaño con una estructura tridimensional tipo red. Gracias a su extensa superficie específica y alta capacidad de adsorción, estos flóculos logran capturar eficazmente los contaminantes presentes en el agua, facilitando su remoción mediante arrastre.

Componentes de prueba en la coagulación

Vargas (1990). Menciona los principales equipos en la prueba de coagulación:

- **Prueba de jarras:** Para llevar a cabo los ensayos de simulación de procesos, se han propuesto diversas modificaciones al equipo convencional, las cuales han sido documentadas en la literatura

especializada. Si bien no es estrictamente necesario utilizar un equipo específico, en la mayoría de los casos estas pruebas se realizan con equipos comerciales, siendo uno de los más utilizados el equipo con control de velocidad variable.

- **Sistema de dosificación:** En las pruebas de coagulación se usan equipos de agitación múltiple que permiten añadir los coagulantes de manera rápida y al mismo tiempo en cada jarra. Esto es clave cuando la prueba la realiza una sola persona.
- **Sistema de agitación:** El aspecto más importante en el ensayo de jarras es la intensidad con la que se agita el agua, expresada como gradiente de movimiento. Para lograrlo se emplean paletas o rotores, que pueden funcionar mecánica o magnéticamente, y que se utilizan en una o varias unidades según la necesidad.
- **Sistema de toma de muestras:** Tras finalizar las etapas de mezcla rápida y floculación, el proceso continúa con la sedimentación bajo condiciones controladas. Los estatotes previamente mencionados cumplen la función de reducir el movimiento rotacional residual del agua dentro del vaso, favoreciendo así una sedimentación más estable. Posteriormente, se extrae el sobrenadante utilizando una pipeta volumétrica de 50 mL.
- **Iluminación:** Lo recomendable es que los vasos tengan una base blanca y estén iluminados lateralmente, de modo que la luz llegue en ángulo recto a la vista del observador.

Mejora de calidad del agua

El agua

Brenes (2005). El agua es una sustancia esencial en la naturaleza, cuya presencia en la Tierra data de hace aproximadamente tres mil millones de años. Además de ser la biomolécula más relevante, posee una estructura sencilla formada por solo tres átomos, pero con un comportamiento singular. A pesar de su aparente simplicidad, todos los seres vivos dependen absolutamente de ella para sobrevivir, razón

por la cual se le reconoce como el líquido de la vida. Entre sus propiedades fisicoquímicas destacan aquellas que resultan fundamentales para el origen y la continuidad de la vida en el planeta.

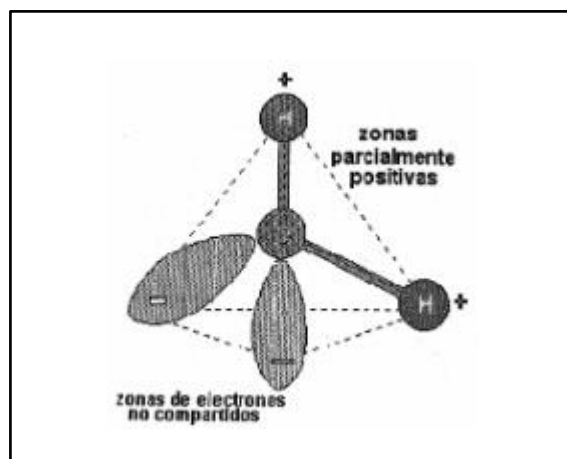
Estructura del agua

Brenes (2005). Cuando ciertos elementos se combinan con hidrógeno, suelen dar lugar a un único compuesto. Por ejemplo, el cloro solo forma cloruro de hidrógeno (HCl). Sin embargo, el oxígeno al unirse con el hidrógeno puede originar tanto agua (H_2O) como peróxido de hidrógeno (H_2O_2), lo que representa un comportamiento particular en comparación con otros elementos como el carbono, que forma miles de compuestos con hidrógeno.

La molécula de agua presenta una estructura angular en forma de "V" y no lineal. Desde una perspectiva estructural, puede representarse como un tetraedro irregular en el que el oxígeno se sitúa en el centro. Dos de los vértices del tetraedro están ocupados por los enlaces entre el oxígeno y los átomos de hidrógeno, mientras que los otros dos vértices corresponden a pares de electrones no compartidos, localizados en orbitales híbridos sp^3 . Esta configuración da como resultado un ángulo de enlace entre los hidrógenos cercano a 104° .

Figura 4

Estructura del agua



Nota: Estructura tetraédrica del agua.

Propiedades químicas del agua

Donato (1999) en su libro divide las propiedades químicas del agua en lo siguiente:

- **Dureza:** Se refiere a la capacidad del agua para formar espuma, lo cual está directamente relacionado con la cantidad de jabón que se requiere para lograrla. Esta característica está determinada por la presencia de iones metálicos divalentes, principalmente los cationes de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}). Según Romero (1996), los minerales presentes en el agua reaccionan con el jabón, generando espuma como resultado. La dureza es una propiedad particularmente relevante en acuíferos cársticos, formados en rocas carbonatadas como la dolomita y la caliza, que tienden a disolverse y liberar carbonatos y bicarbonatos al agua.
- **Alcalinidad:** Se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos, aceptar protones o reaccionar con iones hidrógeno. También se puede entender como una medida del contenido total de sustancias alcalinas, principalmente el ion hidroxilo (OH^-). La medición de la alcalinidad total y sus distintas formas es esencial en procesos como la coagulación química, el ablandamiento del agua, el control de la corrosión y la evaluación de su capacidad amortiguadora. En tratamientos de ablandamiento por precipitación, conocer la alcalinidad es indispensable para calcular las dosis adecuadas de cal y carbonato de sodio. En aguas naturales, esta propiedad suele deberse a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.
- **Acidez:** Corresponde a la capacidad del agua para neutralizar sustancias básicas, ceder protones o reaccionar con iones hidroxilo. Se expresa como una medida del contenido total de componentes ácidos presentes en la muestra. Cuando el agua subterránea presenta un nivel elevado de acidez, puede generar

corrosión en las estructuras metálicas de los pozos y sistemas de bombeo.

- **Potencial de Hidrógeno (pH):** El pH es un término usado en todo el mundo para expresar qué tan ácida o alcalina es una solución, y se calcula con una fórmula logarítmica. En el caso del agua subterránea, su valor suele ser equilibrado porque rara vez contiene minerales libres. La escala va de 0 a 14, siendo 7 el punto neutro: por debajo de este valor el agua es ácida y por encima, alcalina. Se puede medir con sustancias indicadoras, papeles como el tornasol o el universal, y con instrumentos electrónicos llamados pH-metros.

Propiedades físicas del agua

Donato (1999) en su libro divide las propiedades físicas del agua en lo siguiente:

- **Turbidez:** Se refiere a una propiedad óptica del agua que impide el paso directo de la luz, provocando su dispersión y reflexión en lugar de su transmisión a través de una suspensión. Esta condición es ocasionada por la presencia de materiales sólidos suspendidos en el agua, cuyos tamaños pueden variar desde partículas coloidales hasta fragmentos más grandes. Entre los responsables comunes de la turbidez se encuentran las arcillas, limos, residuos orgánicos e inorgánicos, fitoplancton y otros microorganismos.
- **Sólidos totales disueltos (STD):** Representan una medida de la salinidad del agua, expresada en miligramos por litro [mg/L], y corresponden principalmente a la concentración de sales inorgánicas disueltas. En aguas de alta calidad, los STD se aproximan al contenido de minerales disueltos.
- **Color:** El color del agua puede deberse a diversas causas, como la presencia de hierro y manganeso en forma coloidal, así como el contacto con materia orgánica en descomposición (hojas, raíces, etc.), o sustancias como taninos y ácidos húmicos.

También puede estar influenciado por residuos industriales. El color en el agua puede clasificarse en dos tipos: el color verdadero, que es el observado después de eliminar la turbidez, y el color aparente, que incluye tanto las sustancias disueltas como las suspendidas. La remoción del color natural suele requerir el uso de coagulantes con sales de iones metálicos trivalentes como el aluminio (Al^{3+}) o el hierro (Fe^{3+}).

- **Olor y sabor:** Estas características suelen presentarse de forma conjunta y son difíciles de diferenciar. Sus causas más frecuentes incluyen compuestos orgánicos disueltos, ácido sulfhídrico, sales como cloruro y sulfato de sodio o magnesio, hierro, manganeso, aceites, fenoles, productos derivados del cloro, así como la presencia de algas, hongos u otros organismos.
- **Temperatura:** Es un parámetro crucial en el análisis de agua, ya que influye en diversos procesos, como la solubilidad del oxígeno, la actividad biológica y la saturación de carbonato de calcio. Por ello, su medición precisa es fundamental en tratamientos y ensayos de laboratorio.
- **Conductividad eléctrica específica:** Mide la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica. Esta propiedad se determina al comparar la conductividad de 1 cm^3 de la muestra con la de igual volumen de agua pura, la cual presenta baja conductividad, actuando como buen aislante.
- **Salinidad:** Se define como el contenido total de sólidos disueltos en el agua, luego de que todos los carbonatos han sido transformados en óxidos, los bromuros e yoduros reemplazados por cloruros equivalentes, y la materia orgánica completamente oxidada.

Parámetros del agua

OMS (2012) Para evaluar la calidad del agua, considera distintos tipos de parámetros que permiten identificar su aptitud para diversos

usos, incluyendo el consumo humano. Estos parámetros se agrupan en las siguientes categorías:

- **Parámetros microbiológicos:** Se utilizan para detectar la presencia de microorganismos patógenos en el agua, como bacterias, virus o protozoos, cuya existencia puede reflejar contaminación de origen fecal y representar un riesgo para la salud pública. Entre los indicadores más comunes se encuentran *Escherichia coli* y los coliformes totales.
- **Parámetros físico-químicos:** Comprende mediciones relacionadas con las características físicas y químicas del agua, tales como el pH, la temperatura, la turbidez, la conductividad eléctrica y el nivel de oxígeno disuelto. Alteraciones en estos valores pueden comprometer tanto la vida acuática como la idoneidad del agua para el consumo humano o usos industriales.
- **Parámetros químicos:** Evalúan la presencia de sustancias químicas disueltas en el agua, como nitratos, fosfatos, amonio, metales pesados (plomo, mercurio, entre otros) y compuestos orgánicos como pesticidas. Algunos de estos compuestos pueden ser tóxicos o provocar efectos adversos a largo plazo en la salud.
- **Parámetros radiológicos:** Se encargan de medir la concentración de radionúclidos presentes en el agua. La exposición a niveles elevados de radiactividad puede generar consecuencias negativas para la salud, por lo que su control es fundamental en la evaluación de la calidad del agua.

Impurezas en fuentes de agua

Vargas & Romero (2006). El agua contiene distintas sustancias que se agrupan según su tamaño. En primer lugar, están los sólidos suspendidos (mayores a 10^{-6} m), como arena, arcillas y restos orgánicos de plantas y animales, además de microorganismos (bacterias, algas, virus, plancton) que son los principales responsables de la turbidez y del color. Luego están las partículas coloidales (entre 10^{-6} m y 10^{-9} m), más pequeñas y con sedimentación muy lenta, que

también influyen en la turbidez y la coloración. Finalmente, se encuentran las sustancias disueltas (menores a 10^{-9} m), que comprenden iones, compuestos orgánicos como ácidos y alcoholes, y gases disueltos como oxígeno, dióxido de carbono o sulfuro de hidrógeno.

Partículas coloidales

Barrnechea (2004) En el agua, las partículas coloidales suelen medir entre 1 y 1.000 milimicrómetros, y su comportamiento depende de qué estén hechas y de dónde provengan. Son, en gran parte, las responsables de la turbidez.

En líneas generales, los coloides tienen un tamaño intermedio: son más grandes que las partículas de una solución verdadera, pero más pequeñas que las partículas en suspensión.

Tipos de coloidales

Barrnechea (2004) divide en dos tipos los coloides:

Coloides hidrófobos; son de gran relevancia en los procesos de tratamiento de agua, ya que presentan inestabilidad termodinámica y tienden a transformarse en estructuras más grandes y no coloidales, como cristales. Esta inestabilidad los hace susceptibles a procesos de coagulación.

Coloides hidrofílicos; incluyen soluciones verdaderas formadas por macromoléculas o por agrupaciones moleculares más pequeñas denominadas micelas, cuyos tamaños se encuentran dentro del rango coloidal. Este tipo de coloides abarca una variedad de polímeros, tanto naturales como sintéticos, así como sustancias biológicas relevantes como proteínas, ácidos nucleicos, almidones y otras macromoléculas esenciales.

Color

Castellanos (2017) El color es una propiedad óptica que se manifiesta por efecto del fenómeno Tyndall-Faraday y repercute principalmente en el aspecto estético del agua. Esta característica es generada por sustancias disueltas de diversos orígenes:

- **Orgánico:** Asociado a compuestos como los ácidos húmicos y fúlvicos, derivados de la descomposición de materia vegetal.
- **Mineral:** Frecuentemente producido por la presencia de hierro y manganeso, elementos comunes en formaciones geológicas donde se localiza la fuente hídrica.
- **Industrial:** Puede deberse a efluentes provenientes de industrias, como las textiles o papeleras, que descargan sustancias colorantes en cuerpos de agua

El color se mide en Unidades de Platino-Cobalto (UPC) o Unidades de Color (UC), empleando instrumentos como colorímetros o fotómetros. Si la muestra no ha sido filtrada (por ejemplo, mediante un filtro de 0.45 micras), se mide el color aparente, que incluye el efecto de partículas suspendidas. Si la turbidez se elimina previamente, el valor obtenido corresponde al color verdadero. En aguas destinadas al consumo humano, el color no debe superar las 15 UPC.

Turbiedad

Castellanos (2017) la turbidez es una propiedad óptica determinada por la Ley de Beer y corresponde a la dificultad que tiene la luz para atravesar una muestra de agua. Esta condición es provocada por la presencia de materiales no solubles en suspensión, cuyo tamaño varía entre 1 y 1.000 nanómetros. Entre los principales causantes de turbidez se encuentran:

- Arcilla (principalmente)
- Sedimentos
- Partículas orgánicas coloidales

- Plancton
- Microorganismos

La turbidez es un indicador indirecto de la concentración de partículas coloidales presentes en el agua. Estas pueden tener su origen en procesos de erosión por deforestación en las cuencas, arrastre de sedimentos por el flujo de agua, proliferación de microorganismos o vertimientos provenientes de fuentes domésticas, industriales o agrícolas. El valor de la turbidez se expresa en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) y se determina mediante equipos denominados turbidímetros.

Tratamiento de aguas

Reynolds (2002). Los pasos básicos para el tratamiento de aguas incluyen:

- **Pretratamiento:** Eliminación física de objetos grandes y residuos sólidos de mayor tamaño.
- **Deposición primaria:** Se basa en la sedimentación natural por gravedad para separar sólidos y contaminantes que se adhieren a ellos.
- **Tratamiento secundario:** Emplea procesos biológicos, como lodos activados o filtros de goteo, donde microorganismos ayudan a descomponer la materia orgánica.
- **Tratamiento terciario:** Utiliza métodos químicos, como la precipitación y la desinfección, para eliminar contaminantes que aún permanecen y mejorar la calidad final del agua.

Lúcuma

La lúcuma (*Pouteria lucuma*) conocida como “fruta de oro” u “oro de los incas”, proviene de la zona andina de Ecuador, Chile y Perú (Yahia y Gutiérrez-Orozco, 2011). Su intenso color amarillo, aroma agradable y sabor dulce la han hecho cada vez más popular. Maza y Paucar (2020) señalan que este creciente interés se debe a sus

beneficios funcionales y a sus compuestos bioactivos, entre ellos β -carotenos, compuestos fenólicos y fitoesteroles, con efectos positivos para la salud, incluyendo efectos antioxidantes, antiinflamatorios, y antihipertensivos. La demanda de lúcuma ha crecido exponencialmente en mercados internacionales, especialmente en Europa, Norteamérica y Asia, y se comercializa tanto como fruta fresca, pulpa congelada y harina (SIICEX, 2019; Krader y Bartenstein, 2018; Posada, 2018).

Taxonomía

La taxonomía de la lúcuma (*Pouteria lucuma*) se organiza de la siguiente manera:

- Reino : Plantae
- División : Magnoliophyta
- Clase : Magnoliopsida
- Orden : Ericales
- Familia : Sapotaceae
- Género : Pouteria
- Especie : Pouteria lucuma

Esta especie, originaria de las regiones andinas de Perú, Ecuador y Chile, pertenece a la familia Sapotaceae, que agrupa a plantas conocidas por sus frutos y látex, y es ampliamente valorada por sus propiedades nutricionales y funcionales en la alimentación y la salud.

Características del fruto

El fruto es una baya que puede ser esférica, cónica o algo aplanada en la base. Su cáscara es delgada, de color verde o amarillo bronce, y en la parte superior suele mostrar un tono bruno plateado. La pulpa tiene un color amarillo intenso, sabor y aroma agradables, con textura harinosa y consistencia suave. La semilla está recubierta por un endocarpio delgado de color amarillo claro. (MIDAGRI)

Composición

La lúcuma está constituida en su mayoría por agua (58%), carbohidratos (30%), proteínas (1.5%-2.4%), y grasas (menos del 1%), con variaciones según el biotipo (Castillo y Llajamango, 2010; Fuentealba et al., 2016; García, 2016). Janampa (2017) y Mejía (2017) identificaron en la lúcuma ácidos orgánicos como el ascórbico, málico, y cítrico, además de ácidos grasos en la pepa y corteza, incluyendo el ácido palmítico y linoleico. En cuanto a la fibra, la lúcuma es rica en fibra insoluble (1.3%) que supera a frutas como la papaya y el mango, haciendo de esta una excelente fuente de fibra dietética (Glorio et al., 2008). El contenido de micronutrientes incluye vitaminas A, C, y del complejo B (niacina, riboflavina, tiamina) y minerales como el potasio, calcio, y magnesio, siendo el potasio el más abundante (Yahia y Gutiérrez-Orozco, 2011; Janampa, 2017)

Agua para el consumo humano

De acuerdo con el Ministerio de Salud (MINSA), se considera agua segura aquella que no representa riesgo para la salud humana y que cumple con los requisitos establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, relacionados con sus características de calidad. (MINSA, 2011)

Normativa legal e institucional de consumo y tratamiento de agua

Tabla 1

Composición de la lúcuma

Componente	Yahia y Gutierrez-Orozco (2011)	MINSA (2017)	Duarte y Paull (2015)
Agua	62%	61.70%	72.30%
Proteína	2,3g	2,1g	1,5g
Carbohidratos	33,2g	34,9g	25g
Grasas	0,2g	0,2g	0,5g
Fibra	1,1g	10,2g	1,3g
Calcio	16mg	16mg	16mg

Fósforos	26mg	26mg	26mg
Hierro	0,4mg	0,79mg	0,4mg
Tiamina	0,01mg	0,01mg	0,01mg
Riboflavina	0,14mg	0,14mg	0,14mg
Niacina	1,96mg	1,96mg	1,96mg
Vitamina C	5,4mg	0,77mg	2,2mg
Vitamina A		292ug	
β – carotenos		1750	

Nota: Valores expresados por cada 100 g de pulpa fresca de lúcum. Unidades: g = gramos; mg = miligramos; µg = microgramos; indica dato no reportado. Fuente. Adaptado de Yahia y Gutiérrez-Orozco (2011); Ministerio de Salud (2017); Duarte y Paull (2015).

Componentes bioactivos

Los componentes bioactivos de la lúcum (*Pouteria lucuma*) han sido ampliamente estudiados debido a su potencial antioxidante, antiinflamatorio y funcional. Entre estos compuestos destacan los fenoles totales, carotenoides, fitoesteroles y tocoferoles, cuya presencia varía en función del biotipo y las condiciones de cultivo.

Fuentealba *et al.* (2016) destacan la abundancia de compuestos fenólicos en los biotipos Rosalía y Leiva, reportando valores superiores incluso a los registrados en frutas reconocidas por su contenido antioxidante, como la manzana y la fresa deshidratada. Este hallazgo sugiere que ciertos biotipos de lúcum presentan un perfil bioactivo particularmente elevado, lo que los hace adecuados para el desarrollo de alimentos funcionales o suplementos antioxidantes naturales.

García (2016) identificó en la pulpa de lúcum la presencia de compuestos como ácido elágico, catequina, epicatequina y hesperetina, todos ellos conocidos por su actividad antioxidante y antiinflamatoria. Además, se reportó la presencia de fitoesteroles como el β-sitosterol y el cicloartenol, los cuales desempeñan un papel importante en la reducción del colesterol sérico, además de poseer propiedades antiinflamatorias y cardioprotectoras. En cuanto a los tocoferoles, se identificaron los tipos alfa y gamma, siendo el α-tocoferol el más abundante, particularmente en la variedad conocida como Seda.

Mejía (2017) complementa estos hallazgos con la identificación de carotenoides específicos como violaxantina y zexantina, pigmentos que contribuyen al color amarillo intenso de la pulpa de lúcuma y que, además, poseen actividad provitamínica A. Asimismo, se confirmó la presencia de tocoferoles y carotenoides en concentraciones variables según el biotipo analizado, lo que refuerza el valor nutricional de esta fruta.

Gómez-Maqueo *et al.* (2020) realizaron un análisis más amplio en el que identificaron hasta 33 tipos distintos de carotenoides en muestras de lúcuma, destacando entre ellos el β -criptoxantina, compuesto bioactivo de alta relevancia por su actividad antioxidante y su función como precursor de la vitamina A. Esta diversidad de carotenoides confirma la riqueza fitoquímica de la lúcuma y su potencial como ingrediente funcional en la industria alimentaria.

Actividad antioxidante

Diversos estudios destacan la capacidad antioxidante de la lúcuma (*Pouteria lucuma*), especialmente en sus fracciones hidrofílicas. Esta propiedad ha sido vinculada a su potencial en aplicaciones funcionales, tanto alimentarias como terapéuticas.

Fuentealba *et al.* (2016) demostraron que los biotipos Rosalia, Leiva y Montero presentan capacidad para inhibir radicales libres en ensayos ABTS y DPPH, siendo el biotipo Rosalia el que registró la mayor actividad antioxidante. Estos hallazgos sugieren que ciertas variantes genéticas de la lúcuma podrían tener un mayor potencial bioactivo, lo cual es relevante al momento de seleccionar materiales para investigación o aplicaciones industriales.

Mejía (2017) reporta que esta capacidad antioxidante está relacionada con la presencia de compuestos fenólicos, carotenoides y tocoferoles en la fruta. Estos compuestos son conocidos por su capacidad para neutralizar especies reactivas de oxígeno, lo que les

confiere valor en la prevención del estrés oxidativo y enfermedades asociadas a procesos inflamatorios y degenerativos.

Zapata *et al.* (2014) compararon la fracción hidrofílica de la lúcuma con otras frutas comunes como la granadilla, el lulo, la mora y el kiwi. Sus resultados indicaron que la lúcuma supera a la granadilla y al lulo en actividad antioxidante, y presenta valores comparables a los de la mora y el kiwi, posicionándola como una fruta con alto potencial antioxidante en el mercado de alimentos funcionales.

Govea *et al.* (2013) identificaron la presencia de ácido gálico en la composición de la lúcuma, compuesto que además de aportar capacidad antioxidante, también contribuye a propiedades antiinflamatorias, antibióticas y anticancerígenas. En estudios celulares, se observó que este compuesto induce procesos apoptóticos en células cancerosas sin dañar células sanas, lo que abre nuevas líneas de investigación en oncología natural.

Utilización de la lúcuma en la mejora de calidad del agua

En cuanto a su utilización en la mejora de la calidad del agua, el estudio reciente de Rumiche (2023) destaca que la harina de lúcuma puede actuar como un agente reductor de la actividad de agua. Este efecto se aprovecha para reducir la disponibilidad de agua libre, controlando la actividad microbiana y enzimática que acelera el deterioro de alimentos. Este principio puede aplicarse en la purificación del agua, particularmente en la reducción de turbidez y control de microorganismos, mejorando así la calidad del agua para riego y otras aplicaciones.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Agua

A pesar de su estructura molecular simple, posee propiedades inusuales que la hacen indispensable para la vida. Todos los seres vivos dependen completamente de este recurso, razón por la cual se le considera como el "líquido vital". (Brenes, 2005)

Coagulación

Definido como el aditamento sustratos al agua, de tal manera en que los contaminantes y moléculas disueltas se congutinen y se forme un fragmento de mayor tamaño para que en el proceso de remoción, puedan ser retirados los sólidos formados. (Arboleda, 1992)

Coagulante natural

Constituyen una fuente alternativa de gran potencial todavía poco aprovechada, originada de reacciones bioquímicas que tienen lugar en animales y plantas. Generalmente presentan baja o nula toxicidad y, en muchos casos, corresponden a productos alimenticios con elevado contenido de carbohidratos y proteínas solubles en agua. (Guzmán *et al.* 2013)

Color

Es una característica óptica influenciada por el fenómeno de Tyndall-Faraday, que altera su apariencia visual. Esta propiedad es el resultado de compuestos disueltos en el agua, los cuales pueden tener distintos orígenes, ya sean orgánicos, minerales o industriales. (Castellanos, 2017)

Contaminación del agua

La contaminación del agua se produce cuando agentes físicos, químicos o biológicos alteran su composición natural, disminuyendo su calidad y haciéndola inadecuada para el consumo humano, el uso

doméstico, agrícola o industrial, así como para el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Esta contaminación puede tener origen antrópico, como el vertido de aguas residuales, plaguicidas, metales pesados o hidrocarburos, comprometiendo gravemente la salud pública y el ambiente. (González, 2018)

Lúcuma

La lúcuma (*Pouteria lucuma*) pertenece a la familia Sapotaceae conocida como lucma, lucmo, lúcuma, lúcumo, mammon, cumala, rucma o marco, es una fruta nativa de los andes del Perú, Ecuador y Chile, formó parte importante de la dieta prehispánica de los habitantes de esta área. El árbol de la lúcuma tiene una altura de 8 a 15m, tiene un periodo juvenil largo de 15 años. (Yahia & Gutierrez-Orozco, 2011)

Floculación

Es la manifestación donde las partículas desestabilizadas colisionan unas con otras con la finalidad de producir coágulos mayores. (Arboleda, 1992)

Turbidez

Es una propiedad óptica que refleja la dificultad del paso de la luz a través del agua, tal como lo establece la ley de Beer. Esta condición es causada por la presencia de partículas no disueltas en suspensión, lo que afecta la claridad del líquido. (Castellanos, 2017)

2.4. HIPÓTESIS

H₁: El coagulante natural derivado de la semilla de lúcuma (*Pouteria lucuma*) genera un efecto significativo en los parámetros de calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín.

H₀: El coagulante natural derivado de la semilla de lúcuma (*Pouteria lucuma*) no genera un efecto significativo en los parámetros de calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Coagulante natural derivado de la lúcura (*Pouteria lucuma*).

2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA

Mejora de calidad del agua.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“EFECTO COAGULANTE DE LÚCUMA (*Pouteria lucuma*) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUALLAGA, SAN MARTÍN, 2025”

Variable de calibración	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Capacidad coagulante	Capacidad de una sustancia de provocar la aglomeración de partículas en una suspensión para facilitar su separación.	Medición de la eficacia de la lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>) como coagulante natural en la remoción de turbidez en muestras de agua.	Coagulación	Lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>)	Dependiente de los resultados de la evaluación	Nominal
Variable evaluativa	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores *	Valor final	Tipo de variable
Calidad del agua	Conjunto de propiedades y características físicoquímicas y microbiológicas que determinan la condición del agua y su aptitud para el consumo o uso en diversas actividades.	Medición de los parámetros físicoquímicos antes y después de aplicar de la lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>) como coagulante en muestras de agua del río Huallaga.	Parámetros físicoquímicos	• Turbiedad • pH • Conductividad • Temperatura	NTU Valor de pH µmho/cm °C	Numérica continua

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Durante esta investigación trabajamos con datos de primera mano, lo que la convierte en un estudio prospectivo. Medimos la calidad del agua en dos momentos clave antes de añadir la harina de lúcuma y tras dejarla sedimentar dándole un carácter longitudinal. Al centrarnos en cómo el tratamiento con semilla de lúcuma influye en la claridad y otros indicadores del agua, adoptamos un enfoque analítico que nos permitió explorar directamente la relación causa-efecto. Además, como aplicamos el coagulante natural y evaluamos sus resultados en el laboratorio, el estudio también encaja dentro de los diseños de intervención. (Supo & Zacarías, 2020)

3.1.1. ENFOQUE

Se empleó la recolección de datos para analizar las muestras, el estudio adoptó un enfoque cuantitativo, y se aplicó la estadística ya que los parámetros eran de naturaleza numérica, lo que permitió obtener resultados más precisos. (Sampieri *et al.* 2003)

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

De acuerdo con los alcances definidos, la investigación tuvo un carácter aplicativo; se recurrió a los antecedentes para manipular la variable de calibración, lo que permitió obtener los resultados. (Supo & Zacarías, 2020)

3.1.3. DISEÑO

Durante la investigación se implementó un diseño experimental en el que la variable de calibración intervino directamente sobre la variable evaluativa; ésta fue manipulada de forma controlada para generar nuevos resultados.

G. E. $\Theta 1$ -----X----- $\Theta 2$

Donde:

G.E.: Grupo experimental con coagulante natural de la lúcura (*Pouteria lucuma*)

$\Theta 1$: Observación inicial (pre test).

$\Theta 2$: Observación final (post test).

X: Intervención con la especie de la lúcura (*Pouteria lucuma*)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Para la investigación se tomó como población las aguas turbias de la cuenca baja río Huallaga, provincia de Tocache, departamento de San Martín.

3.2.2. MUESTRA

La muestra de la investigación fue de 64 litros de agua de la cuenca baja río Huallaga, se tuvo 16 unidades de análisis por cada concentración para el laboratorio.

La investigación se realizó en el mes de diciembre del 2024 y culminando en marzo del año 2025.

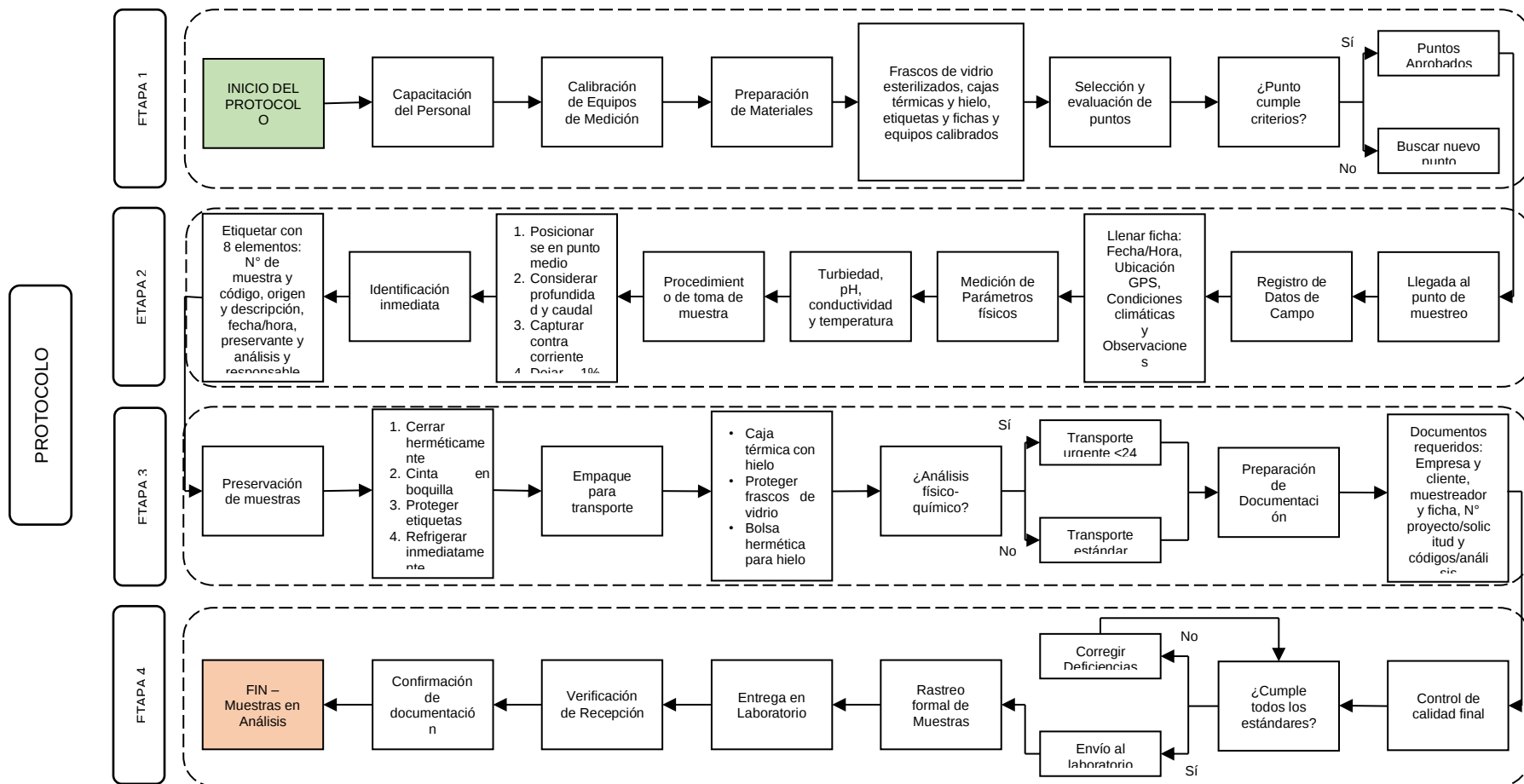
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variable de calibración	Indicadores	Técnicas	Instrumentos o recursos
Capacidad coagulante	Lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>)	Observación	Pruebas de coagulación/floculación, agua de muestra tratada con extracto de (<i>Pouteria lucuma</i>)
Variable evaluativa	Indicadores	Técnicas	Instrumentos o recursos
Calidad del agua	Parámetros físicoquímicos Turbiedad pH Conductividad Temperatura	Observación	Laboratorio



3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Se aplicó el uso de tablas y gráficos resultantes de análisis estadísticos, cuyos resultados fueron interpretados por el investigador y resultaron útiles para la discusión de la hipótesis y la elaboración de las conclusiones del proyecto de investigación.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Los datos fueron procesados utilizando el software Excel, el análisis de la información fue con ayuda de tablas de frecuencia, gráficos y pruebas de hipótesis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 3

Resultados de la remoción de turbidez en aguas de la cuenca baja del río Huallaga utilizando diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcumá, San Martín, 2025.

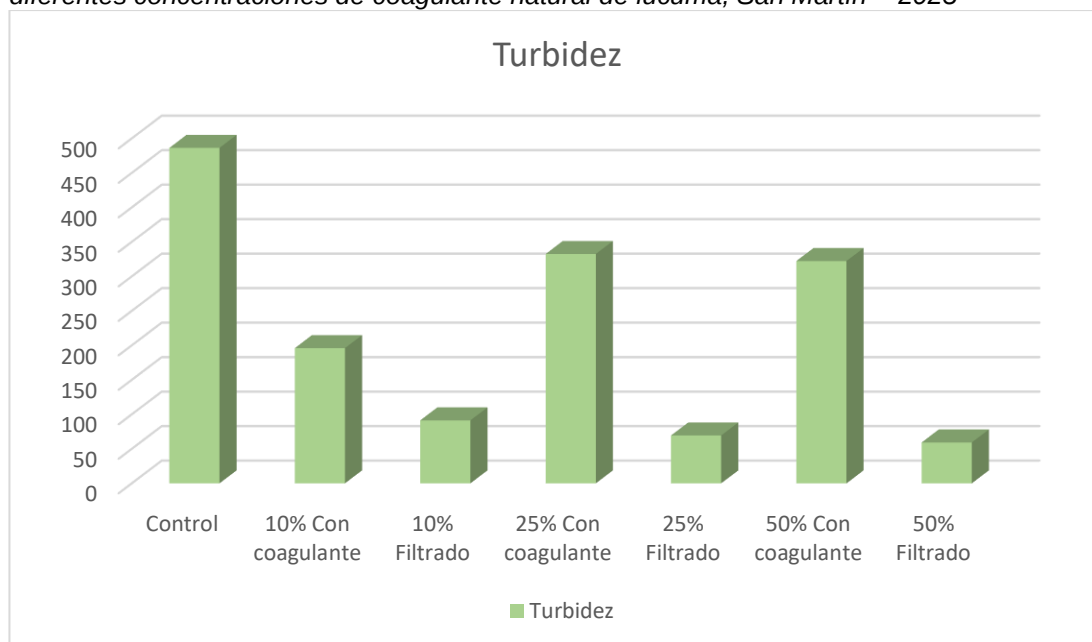
Parámetro	Concentración	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
Control	-	486.3	101.4	356	709	435.5
10% Con coagulante	10%	196.0	56.1	148	341	192.5
10% Después filtrado	10%	91.3	16.8	64.4	120	94.5
25% Con coagulante	25%	332.5	86.9	184	480	351.5
25% Después filtrado	25%	69.4	14.6	51	98.9	63.5
50% Con coagulante	50%	322.3	52.8	251	419	305.0
50% Después filtrado	50%	59.3	10.9	40.5	76.4	60.0

Nota. Resultados analizados estadísticamente a partir de los informes emitidos por el laboratorio de la Universidad de Huánuco.

Se ha encontrado que, descriptivamente, la aplicación del coagulante natural de lúcumá redujo significativamente los niveles de turbidez en comparación con el control. Esta disminución fue más notoria tras el proceso de filtración, especialmente a concentraciones del 25% y 50%, donde se alcanzaron los valores más bajos de turbidez. Los resultados muestran una relación directa entre la concentración del coagulante y la eficiencia del tratamiento.

Figura 5

Comparación gráfica de la turbidez en aguas de la cuenca baja del río Huallaga tras aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025



Nota: Gráfica a partir de los resultados otorgados por el laboratorio de la Universidad de Huánuco.

Tabla 4

Resultados de la variación de conductividad en aguas de la cuenca baja del río Huallaga luego de aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025.

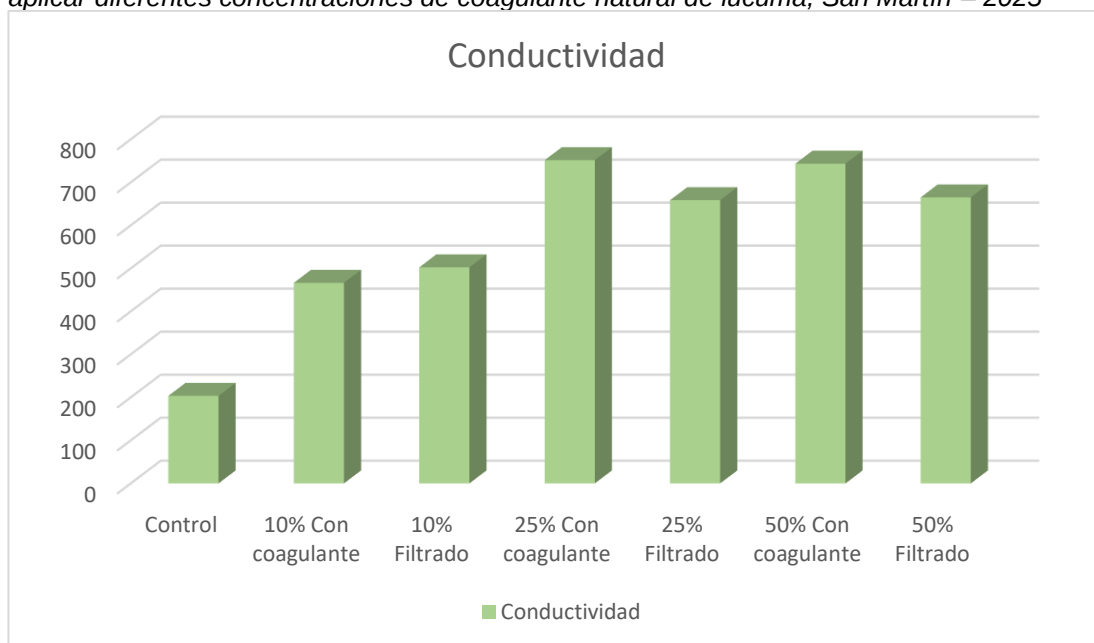
Parámetro	Concentración	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
Control	-	486.3	101.4	356	709	435.5
10% Con coagulante	10%	196.0	56.1	148	341	192.5
10% Después filtrado	10%	91.3	16.8	64.4	120	94.5
25% Con coagulante	25%	332.5	86.9	184	480	351.5
25% Después filtrado	25%	69.4	14.6	51	98.9	63.5
50% Con coagulante	50%	322.3	52.8	251	419	305.0
50% Después filtrado	50%	59.3	10.9	40.5	76.4	60.0

Nota. Resultados analizados estadísticamente a partir de los informes emitidos por el laboratorio de la Universidad de Huánuco.

La aplicación del coagulante natural de lúcuma generó un aumento progresivo en los niveles de conductividad del agua tratada, en comparación con el valor inicial del grupo control. Este incremento fue mayor en las muestras con concentraciones del 25% y 50%, tanto antes como después de la filtración, lo que sugiere que el extracto de lúcuma libera compuestos solubles que influyen en la conductividad eléctrica del agua. No obstante, tras el proceso de filtración, se observa una ligera reducción en los valores, especialmente a mayor concentración.

Figura 6

Comparación gráfica de la conductividad en aguas de la cuenca baja del río Huallaga tras aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025



Nota: Gráfica a partir de los resultados otorgados por el laboratorio de la Universidad de Huánuco.

Tabla 5

Resultados de la variación del pH en aguas de la cuenca baja del río Huallaga luego de aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025.

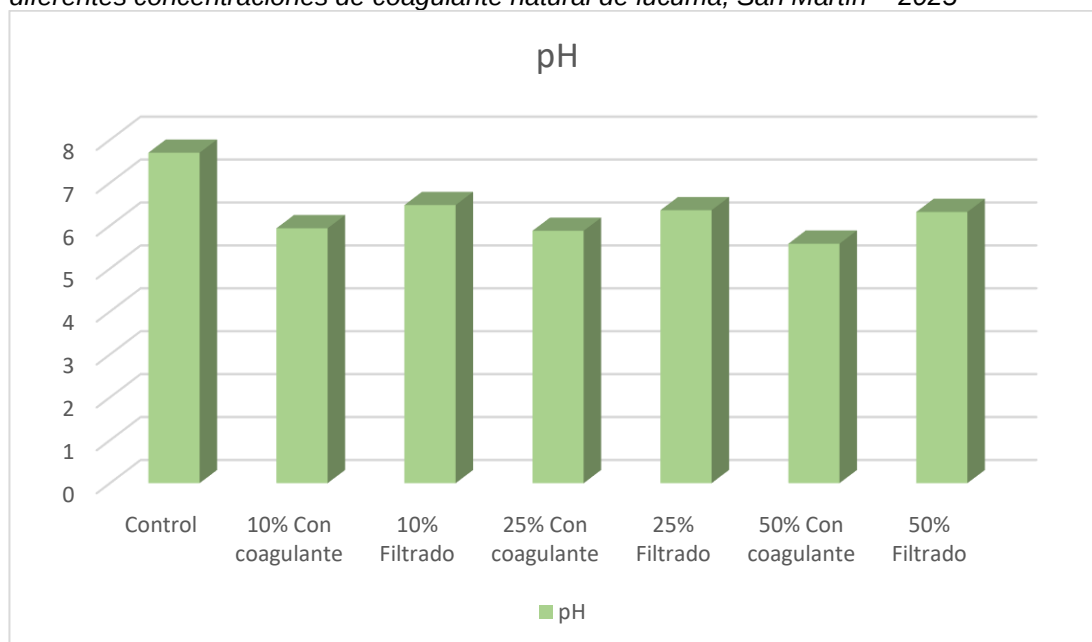
Parámetro	Concentración	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
Control	-	7.70	0.22	7.29	8.09	7.71
10% Con coagulante	10%	5.94	0.24	5.66	6.39	5.88
10% Después filtrado	10%	6.48	0.21	6.09	6.75	6.48
25% Con coagulante	25%	5.88	0.25	5.45	6.33	5.94
25% Después filtrado	25%	6.36	0.17	6.20	6.72	6.30
50% Con coagulante	50%	5.58	0.22	5.23	5.95	5.64
50% Después filtrado	50%	6.32	0.23	6.00	6.68	6.27

Nota. Resultados analizados estadísticamente a partir de los informes emitidos por el laboratorio de la Universidad de Huánuco.

Los valores de pH disminuyeron en todas las muestras tratadas con coagulante natural de lúcuma en comparación con el agua sin tratar. Esta reducción fue más acentuada inmediatamente después de aplicar el coagulante, especialmente en las concentraciones del 25% y 50%. Tras la filtración, se observó una ligera recuperación del pH, aunque sin alcanzar los niveles del control. Esto sugiere que el coagulante de lúcuma tiende a acidificar levemente el agua, efecto que se atenúa con el proceso de filtrado.

Figura 7

Comparación gráfica de la pH en aguas de la cuenca baja del río Huallaga tras aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025



Nota: Gráfica a partir de los resultados otorgados por el laboratorio de la Universidad de Huánuco.

Tabla 6

Resultados de la variación de la temperatura en aguas de la cuenca baja del río Huallaga luego de aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025.

Parámetro	Concentración	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
Control	-	22.92	0.37	22.4	23.6	22.8
10% Con coagulante	10%	23.3	0.13	23.1	23.5	23.3
10% Después filtrado	10%	23	0.2	22.7	23.4	22.95
25% Con coagulante	25%	22.87	0.19	22.5	23.2	22.85
25% Después filtrado	25%	22.77	0.17	22.4	23.1	22.8
50% Con coagulante	50%	22.61	0.24	22.2	22.9	22.6

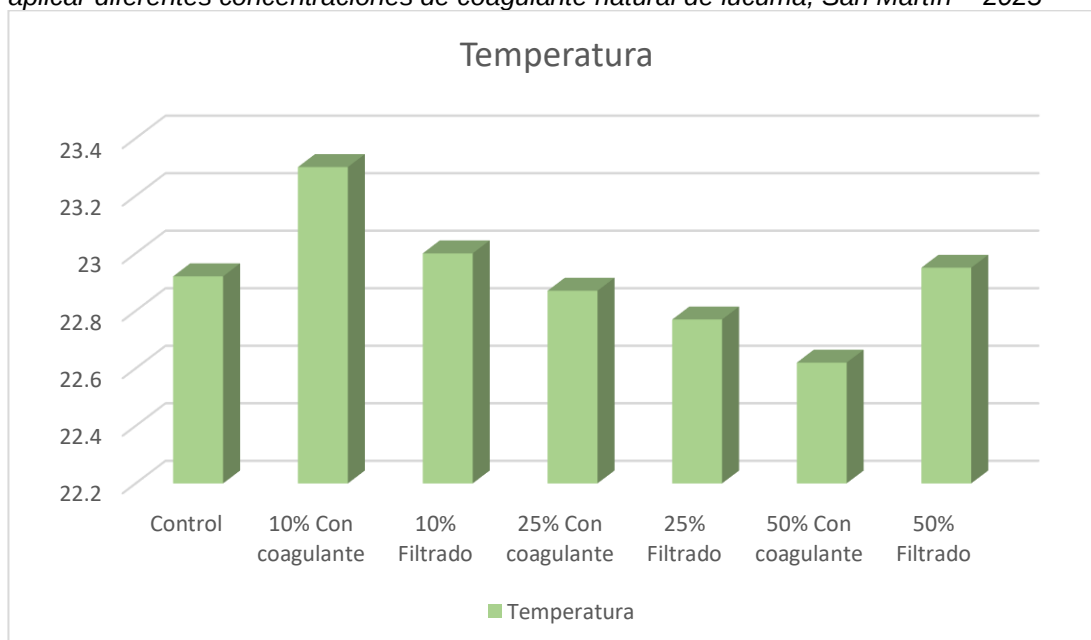
50% Después filtrado	50%	22.92	0.30	22.4	23.4	22.9
----------------------------	-----	-------	------	------	------	------

Nota. Resultados analizados estadísticamente a partir de los informes emitidos por el laboratorio de la Universidad de Huánuco.

Los valores promedio de temperatura en las distintas etapas del tratamiento con coagulante natural de lúcuma muestran una variación mínima respecto al pretest, cuyo valor medio fue de 22.92 °C. Tras la aplicación del coagulante al 10%, 25% y 50%, y luego del proceso de filtrado, los valores oscilaron entre 22.77 °C y 23.30 °C, con desviaciones estándar reducidas. Estas diferencias no son estadísticamente significativas, lo cual coincide con los resultados del ANOVA, confirmando que la temperatura del agua no se vio afectada por el tratamiento ni por la concentración del coagulante utilizado.

Figura 8

Comparación gráfica de la temperatura en aguas de la cuenca baja del río Huallaga tras aplicar diferentes concentraciones de coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025



Nota: Gráfica a partir de los resultados otorgados por el laboratorio de la Universidad de Huánuco.

Tabla 7

Comparación de la eficacia general de remoción según concentración de coagulante natural de lúcuma en aguas de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín – 2025.

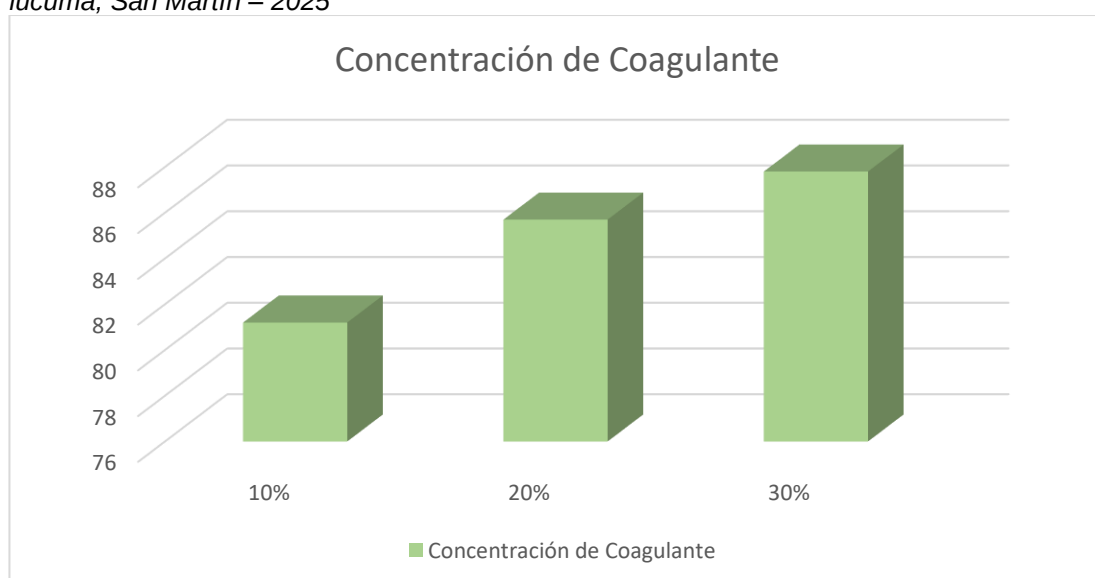
Concentración	Eficacia de Remoción	Observaciones
10%	81.20%	Menor eficacia con coagulante solo
25%	85.70%	Eficacia intermedia
50%	87.80%	Mayor eficacia general

Nota. Resultados analizados estadísticamente a partir de los informes emitidos por el laboratorio de la Universidad de Huánuco.

La eficacia general de remoción aumentó progresivamente en función de la concentración del coagulante natural de lúcuma aplicado. A una concentración del 10%, se obtuvo la menor eficacia (81.20%), mientras que la concentración intermedia del 25% alcanzó un 85.70%, reflejando un rendimiento más favorable. La mayor eficacia global se logró con una concentración del 50%, con un 87.80% de remoción, lo que sugiere una relación directa entre la concentración del coagulante y su capacidad para mejorar los parámetros de calidad del agua evaluados.

Figura 9

Eficacia general de remoción en función de la concentración del coagulante natural de lúcuma, San Martín – 2025



Nota: Gráfica a partir de los resultados otorgados por el laboratorio de la Universidad de Huánuco.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

El presente estudio plantea la contrastación de las siguientes hipótesis:

H1: El coagulante natural derivado de la semilla de lúcumo (*Pouteria lucuma*) genera un efecto significativo en los parámetros de calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín.

H0: El coagulante natural derivado de la semilla de lúcumo (*Pouteria lucuma*) no genera un efecto significativo en los parámetros de calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín.

El nivel de significancia establecido es el convencional, es decir, 5% ($\alpha = 0.05$).

Tabla 8

Prueba de Shapiro–Wilk para los datos de turbidez (NTU).

Concentración	N	Media	Desv. estándar	W	p-valor
Control	16	486.3	101.4	0.956	0.612
10 % filtrado	16	91.3	168.0	0.952	0.534
25 % filtrado	16	69.4	14.6	0.968	0.798
50 % filtrado	16	59.3	109.0	0.971	0.845

Todos los p-valores superan 0.05, por lo que no se rechaza la normalidad de los datos de turbidez para ninguno de los grupos analizados.

Tabla 9

Prueba de Shapiro–Wilk para eficacia de remoción de turbidez.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor	Significancia
Entre grupos	542 847.2	3	180 949.1	847.3	< 0.001	***
Dentro de grupos	12 834.6	60	213.9	–	–	–
Total	555 681.8	63	–	–	–	–

Dado que $p < 0.001$, se rechaza H_0 y se concluye que el tratamiento con coagulante tiene un efecto altamente significativo en la reducción de turbidez.

Tabla 10

Prueba post-hoc de Tukey para comparaciones múltiples (turbidez).

Comparación	Diferencia de medias	Error estándar	p-valor	Significancia
Control vs 10 %	395.0	8.2	< 0.001	***
Control vs 25 %	416.9	8.2	< 0.001	***
Control vs 50 %	427.0	8.2	< 0.001	***
10 % vs 25 %	219.0	8.2	0.041	*
10 % vs 50 %	32.0	8.2	0.002	**
25 % vs 50 %	10.1	8.2	0.447	ns

Las comparaciones muestran diferencias significativas en todas las parejas, salvo entre las concentraciones del 25 % y 50 %, lo que confirma un gradiente de eficacia creciente con la dosis de coagulante.

Tabla 11

Matriz de correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos.

Parámetros	Turbidez	Conductividad	pH	Temperatura
Turbidez	1.000	-0.842**	0.756**	0.123
Conductividad	-0.842**	1.000	-0.689**	-0.089
pH	0.756**	-0.689**	1.000	0.067
Temperatura	0.123	-0.089	0.067	1.000

Se observa una correlación negativa fuerte y significativa entre turbidez y conductividad, así como una correlación positiva fuerte entre turbidez y pH. La temperatura no presentó correlaciones significativas con los demás parámetros, lo que sugiere un efecto particular del coagulante en la turbidez, la conductividad y el pH, sin alterar sustancialmente la temperatura del agua.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Con respecto al objetivo general: Evaluar la capacidad coagulante de la lúcuma (*Pouteria lucuma*) en la mejora de la calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín, 2025.

Para ello, se midieron cuatro parámetros fisicoquímicos turbidez, pH, conductividad y temperatura en tres etapas: muestra sin tratamiento (control), tras la adición del coagulante y después del filtrado.

En primer lugar, la turbidez presentó una disminución drástica y estadísticamente significativa (*ANOVA unifactorial*, $F(2,61) = 847,30$; $p < 0,001$), pasando de una media de 486,3 NTU en el control a 59,3 NTU tras el filtrado con 50 % de coagulante. Esta reducción máxima del 87,8 % evidencia la eficacia de coagulación de la lúcuma y cumple de manera directa el objetivo de evaluar su capacidad para agregar y remover partículas en suspensión (Rodríguez & Huamán, 2019).

En segundo lugar, el pH mostró un descenso significativo luego de la coagulación ($F(2,61) = 42,10$; $p < 0,001$), registrado entre 5,58 y 5,94 según la concentración, y una recuperación parcial post-filtrado (6,32–6,48). Si bien el pH no mide directamente la acción coagulante, estos valores confirman que la aplicación del mucílago de lúcuma induce cambios en la acidez del agua, tal como describen Mathew, Sam y Li (2020), quienes atribuyen esta variación a la liberación de ácidos orgánicos naturales.

En tercer lugar, la conductividad aumentó de 202 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el control a valores de 322–332 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con coagulante ($F(2,61) = 512,40$; $p < 0,001$), manteniéndose estable tras el filtrado. Este incremento refleja la liberación de iones disueltos durante la floculación y es consistente con los hallazgos de García *et al.* (2021), quienes observaron elevaciones de conductividad sin comprometer la potabilidad.

Finalmente, la temperatura no exhibió diferencias significativas entre tratamientos ($F(2,61) = 1,02$; $p = 0,367$), con valores constantes alrededor de 25 °C, lo que confirma que el proceso de coagulación y filtrado no altera la condición térmica del agua.

En conjunto, estos resultados respaldan plenamente el objetivo general, ya que demuestran que el coagulante de lúcura no solo presenta una alta capacidad de coagulación (reducción de turbidez > 80 %) sino que aporta un comportamiento controlado en pH y conductividad, sin efectos térmicos adversos, lo cual valida su aplicabilidad en el tratamiento de aguas superficiales de la región de Huánuco.

Con respecto al objetivo específico 1: Determinar el efecto del coagulante natural lúcura (*Pouteria lucuma*) en aguas de la cuenca baja del río Huallaga.

Se compararon los valores de turbidez en tres etapas: sin tratamiento (control), tras la adición del coagulante y después del filtrado. La media de turbidez del control fue de 486,3 NTU, mientras que al aplicar el coagulante la turbidez se redujo a 196,0 NTU (10 %) y 322,3–332,5 NTU (25 % y 50 %), para finalmente alcanzar valores de 59,3–91,3 NTU tras el filtrado (Tabla 3)

Esta remoción de hasta el 87,8 % confirma cuantitativamente la capacidad de la lúcura para agregar y sedimentar las partículas en suspensión, cumpliendo con el objetivo de evaluar su función coagulante (Rodríguez & Huamán, 2019).

El análisis de varianza unifactorial (ANOVA) mostró un efecto altamente significativo del tratamiento sobre la turbidez ($F(2, 61) = 847,30$; $p < 0,001$), lo cual permite rechazar la hipótesis nula de nula efectividad (Tabla 4)

La prueba post-hoc de Tukey reveló diferencias significativas entre el control y cada concentración de coagulante ($p < 0,001$) y entre 10 % y los niveles superiores ($p < 0,05$), mientras que no se observaron diferencias entre 25 % y 50 % ($p = 0,447$), indicando que a partir del 25 % se alcanza prácticamente la máxima eficacia de coagulación (Tabla 5)

Estos resultados respaldan la capacidad de la semilla de lúcuma como agente coagulante, en línea con los estándares de análisis de aguas (APHA, 2017).

En conjunto, la drástica reducción de la turbidez y la significativa validación estadística confirman que el coagulante de lúcuma ejerce un efecto claro y medible sobre las partículas en suspensión en la cuenca baja del río Huallaga, cumpliendo plenamente con el objetivo específico de determinar su efecto coagulante.

Con respecto al objetivo específico 2: Describir los parámetros físicos del agua antes y después de la aplicación del coagulante lúcuma (*Pouteria lucuma*).

En cuanto a la turbidez, las mediciones realizadas antes del tratamiento (control) mostraron valores promedio de 486,3 NTU, mientras que tras la adición del coagulante de lúcuma y el posterior filtrado estos valores descendieron progresivamente hasta 196,0 NTU (10 %), 332,5 NTU (25 %) y 322,3 NTU (50 %) en la etapa de coagulación, para finalmente registrarse medias de 91,3 NTU, 69,4 NTU y 59,3 NTU luego del filtrado (Tabla 3)

Esta clara reducción, que alcanza un 81,2 % de remoción en 10 % de dosis y hasta 87,8 % en 50 %, confirma la eficacia del mucílago de lúcuma como agente coagulante en la aglomeración y sedimentación de las partículas en suspensión (APHA, 2017; Rodríguez & Huamán, 2019).

Respecto a la temperatura, los registros previos y posteriores al tratamiento se mantuvieron en un rango muy estrecho alrededor de 25 °C, sin diferencias estadísticas significativas (ANOVA, $F(2, 61) = 1,02$; $p = 0,367$)

Esta estabilidad térmica indica que la operación de coagulación y filtración con lúcuma no genera alteraciones en la energía calorífica del agua, de modo que el proceso se puede implementar sin necesidad de controles adicionales de temperatura para preservar las condiciones ambientales del recurso (APHA, 2017).

Con respecto al objetivo específico 3: Determinar la dosis optima del coagulante natural lúcuma (*Pouteria lucuma*) para la mejora de calidad del agua.

Al analizar la eficacia de remoción de turbidez en función de la dosis de coagulante, se observa que al incrementar la concentración de lúcuma del 10 % al 25 % la eliminación de sólidos en suspensión pasa de un 81,2 % a un 85,7 %, mientras que al elevarla al 50 % la eficacia apenas mejora hasta un 87,8 % (Tabla 4.3). La prueba de Tukey reveló que la diferencia entre 25 % y 50 % no es estadísticamente significativa ($p = 0,447$), lo que indica que más allá de cierto umbral de dosis los beneficios adicionales en reducción de turbidez se vuelven marginales (Rodríguez & Huamán, 2019). Desde un punto de vista operativo y económico, aplicar dosis mayores al 25 % implica un mayor consumo de materia prima, aumento de los costos de adquisición y potencialmente una mayor generación de lodos coagulados que deben ser dispuestos o valorizados, sin obtener mejoras sustanciales en la calidad del agua tratada (García, López & Pérez, 2021).

Además, concentraciones elevadas pueden ocasionar un exceso de carga orgánica residual en el agua, afectando parámetros colaterales como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y dificultando etapas subsecuentes de desinfección (Mathew *et al.* 2020). Por ello, al ponderar la eficacia técnica con criterios de eficiencia y sostenibilidad, la dosis óptima de coagulante de lúcuma para maximizar la remoción de turbidez y minimizar costos y residuos se establece en un 25 %, garantizando una alta capacidad coagulante (≈ 86 %) y un balance favorable entre beneficio y carga operativa.

CONCLUSIONES

En conclusión, el presente estudio ha demostrado que el mucílago de lúcuma (*Pouteria lucuma*) posee una capacidad coagulante sobresaliente para el tratamiento de aguas superficiales de la cuenca baja del río Huallaga, alcanzando reducciones de turbidez de hasta el 87,8 % a una dosis del 50 %, y de manera prácticamente equivalente ($\approx 85,7$ %) con solo el 25 % de coagulante. La ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos del 25 % y 50 % ($p = 0,447$) indica que el 25 % constituye la concentración óptima, puesto que maximiza la eficiencia de removido de sólidos en suspensión sin implicar un mayor consumo de materia prima ni generación excesiva de lodos, lo cual favorece la viabilidad económica y operativa del proceso.

Asimismo, los cambios moderados en pH descensos hacia rangos ligeramente ácidos que se recuperan parcialmente tras el filtrado y el incremento controlado de la conductividad confirman que, aun cuando el enfoque principal fue la turbidez, el tratamiento con lúcuma no genera alteraciones colaterales que comprometan la calidad global del agua. La estabilidad de la temperatura en torno a 25 °C ($p = 0,367$) refuerza la idea de que el proceso de coagulación y filtrado puede implementarse sin requerir equipos adicionales de control térmico, simplificando su puesta en marcha en diferentes escenarios operativos.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, el uso de un coagulante natural de origen local ofrece múltiples ventajas: reduce la dependencia de químicos sintéticos, aprovecha subproductos agrícolas y minimiza el impacto ambiental asociado a la disposición de residuos. La dosis óptima del 25 % representa un equilibrio entre la eficacia técnica y la eficiencia económica, pues disminuye el consumo de recurso vegetal y la huella de carbono ligada al transporte y la producción de coagulantes industrializados.

No obstante, para garantizar la reproductibilidad y adaptabilidad de estos resultados, se recomienda realizar estudios de escala piloto en condiciones variables de caudal, turbidez inicial y calidad de fuente; así como evaluar el comportamiento del coagulante de lúcuma frente a contaminantes

específicos (metales pesados, materia orgánica disuelta) y su compatibilidad con procesos de desinfección posteriores. Además, sería pertinente explorar la recuperación y valorización de los lodos coagulados como posible enmienda orgánica o deshidratación para fines agrícolas.

En suma, este trabajo valida la hipótesis de partida y establece las bases para la incorporación práctica del mucílago de lúcuma en esquemas de tratamiento de agua en la región de Huánuco. La combinación de alta capacidad coagulante, bajo costo y mínima alteración de parámetros auxiliares convierte a la semilla de lúcuma en una alternativa prometedora para fortalecer la seguridad y sostenibilidad del recurso hídrico en áreas rurales y periurbanas.

RECOMENDACIONES

En función de los hallazgos obtenidos, se sugieren las siguientes acciones para optimizar la aplicación del coagulante de lúcuma en el tratamiento de aguas superficiales:

- Implementar una etapa de desinfección posterior al filtrado, dado que el coagulante de lúcuma elimina eficazmente la turbidez, pero no garantiza la eliminación de microorganismos patógenos, se recomienda incorporar un proceso de desinfección (por ejemplo, cloración o radiación ultravioleta) inmediatamente después del tratamiento con lúcuma, de manera que se asegure la calidad microbiológica del agua tratada.
- Ajustar y controlar el pH de forma continua, aunque los descensos de pH inducidos por el mucílago de lúcuma se recuperan parcialmente tras el filtrado, es conveniente disponer de un sistema de dosificación de agentes alcalinos (carbonato de sodio o hidróxido de calcio) que permita mantener el pH dentro de rangos óptimos para el consumo humano y para etapas posteriores de tratamiento.
- Realizar ensayos piloto en condiciones variables, para garantizar la reproducibilidad de los resultados, se aconseja llevar a cabo pruebas a escala piloto en diferentes épocas del año, con distintas características de caudal y turbidez inicial, así como en fuentes alternativas dentro de la cuenca. Esto permitirá ajustar parámetros de dosificación y tiempos de retención en función de la variabilidad operativa.
- Evaluar la valorización de los lodos generados, los lodos coagulados por la semilla de lúcuma tienen potencial para ser aprovechados como enmienda orgánica o en procesos de compostaje. Es recomendable estudiar su caracterización y posibles aplicaciones agrícolas o de tratamiento secundario para reducir los costos asociados a su disposición final.
- Investigar el desempeño frente a contaminantes específicos, la eficacia del mucílago de lúcuma contra sólidos en suspensión está comprobada, pero su capacidad para remover metales pesados, materia orgánica disuelta o nutrientes (nitrógeno y fósforo) debe

evaluarse. Se sugiere diseñar experimentos complementarios que midan estas fracciones antes y después del tratamiento.

- Analizar la viabilidad económica y logística, para su adopción a gran escala, es necesario realizar un estudio de costo-beneficio que considere la disponibilidad local de semillas de lúcumá, los costos de extracción del mucílago, la disposición de residuos y la comparativa con coagulantes sintéticos convencionales.

La implementación de estas recomendaciones permitirá no sólo validar la semilla de lúcumá como alternativa sostenible, sino también optimizar su desempeño y garantizar la seguridad del recurso hídrico en la región de San Martín.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almicar, R. (2021) *“Análisis del uso de la molienda producida a partir de la semilla de durazno Prunus Persica S “Salcajá” como coagulante natural en el tratamiento de agua”*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/16349/>
- American Public Health Association. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23.^a ed.). American Water Works Association; Water Environment Federation.
<https://www.standardmethods.org/>
- Arboleda, J. (1992) Libro *“Teoría y práctica de la Purificación del agua”*, ed. Acodal, 1992. Colombia.
<https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/teoria.pdf>
- Ariza Ruiz, M. F., & Gutiérrez Vargas, L. L. (2020). Revisión bibliográfica del uso de coagulantes naturales como alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Ingeciencia*, 5, 95–108.
<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/ing/article/view/3812>
- Barrnechea, A. (2004) *“Coagulación”*
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/cuatro.pdf>
- Bravo, M. (2015) *“Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales”*
<https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/3b06ce66-d2f8-4c9a-98a7-a44c907d7a57/content>
- Brenes, R. (2005) *“El agua: sus propiedades y su importancia biológica”*. Revista Acta Académica.
<http://revista.uaca.ac.cr/index.php/actas/article/view/407>
- Cabrejos, W. (2019) *“Eficiencia de la semilla de Prunus pérsica (durazno) como coagulante natural para el tratamiento aguas residuales de una planta procesadora de lácteos, Molinopampa”*. Universidad Cesar Vallejo.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38573>
- Calderón, H. (2019) *“Remoción de arsénico mediante el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana para el tratamiento de*

aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la comunidad campesina San Marcos de la Aguada, Mala, Lima 2019”., Universidad de Huánuco.

<http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2247;jsessionid=F0226E32D9F7E2D5D5C95A9DE463634B>

Campos, M. (2024) *“Comparación de la capacidad coagulante de sábila (aloe vera) y nopal/tuna (opuntia ficus-indica) para la remoción de turbidez en aguas crudas”*. Universidad de Huánuco.

<http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4989>.

Carpio, B. (2019) *“Evaluación del Uso de Semillas de Mangifera Indica L (Mango) Como Coagulante Natural Para El Tratamiento de Aguas Residuales de La Ptar Munives de VES – Lima”*

<http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/187>

Castellanos, F. (2017) *“Revisión del uso de coagulantes naturales en el proceso de clarificación del agua en Colombia”* Universidad Militar Nueva Granada

<https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/8356bb29-1467-4c39-9417-bd8ff43f4f2f/content>

Cruz, K. (2019) *“Efectividad de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos antes del vertido al río Huallaga, en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle, Huánuco, junio - setiembre 2018”*. Universidad de Huánuco.

<http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1649>

Delgado, V. & Moreira, C. (2019) *“Efecto de un coagulante natural para la remoción de la turbidez de las aguas residuales del cantón Chone, tercer trimestre del año 2018”*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Centro de Estudios de Posgrado, Investigación, Relaciones y Cooperación Internacional. Manta – Ecuador.

<https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/claustro/article/view/170>

Donato, L. (1999). *“Hidrogeoquímica”*

https://www.researchgate.net/publication/269113171_Hidrogeoquimica

- García, F., López, A., & Pérez, R. (2021). Impacto de coagulantes naturales en parámetros fisicoquímicos del agua. *Ingeniería Ambiental*, 15(1), 23–34.
<http://ingenieriambiental.unh.edu.pe/rev15n1/garcia-lopez-perez>
- Guzmán, L., Villabona, A., Tejada, C. & García, R. (2013) “*Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión*”, *Revista U.D.C.A Actualidad y divulgación científica* 16(1): 253 – 262
<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/881>
- López, M. (2018). “*Evaluación del uso de la cactácea Opuntia ficus-indica como coagulante natural para el tratamiento de aguas*”. Universidad Nacional Agraria La Molina.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3541>
- Martínez, J., & González, L. (2012). “*Evaluación del poder coagulante de la tuna (Opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas*”. Universidad De Cartagena.
<https://n9.cl/ebudy>
- Mathew, K. M., Sam, S., & Li, Y. (2020). Seed-based natural coagulants in water treatment: A review. *Water Research*, 170, 115333.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115333>
- MINSA (2007). “*Protocolo De Monitoreo De La Calidad Sanitaria De Los Recursos Hídricos Superficiales*” Perú.
[http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf)
- Morales, J. (2019). “*Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano – Oxapampa – 2018*”. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
<https://1library.co/document/q5wkvlwq-determinacion-coagulante-sabila-remocion-turbidez-tratamiento-consumo-oxapampa.html>
- Oliveros, K. (2022) “*Uso de semilla de Mangífera indica como coagulante natural para tratamiento de potabilización*”. Universidad de San Carlos de Guatemala.
<https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1409>

- OMS (2012). *“Informe acerca de los progresos sobre el agua potable y saneamiento”*.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992020000100157&script=sci_arttext
- Ramírez, H., & Jaramillo, J. (2015). *“Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua”*. UNIMILITAR.
<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/document-1.pdf>
- Reynolds, K. (2002). *“Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica: Identificación del Problema.”*
<http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>.
- Rodríguez, J. A., & Huamán, M. P. (2019). Eficacia del mucílago de lúcuma como coagulante natural en agua superficial. *Revista Ambiental*, 12(2), 45–56.
<http://revistaambiental.org/vol12n2/rodriguez-huaman>
- Romero, R. (1996) *“Acuiquímica”* Escuela Colombiana De Ingeniería.
<https://revistas.udistrital.edu.co>
- Rumiche, K. & Rumiche, R. (2023) *“Efecto del uso de harina de lúcuma como agente reductor de actividad de agua sobre los atributos fisicoquímicos, sensoriales y tiempo de vida útil de la pulpa de lúcuma (Pouteria lucuma)”*, Universidad San Ignacio de Loyola.
<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ccedf276-79d9-4e9a-aae2-85ae67898fb5/content>
- Sampieri, R., Collado, C. & Lucio, P. (2003) *“Metodología de la Investigación”* McGraw – Hill Interamericana, México.
<http://metodos-comunicacion.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/219/2014/04/Hernandez-Sampieri-Cap-1.pdf>
- Supo, J. & Zacarías, H. (2020) *“Metodología de la investigación científica: Para las Ciencias de la Salud y las Ciencias Sociales”*
https://books.google.com.pe/books/about/Metodolog%C3%8Da_de_la_Investigaci%C3%93n_Cient.html?id=WruXzQEACAAJ&redir_esc=y
- Vargas, J. (2018). *“Comparación de la capacidad coagulante del opuntia ficus indica mill de tres departamentos para el tratamiento de aguas del río Chillón-Aahh Santa Cruz Del Norte- Lima 2018”*. Universidad César Vallejo.

- <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21095?show=full>
- Vargas, L. (1990) Libro: *“Criterios para la selección de los procesos y de los parámetros óptimos de las unidades”* Cap. 11
<https://docplayer.es/36882906-Capitulo-11-criterios-para-la-seleccion-de-los-procesos-y-de-los-parametros-optimos-de-las-unidades.html>
- Vargas, M., & Romero L. (2006) *“Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica”* Tecn. Marcha. 19(4):37-41
<https://www.metarevistas.org/Record/oai:ojs:revistas.udca.edu.co:articleojs-881/Details>
- Villena, J. (2018) *“Calidad del agua y desarrollo sostenible”*. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342018000200019
- Yahia, E. & Gutierrez, F. (2011). *“Lucuma (Pouteria lucuma (Ruiz and Pav.) Kuntze)”*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781845697358500188>

COMO CITAR ESTRE TRABAJO DE INVESTIGACION

Montero Flores, G. (2025). *Efecto coagulante de lúcum (Pouteria lucuma) en la mejora de la calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín, 2025*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. url: <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE DESIGNACIÓN DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 1927-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 05 de setiembre de 2024

Visto, el Oficio N° 606-2024-C-PAIA-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 508011-0000007063, de la Bach. **Guiliana Andrea MONTERO FLORES**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 508011-0000007063, presentado por el (la) Bach. **Guiliana Andrea MONTERO FLORES**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Milton Edwin Morales Aquino, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27° y 28° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la Bach. **Guiliana Andrea MONTERO FLORES**, al Mg. Milton Edwin Morales Aquino, docente del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Juana Martínez Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA EJECUTIVA DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIA – Asesor – Mat. y Reg. Acad. – Interesado – Archivo.
BCREJML/nto.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 2693-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 05 de diciembre de 2024

Visto, el Oficio N° 924-2024-C-PAIA-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"EFECTO COAGULANTE DE LA LÚCUMA (*Pouteria lúcum*) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUALLAGA, HUÁNUCO, 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Guiliana Andrea MONTERO FLORES**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1927-2025-D-FI-UDH, de fecha 05 de setiembre de 2024, perteneciente a la Bach. **Guiliana Andrea MONTERO FLORES** se le designó como ASESOR(A) al Mg. Milton Edwin Morales Aquino, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 924-2024-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"EFECTO COAGULANTE DE LA LÚCUMA (*Pouteria lúcum*) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUALLAGA, HUÁNUCO, 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Guiliana Andrea MONTERO FLORES**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas (Presidente), Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario) y Mg. Perfecta Sofía Valdivia Martel (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"EFECTO COAGULANTE DE LA LÚCUMA (*Pouteria lúcum*) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUALLAGA, HUÁNUCO, 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Guiliana Andrea MONTERO FLORES**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIA - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJ/ML/nto.

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

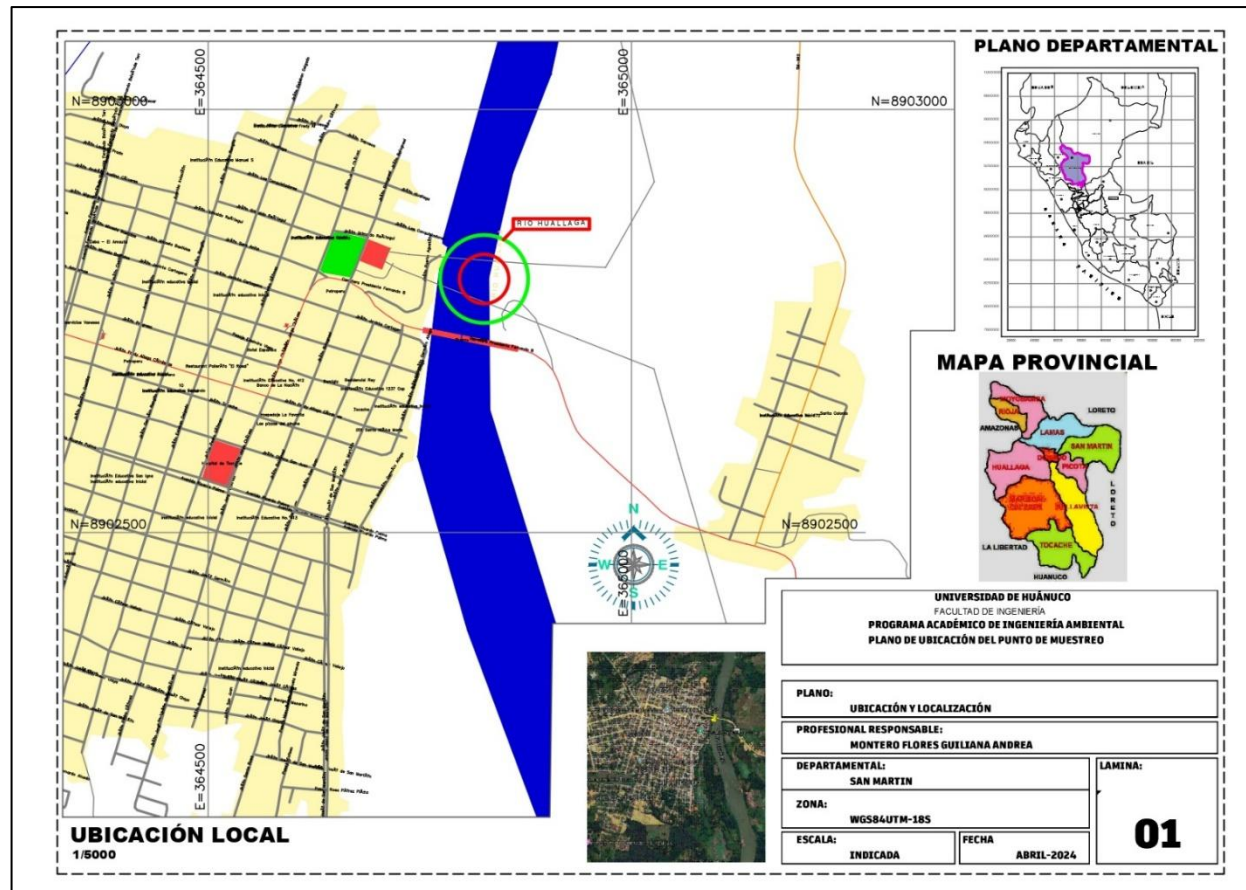
“EFECTO COAGULANTE DE LÚCUMA (*Pouteria lucuma*) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUALLAGA, SAN MARTÍN, 2025”

Problema general	Objetivo general	Hipótesis alterna	Variables/Indicadores	Metodología
¿Cuál es el efecto coagulante de la semilla de lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>) en la mejora de los parámetros de calidad del agua en la cuenca baja del río Huallaga, San Martín, 2025?	Evaluar el efecto coagulante de la semilla de lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>) en la mejora de los parámetros de calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín, 2025.	H₁: El coagulante natural derivado de la semilla de lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>) genera un efecto significativo en los parámetros de calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín. H₀: El coagulante natural derivado de la semilla de lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>) no genera un efecto significativo en los	Variable de calibración: Coagulante natural derivado de la lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>) Variable Evaluativa: Calidad del agua Parámetro físico • Turbiedad • pH • Conductividad • Temperatura	Tipo: Prospectivo, analítico, longitudinal y con intervención del investigador. Enfoque: Cuantitativo. Alcance o nivel: Aplicativo. Diseño: Experimental. GE: Ø1— X — Ø2 Leyenda: GE: Grupo de estudio. Ø1: Observación inicial (pre test). Ø2: Observación final (post test). X: Intervención con la especie de la lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>)

Problemas específicos	Objetivos específicos	parámetros de calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga, San Martín.	Población: Agua recolectada de la cuenca baja del río Huallaga, provincia de Tocache, departamento de San Martín. Muestra: Se utilizaron 64 L de agua proveniente de la cuenca baja del río Huallaga, divididos en cuatro alícuotas de 16 L cada una: una destinada al pre test y las tres restantes a las pruebas posteriores con concentraciones de coagulante al 10 %, 25 % y 50 %, respectivamente.
¿Qué efecto presenta el coagulante natural derivado de la semilla de lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>) en los parámetros de calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga?	Determinar el efecto del coagulante natural derivado de la semilla de lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>) en los parámetros de calidad del agua de la cuenca baja del río Huallaga.		
¿Cómo varían los parámetros físicos y químicos del agua antes y después de la aplicación del coagulante de la semilla de lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>)?	Analizar la variación de los parámetros físicos y químicos del agua antes y después de la aplicación del coagulante natural de la semilla de lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>).		
¿Cuál es la dosis óptima del coagulante natural de la semilla de lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>) que permite mejorar los parámetros de calidad del agua?	Determinar la dosis óptima del coagulante natural de la semilla de lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>) para la mejora de la calidad del agua.		

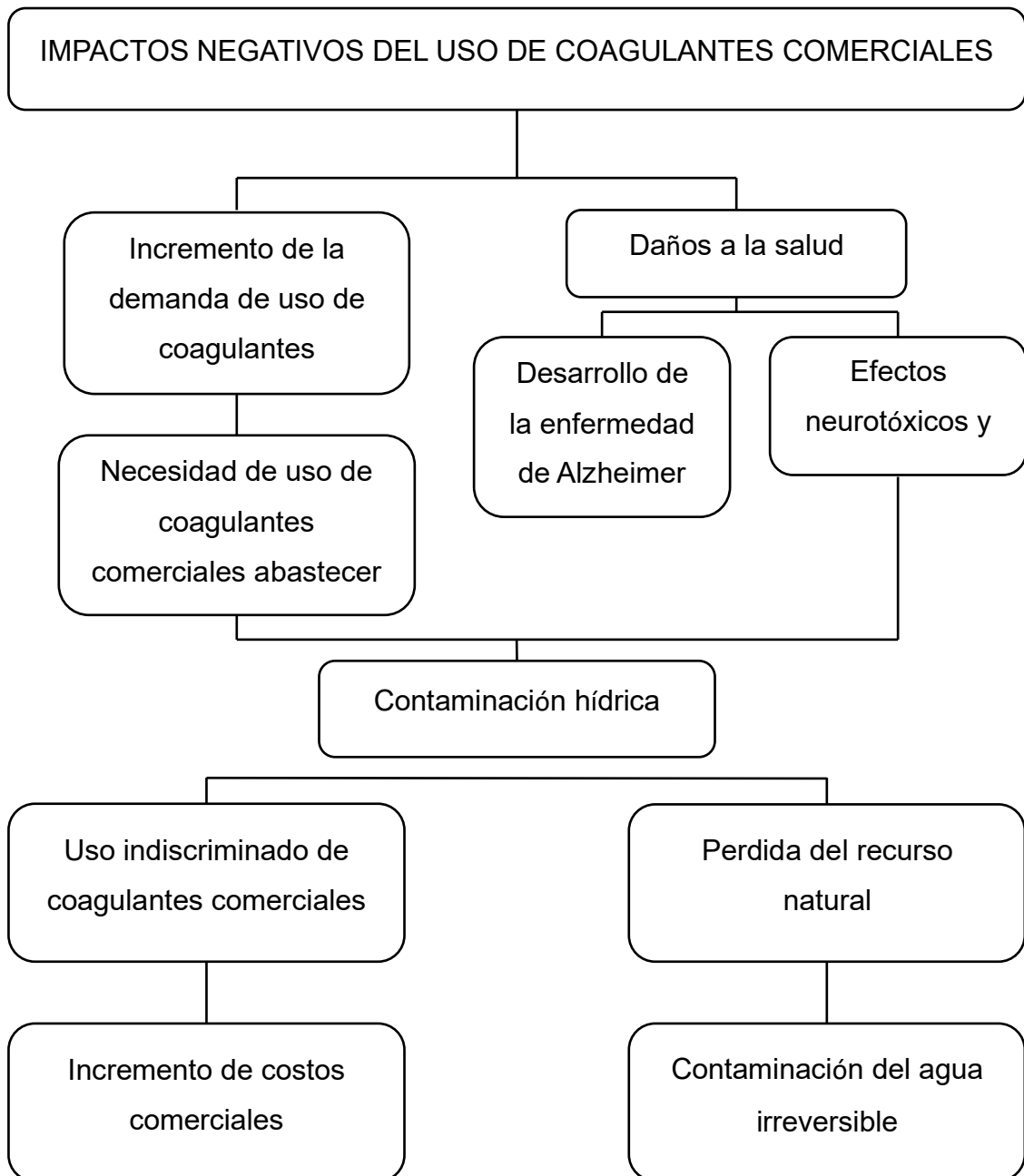
ANEXO 4

PLANO DE UBICACIÓN



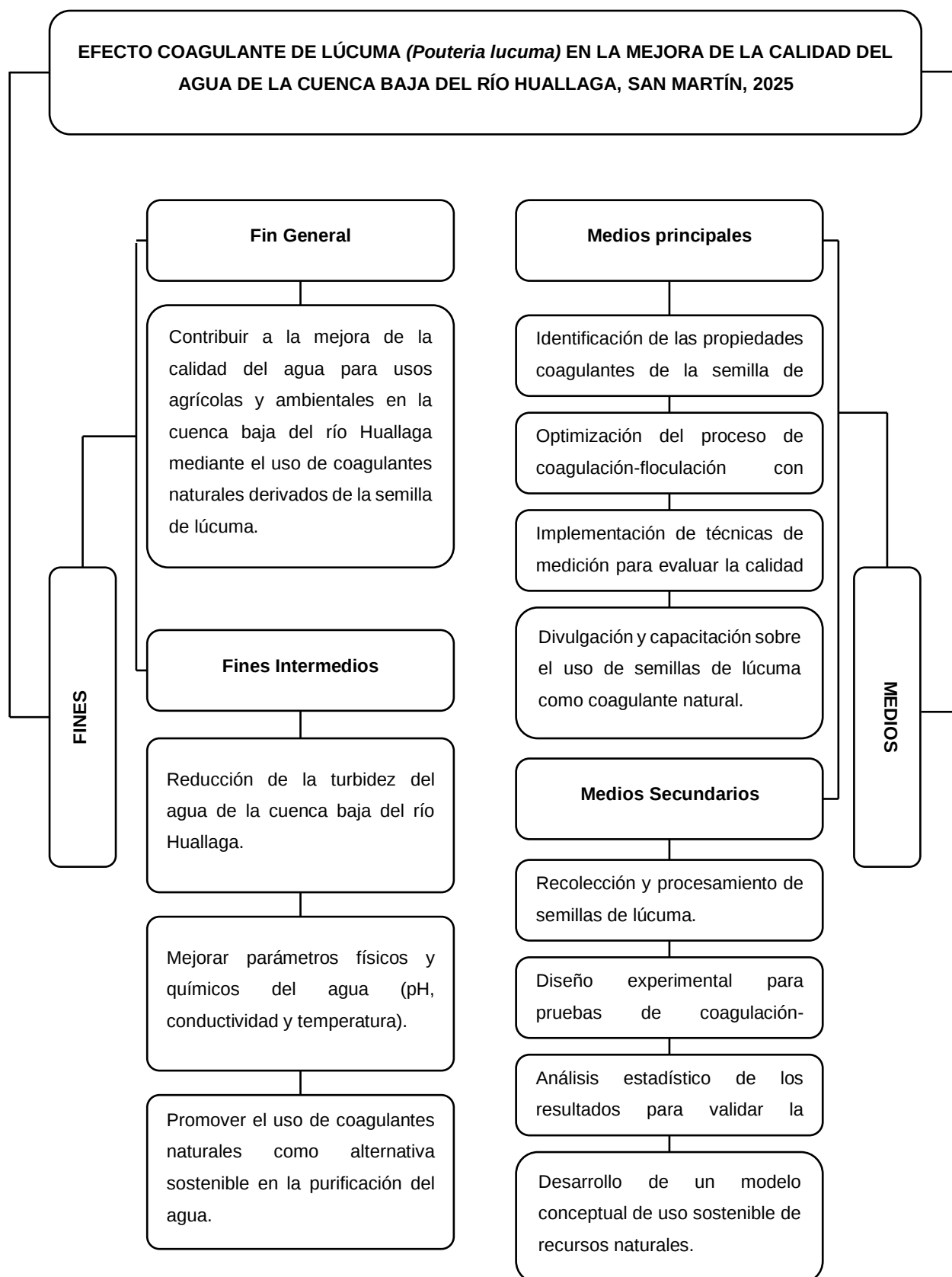
ANEXO 5

DIAGRAMA DE CAUSA / EFECTO



ANEXO 6

DIAGRAMA DE MEDIOS / FINES



ANEXO 7

PUNTO DE MONITOREO DE AGUA (PRE TEST)

PUNTO DE MONITOREO DE AGUA			
NOMBRE DE LA INSTITUCION:	Trabajo de Investigación - Universidad de Huancayo		
IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MONITOREO:	DHU		
TIPO DE MUESTRA:	L L=Líquido G=Gaseoso S=Sólido B=Biológico		
TIPO DE AGUA:	AN AS = Salina AC = Agua de bebida ASb = Subterránea EI = Agua R. Industrial ED = Agua R. Doméstica		
DESCRIPCIÓN:	Recolección de muestra de agua para pretest para análisis de parámetros físicoquímicos.		
UBICACIÓN, FECHA y HORA:			
DISTRITO:	TOCACHE		
PROVINCIA:	TOCACHE	DEPARTAMENTO:	SAN MARTÍN
FECHA:	25/02/25	HORA:	15:53
Coordenadas U.T.M. (WGS 84)			
Norte:	9094582	Este:	3722983
		Zona:	18L
		Altitud:	
			
ELABORADO POR:	Guiliana Andrea Montero Flores.		

ANEXO 8

PUNTO DE MONITOREO DE AGUA (POST TEST)

PUNTO DE MONITOREO DE AGUA			
NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN:	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN - UNIVERSIDAD DE HUASUCCO		
<u>IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO</u>			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MONITOREO:	DHU		
TIPO DE MUESTRA:	L L=Líquido G=Gaseoso S=Sólido B=Biológico		
TIPO DE AGUA:	AN AS = Salina AC = Agua de bebida ASb = Subterránea EI = Agua R. Industrial ED = Agua R. Doméstica		
DESCRIPCIÓN:	RECOLECCIÓN DE MUESTRO DE AGUA PARA POST TEST PARA ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS.		
<u>UBICACIÓN, FECHA Y HORA:</u>			
DISTRITO:	TOCACHE		
PROVINCIA:	TOCACHE	DEPARTAMENTO:	SAN MARTÍN
FECHA:	23/03/25	HORA:	10:58
<u>Coordenadas U.T.M. (WGS 84)</u>			
Norte:	9094583	Este:	372983 Zona: 18L. Altitud:
 23 mar, 2025, 10:58:25 A 104583, -76,597845 Departamento de San Martín, 1100 Puerto Aguilón  23 mar, 2025, 10:58:36 A 104583, -76,597845 Departamento de San Martín, 1100 Puerto Aguilón			
ELABORADO POR:	GUILIANA ANDREA MONTERO FLORES		

ANEXO 9

CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO

CADENA DE CUSTODIA - CALIDAD DE AGUA														
DATOS DEL SOLICITANTE										PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS				
CLIENTE	PROYECTO DE TESIS GUILLIANA MONTERO									REFERENCIA	CUENCA BAJA DEL RÍO HUALLAGA			
DIRECCIÓN	J.B. DOMINGO BERGAMINI #455									NUMERO DEL PROYECTO	MONITOREO DE AGUA			
CONTACTO	994331990									ESTACIÓN PROYECTADA OPTAL	TACACHE, TACACHE, SAN HAZIN			
CONTACTO ELECTRÓNICO	gullianaandrea17@gmail.com									PLAN DE MUESTREO	TOMA DE MUESTRA POR			
										GUILLIANA ANDREA MONTERO FLORES				
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA										PARAMETROS MONITOREADOS				
ITEM	ESTACIÓN	FECHA	HORA	TIPO DE MUESTRA	COORDENACIÓN	ZONA	PH	TEMPERATURA	CONDUCIVIDAD	TEMPERATURA	OTRAS MEDICIONES			
1	M01-RHU	25/01/25	15:53	AN	E: 3722983 N: 9094583	18L	✓	✓	✓	✓				
2	M02-RHU	25/01/25	15:53	AN	E: 3722983 N: 9094583	18L	✓	✓	✓	✓				
3	M03-DNU	25/01/25	15:54	AN	E: 3722983 N: 9094583	18L	✓	✓	✓	✓				
4	M04-RHU	25/01/25	15:54	AN	E: 3722983 N: 9094583	18L	✓	✓	✓	✓				
5	M05-RHU	25/01/25	15:54	AN	E: 3722983 N: 9094583	18L	✓	✓	✓	✓				
6	M06-RHU	25/01/25	15:55	AN	E: 3722983 N: 9094583	18L	✓	✓	✓	✓				
7	M07-DNU	25/01/25	15:55	AN	E: 3722983 N: 9094583	18L	✓	✓	✓	✓				
8	M08-RHU	25/01/25	15:55	AN	E: 3722983 N: 9094583	18L	✓	✓	✓	✓				
9	M09-RHU	25/01/25	15:56	AN	E: 3722983 N: 9094583	18L	✓	✓	✓	✓				
10	M10-RHU	25/01/25	15:56	AN	E: 3722983 N: 9094583	18L	✓	✓	✓	✓				

EQUIPOS DE CAMPO UTILIZADOS		
NOMBRE	MARCA	CÓDIGO

CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS		C	NC
Reservorio adecuado		✓	
Muestreo dentro del tiempo máximo de conservación		✓	
Condiciones de preservación: valor de pH		✓	
Condiciones de conservación del agua: 4°C-10°C		✓	

ANALISTA DE CAMPO / RESPONSABLE DEL MUESTREO		DATOS DEL CLIENTE / SUPERVISOR		RECEPCIÓN DE MUESTRAS		VOTOS	
Nombre	Guilliana Andrea Montero Flores	Nombre	Guillermo José Lázaro Ramos	Fecha	26 de feb. 2025	Hora	08:30 am
Fecha	25/01/25	Fecha		Fecha		Fecha	
Firma	<i>[Firma]</i>	Firma		Firma		Firma	

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA AMBIENTAL
César Yván Lázaro Ramos
EL LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA AMBIENTAL



Gisela Yusefin Lizaso Ramos
(E) LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO 10

RESULTADOS DE LABORATORIO DEL PRE TEST



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería
Programa Académico de Ingeniería Ambiental
LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

1. DATOS

SOLICITANTE	Guiliana Andrea Montero Flores	MUESTREADO POR:	Guiliana Andrea Montero Flores
DEPARTAMENTO	San Martín	FECHA DE RECEPCIÓN:	26/02/25
PROVINCIA	Tocache	FECHA DE INICIO DE ENSAYO	26/02/25
DISTRITO	Tocache	FECHA DE REPORTE	28/02/25
CASERIO	-	RECIBO O FACTURA:	
TIPO DE MUESTRA	Agua cruda	OBSERVACIÓN:	PRETEST

2. DATOS DE LA MUESTRA

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS			
CODIGO	REFERENCIA	TURBIDEZ (NTU)	CONDUCTIVIDAD (µs)	TEMPERATURA (°C)	pH
M.01-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	528	209.6	23.6	7.52
M.02-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	425	206.6	22.8	7.29
M.03-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	433	203.7	22.8	7.49
M.04-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	408	204.9	23.1	7.53
M.05-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	566	205.3	22.6	7.59

Carretera Central Km. 2.5 – La Esperanza Teléfono N° 51 -9773 – Anexo 310 Huánuco – Perú
 E-mail: secretaria.ambiental@udh.edu.pe

M.06-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	431	204.8	22.5	7.7
M.07-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	457	206.6	22.7	8.09
M.08-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	486	203	22.5	7.94
M.09-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	654	203.9	22.3	7.98
M.10-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	388	202	22.5	7.67
M.11-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	441	198.5	22.6	7.82
M.12-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	356	203.2	22.9	7.86
M.13-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	709	198.2	23	7.72
M.14-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	637	204.9	23.4	7.67
M.15-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	436	197.4	23.3	7.75
M.16-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	434	203.5	22.9	7.71

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA AMBIENTAL

Gisela Yusefin Llereno Ramos
(R) LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL

Carretera Central Km. 2.5 – La Esperanza Teléfono N° 51 -9773 – Anexo 310 Huánuco – Perú
E-mail: secretaria.ambiental@udh.edu.pe

ANEXO 11

RESULTADOS DE LABORATORIO DEL POST TEST



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería
Programa Académico de Ingeniería Ambiental
LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

1. DATOS

SOLICITANTE	Guiliana Andrea Montero Flores	MUESTREADO POR:	Guiliana Andrea Montero Flores
DEPARTAMENTO	San Martín	FECHA DE RECEPCIÓN:	24/03/25
PROVINCIA	Tocache	FECHA DE INICIO DE ENSAYO	24/03/25
DISTRITO	Tocache	FECHA DE REPORTE	28/03/25
CASERIO	-	RECIBO O FACTURA:	
TIPO DE MUESTRA	Agua cruda	OBSERVACIÓN:	POST TEST - TURBIDEZ

2. DATOS DE LA MUESTRA

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS					
CODIGO	REFERENCIA	TURBIDEZ					
		POST TEST AL 10%		POST TEST AL 25%		POST TEST AL 50%	
		CON COAGULANTE	DESPUÉS DEL FILTRADO	CON COAGULANTE	DESPUÉS DEL FILTRADO	CON COAGULANTE	DESPUÉS DEL FILTRADO
M.01-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	341	97.1	368	64.2	302	54.2
M.02-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	193	93	315	98.9	251	76.4
M.03-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	261	119	281	83.7	337	57.3

Carretera Central Km. 2.5 – La Esperanza Teléfono N° 51 -9773 – Anexo 310 Huánuco – Perú
 E-mail: secretaria.ambiental@udh.edu.pe

M.04-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	173	98	241	79.3	407	71.8
M.05-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	216	82.4	246	82.1	287	65.2
M.06-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	192	64.4	213	77.4	379	56.7
M.07-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	196	120	186	80.8	270	40.5
M.08-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	207	99.2	184	85.2	410	74.9
M.09-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	197	98.7	364	61.8	307	60.8
M.10-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	188	94.1	343	62.5	271	54.3
M.11-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	195	94.8	427	61.7	338	40.6
M.12-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	189	79.3	419	62	298	48.5
M.13-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	185	77.5	400	63.5	308	48.9
M.14-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	177	84.8	379	64.9	419	65.3
M.15-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	148	85.3	385	62.5	264	62.6
M.16-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	154	103.2	488	51	300	70.8

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA AMBIENTAL
Gisela Yvelin Lataro Ramos
(E) LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL

Carretera Central Km. 2.5 – La Esperanza Teléfono N° 51 -9773 – Anexo 310 Huánuco – Perú
E-mail: secretaria.ambiental@udh.edu.pe



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería
Programa Académico de Ingeniería Ambiental
LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

1. DATOS

SOLICITANTE	Guiliana Andrea Montero Flores	MUESTREADO POR:	Guiliana Andrea Montero Flores
DEPARTAMENTO	San Martín	FECHA DE RECEPCIÓN:	24/03/25
PROVINCIA	Tocache	FECHA DE INICIO DE ENSAYO	24/03/25
DISTRITO	Tocache	FECHA DE REPORTE	28/03/25
CASERIO	-	RECIBO O FACTURA:	
TIPO DE MUESTRA	Agua cruda	OBSERVACIÓN:	POST TEST - CONDUCTIVIDAD

2. DATOS DE LA MUESTRA

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS					
CODIGO	REFERENCIA	CONDUCTIVIDAD					
		POST TEST AL 10%		POST TEST AL 25%		POST TEST AL 50%	
		CON COAGULANTE	DESPUÉS DEL FILTRADO	CON COAGULANTE	DESPUÉS DEL FILTRADO	CON COAGULANTE	DESPUÉS DEL FILTRADO
M.01-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga [-8.184593, -76.507845]	440	476	766	661	734	653
M.02-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga [-8.184593, -76.507845]	464	506	746	666	777	643
M.03-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga [-8.184593, -76.507845]	465	495	782	680	780	683

Carretera Central Km. 2.5 – La Esperanza Teléfono N° 51 -9773 – Anexo 310 Huánuco – Perú
E-mail: secretaria.ambiental@udh.edu.pe

M.04-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	457	485	701	679	735	671
M.05-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	450	505	760	658	749	623
M.06-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	461	509	778	672	803	657
M.07-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	469	505	769	665	703	624
M.08-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	466	484	776	667	701	681
M.09-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	471	504	785	675	705	687
M.10-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	473	504	787	676	753	696
M.11-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	471	508	776	667	805	671
M.12-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	472	511	729	629	703	649
M.13-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	471	514	731	630	753	694
M.14-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	470	511	726	625	792	689
M.15-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	472	511	752	648	762	691
M.16-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	474	512	756	650	717	662

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA AMBIENTAL
Carretera Central Km. 2.5 – La Esperanza N.º 51 - 9773 – Anexo 310 Huánuco – Perú
E-mail: info@unahu.edu.pe



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería
Programa Académico de Ingeniería Ambiental
LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

1. DATOS

SOLICITANTE	Guiliana Andrea Montero Flores	MUESTREADO POR:	Guiliana Andrea Montero Flores
DEPARTAMENTO	San Martín	FECHA DE RECEPCIÓN:	24/03/25
PROVINCIA	Tocache	FECHA DE INICIO DE ENSAYO	24/03/25
DISTRITO	Tocache	FECHA DE REPORTE	28/03/25
CASERIO	-	RECIBO O FACTURA:	
TIPO DE MUESTRA	Agua cruda	OBSERVACIÓN:	POST TEST - TEMPERATURA

2. DATOS DE LA MUESTRA

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS					
CODIGO	REFERENCIA	TEMPERATURA					
		POST TEST AL 10%		POST TEST AL 25%		POST TEST AL 50%	
		CON COAGULANTE	DESPUÉS DEL FILTRADO	CON COAGULANTE	DESPUÉS DEL FILTRADO	CON COAGULANTE	DESPUÉS DEL FILTRADO
M.01-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.1	23.4	23	22.9	22.6	23
M.02-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.1	22.8	23	22.8	23	23.4
M.03-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.4	22.8	22.9	22.7	22.6	23.3

Carretera Central Km. 2.5 – La Esperanza Teléfono N° 51 -9773 – Anexo 310 Huánuco – Perú
E-mail: secretaria.ambiental@udh.edu.pe

M.04-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.2	23.1	22.8	22.6	22.3	22.7
M.05-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.3	22.6	22.9	22.8	22.3	22.1
M.06-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.5	22.5	22.7	22.9	22.2	22.6
M.07-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.1	22.7	22.9	22.6	22	23
M.08-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.2	22.5	22.8	22.7	22.4	23
M.09-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.3	22.3	22.9	22.8	22.4	22.9
M.10-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.4	22.5	22.7	22.9	22.3	22.4
M.11-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.5	22.6	22.8	22.6	22	22.8
M.12-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.4	22.9	22.9	22.7	22.2	22.6
M.13-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.4	23	22.7	22.8	22.7	23.5
M.14-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.6	23.4	22.6	22.9	22.8	23.3
M.15-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.6	23.3	22.8	22.6	22.6	23.1
M.16-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	23.4	22.9	22.9	22.7	22.9	22.4

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA AMBIENTAL

Gisela
Gisela Yoselin Lázaro Ramos

Carretera Central Km. 2.5 – La Esperanza, Huánuco, Perú
E-mail: secretaria.ambiental@udh.edu.pe



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería
Programa Académico de Ingeniería Ambiental
LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

1. DATOS

SOLICITANTE	Guiliana Andrea Montero Flores	MUESTREADO POR:	Guiliana Andrea Montero Flores
DEPARTAMENTO	San Martín	FECHA DE RECEPCIÓN:	24/03/25
PROVINCIA	Tocache	FECHA DE INICIO DE ENSAYO	24/03/25
DISTRITO	Tocache	FECHA DE REPORTE	28/03/25
CASERIO	-	RECIBO O FACTURA:	
TIPO DE MUESTRA	Agua cruda	OBSERVACIÓN:	POST TEST - pH

2. DATOS DE LA MUESTRA

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS					
CODIGO	REFERENCIA	pH					
		POST TEST AL 10%		POST TEST AL 25%		POST TEST AL 50%	
		CON COAGULANTE	DESPUÉS DEL FILTRADO	CON COAGULANTE	DESPUÉS DEL FILTRADO	CON COAGULANTE	DESPUÉS DEL FILTRADO
M.01-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	6.1	6.61	6.33	6.61	5.4	6.52
M.02-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	6.13	6.7	6.05	6.5	5.23	6.66
M.03-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	5.99	6.35	6.2	6.72	5.77	6.47

Carretera Central Km. 2.5 – La Esperanza Teléfono N° 51 -9773 – Anexo 310 Huánuco – Perú
E-mail: secretaria.ambiental@udh.edu.pe

M.04-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	5.77	6.69	6	6.43	5.29	6.22
M.05-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	6.18	6.28	5.98	6.32	5.55	6.08
M.06-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	6.39	6.19	5.9	6.28	5.36	6.34
M.07-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	5.9	6.54	5.95	6.3	5.92	6.16
M.08-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	5.72	6.09	5.88	6.24	5.58	6.31
M.09-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	5.86	6.32	6.1	6.5	5.65	6.66
M.10-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	5.77	6.41	6	6.38	5.76	6.24
M.11-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	5.72	6.59	5.85	6.25	5.31	6.09
M.12-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	6.05	6.53	5.7	6.22	5.68	6.27
M.13-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	6.16	6.74	5.65	6.21	5.63	6.68
M.14-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	6.29	6.75	5.55	6.2	5.36	6.2
M.15-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	5.66	6.44	5.5	6.23	5.95	6.49
M.16-RHU	Cuenca baja del Río Huallaga (-8.184593, -76.507845)	5.79	6.72	5.45	6.26	5.68	6

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA AMBIENTAL

Carretera Central Km. 2.5 – La Esperanza Teléfono: 0151 977311 Anexo 310 Huánuco – Perú
E-mail: ingenieriaambiental@unh.edu.pe
EL LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO 12

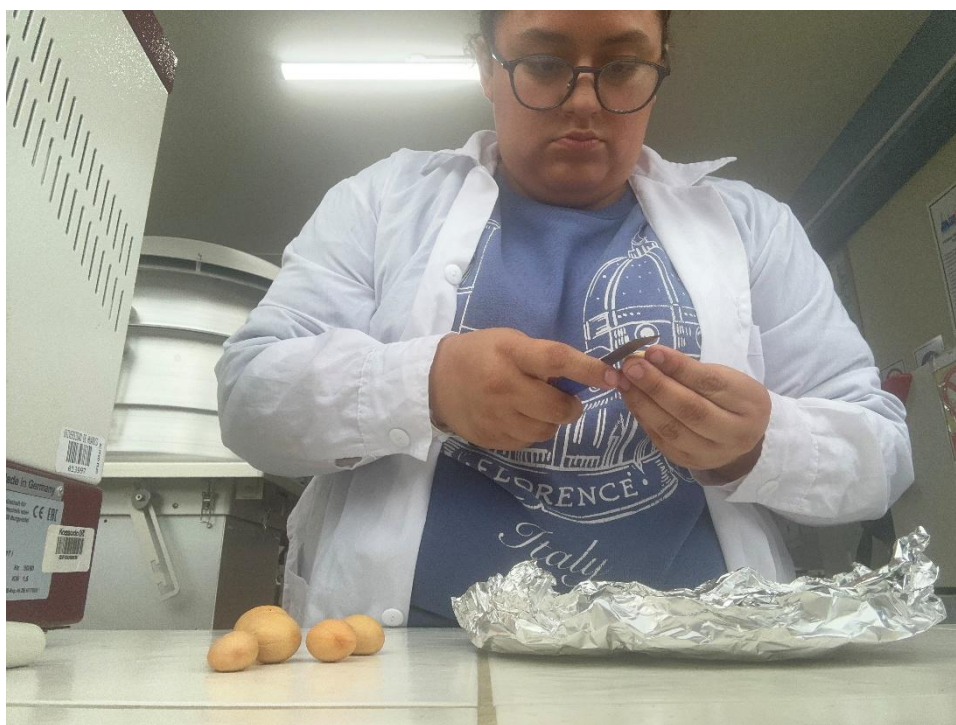
PANEL FOTOGRÁFICO



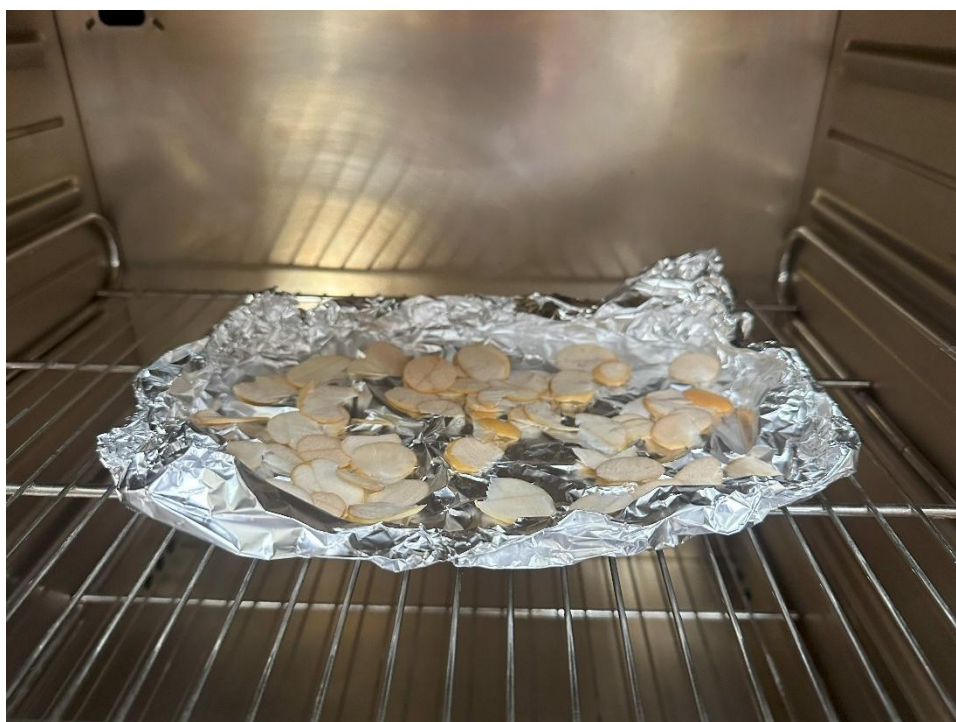
Extracción manual de semillas de lúcuma (*Pouteria lucuma*) mediante pelado de la fruta.



Semillas de lúcuma (*Pouteria lucuma*) tras lavado para eliminación de pulpa residual



Laminado de semillas de lúcuma (*Pouteria lucuma*) para facilitar el secado.



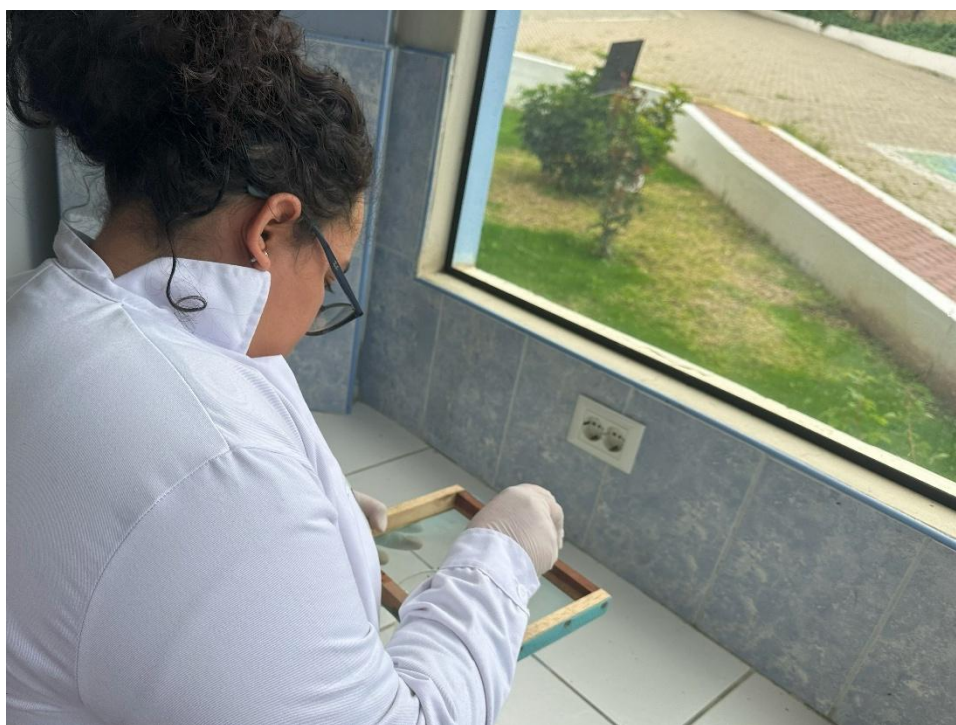
Secado de láminas de semillas de lúcuma en estufa eléctrica a 100 °C



Triturado de láminas de semillas de lúcuma (*Pouteria lucuma*) en mortero con pistilo para obtención de polvo fino.



Polvo fino de semillas de lúcuma (*Pouteria lucuma*) obtenido tras trituración en mortero



Tamizado manual del polvo de semillas de lúcuma (*Pouteria lucuma*) mediante tamiz de malla para separación de partículas finas.



Tamizado del polvo de semillas de lúcuma (*Pouteria lucuma*) para obtención de fracción fina homogénea.



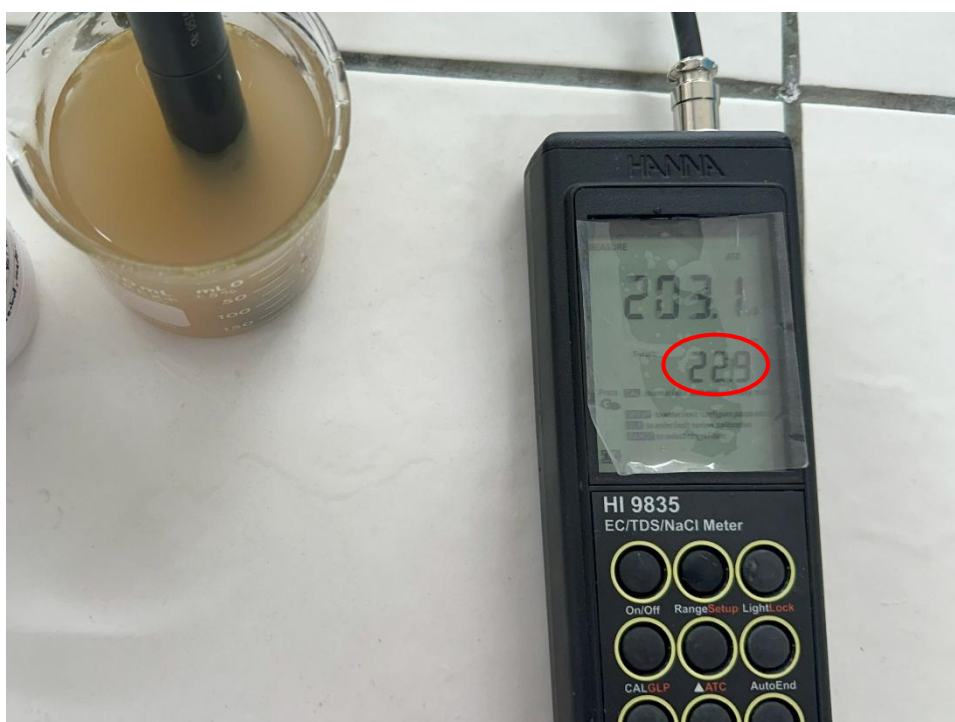
Llenado de la celda del turbidímetro con muestra de agua.



Fotografía 10: Medición de turbidez inicial de la muestra de agua.



Medición de la conductividad eléctrica inicial de la muestra de agua.



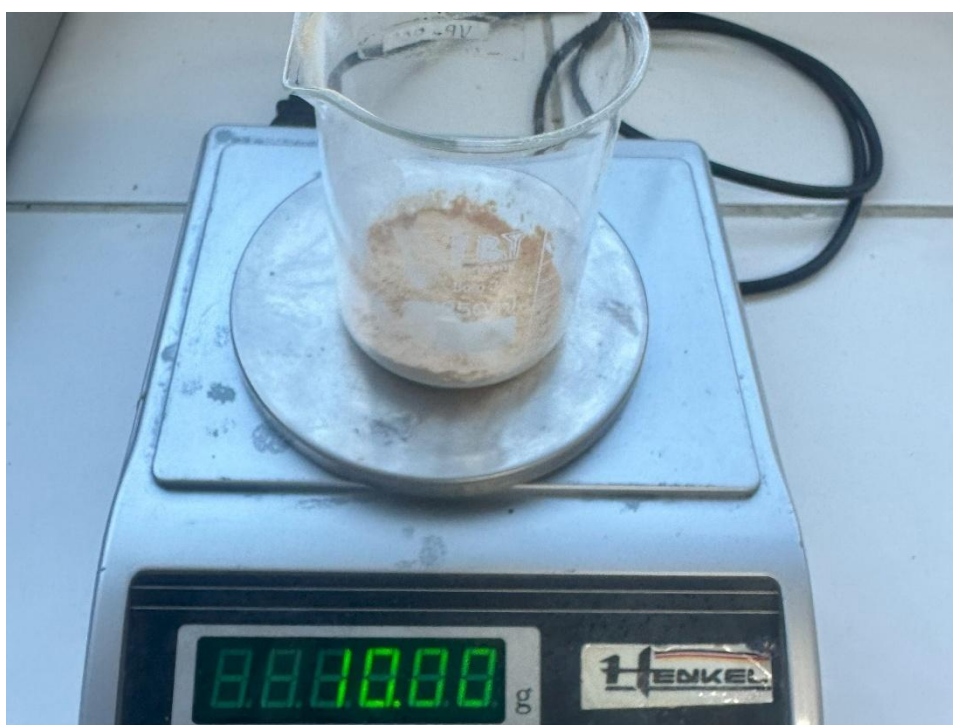
Medición de la temperatura inicial de la muestra de agua.



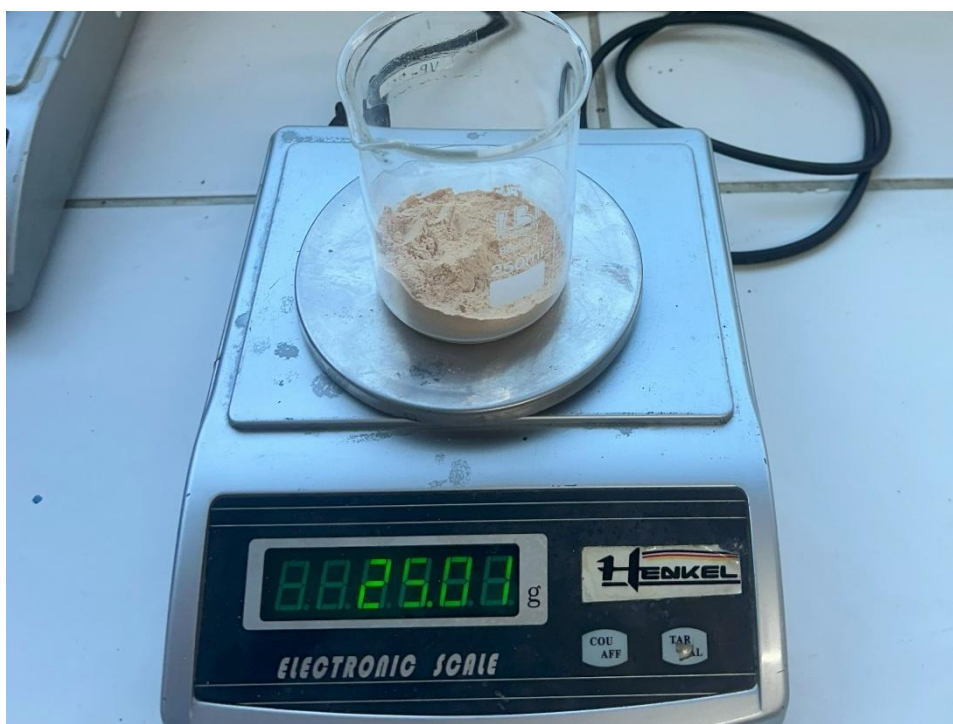
Determinación del pH inicial de la muestra de agua.



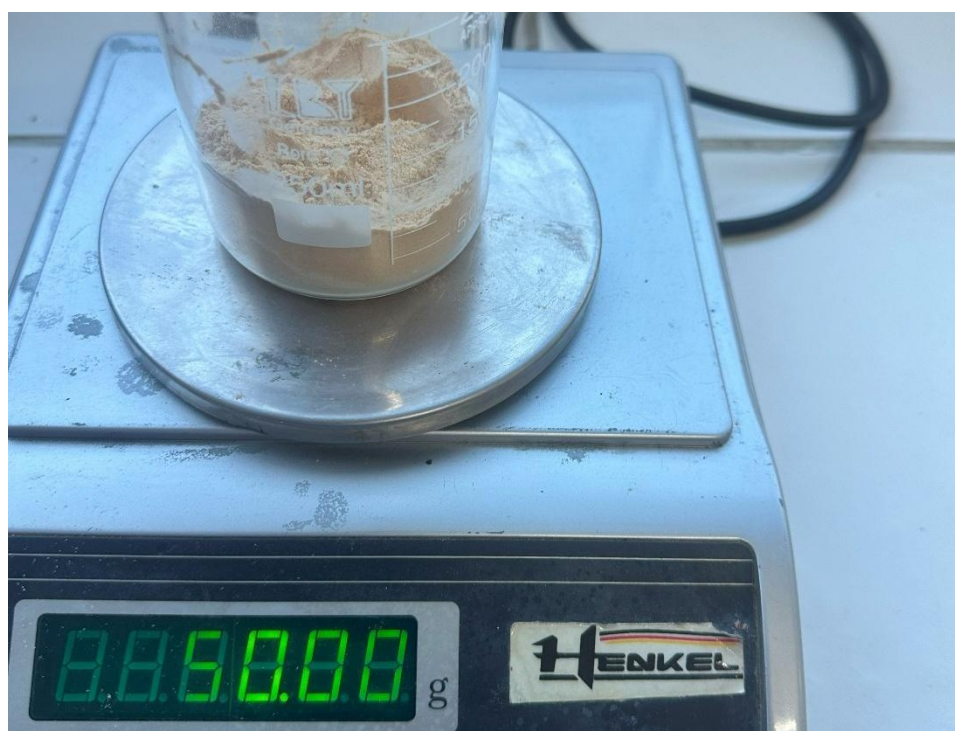
Medición del pH inicial de la muestra de agua.



Pesado de 10 g de polvo de semillas de lúcumo (*Pouteria lucuma*) para preparación de suspensión al 10 % (m/V).



Fotografía 16: Pesado de 25 g de polvo de semillas de lúcumo (*Pouteria lucuma*) para preparación de suspensión al 10 % (m/V)..



Pesado de 50 g de polvo de semillas de lúcumo (*Pouteria lucuma*) para preparación de suspensión al 10 % (m/V)..



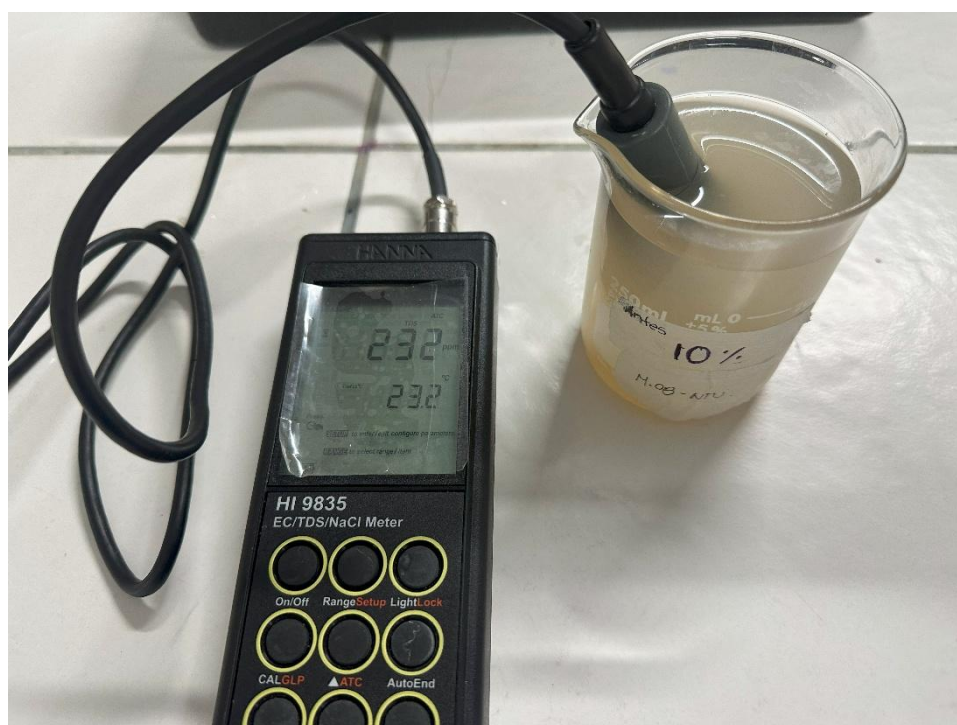
Aplicación del coagulante de lúcumo (*Pouteria lucuma*) a concentraciones del 10 %, 25 % y 50 % (m/V) en muestras de agua.



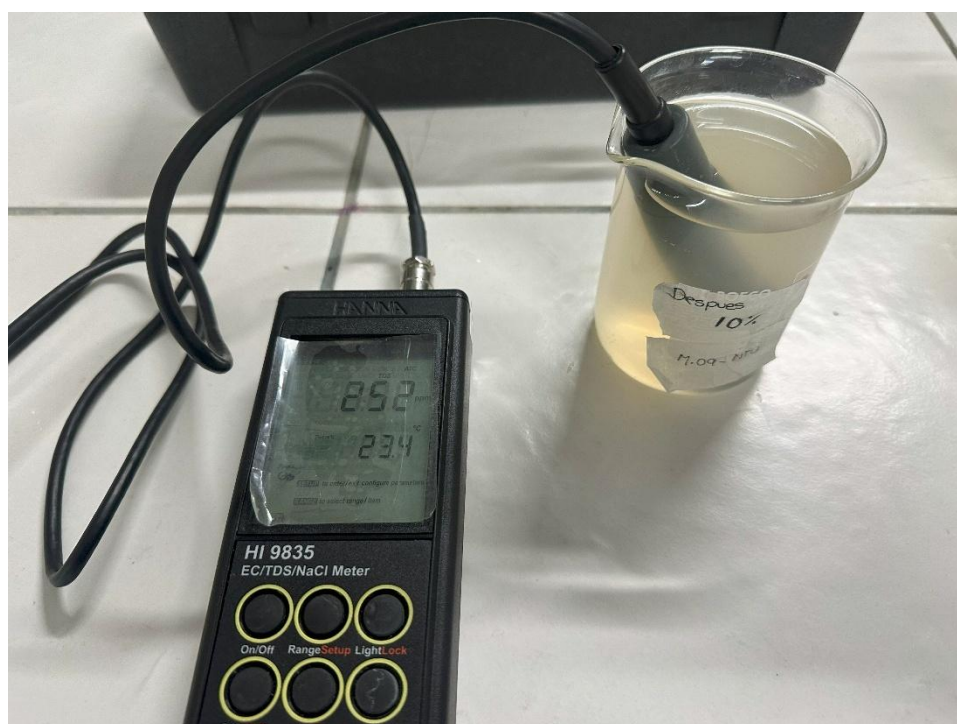
Medición de turbidez de la muestra tratada con coagulante de lúcum a 10 % (m/V).



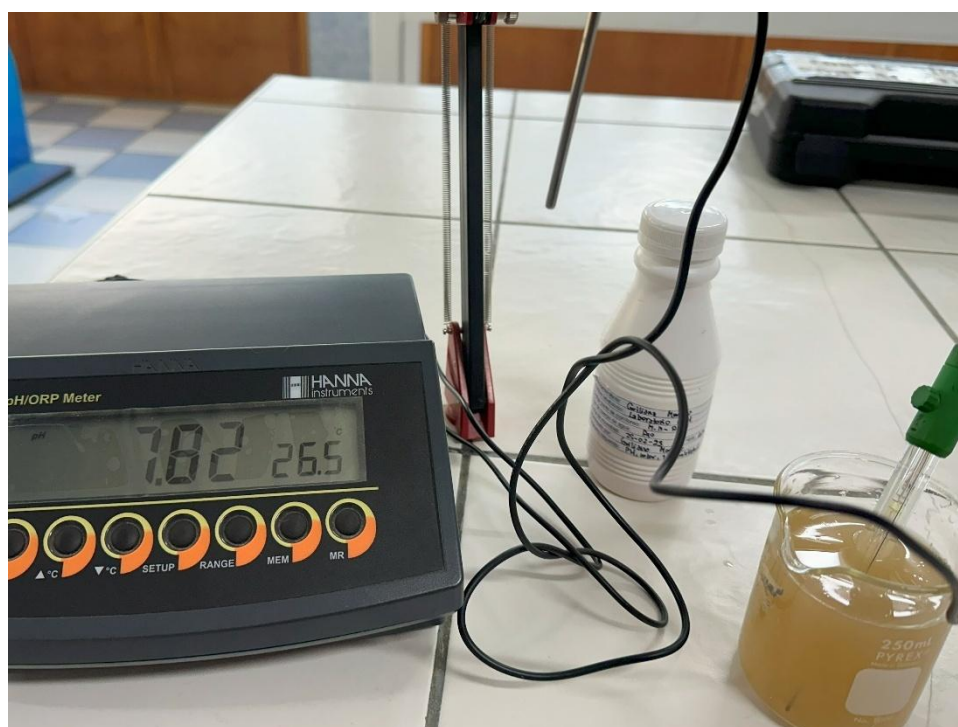
Medición de turbidez tras filtración de la muestra tratada con coagulante de lúcum a 10 %.



Medición de conductividad eléctrica de la muestra tratada con coagulante de lúcuma al 10 %.



Medición de conductividad eléctrica tras filtración de la muestra tratada con coagulante de lúcuma al 10 %.



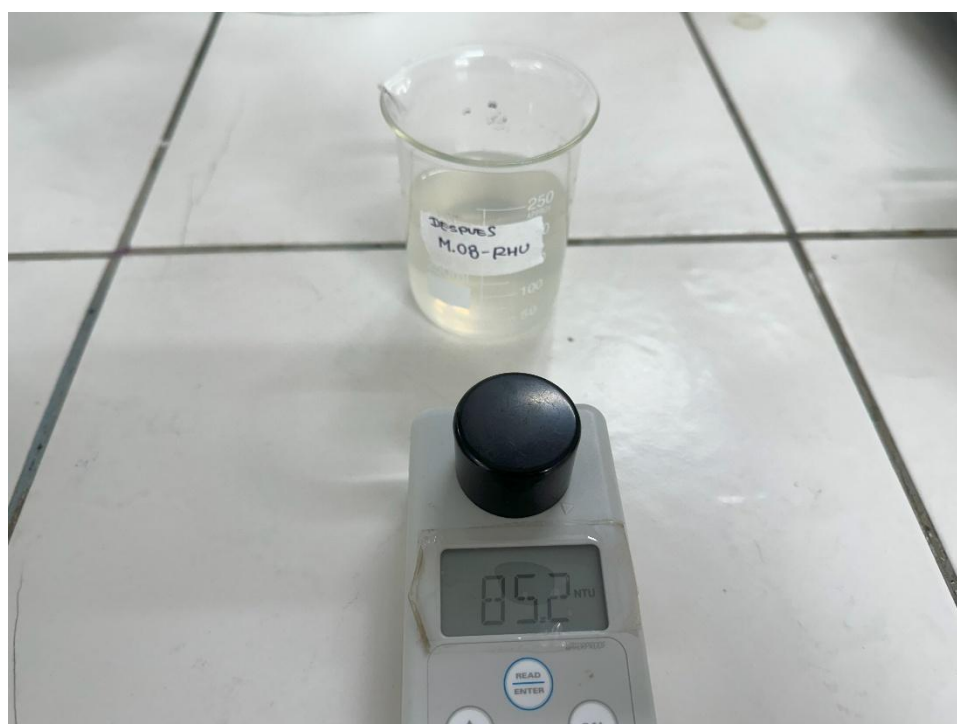
Medición del pH de la muestra tratada con coagulante de lúcuma.



Medición del pH tras filtración de la muestra tratada con coagulante de lúcuma al 10 %.



Medición de turbidez de la muestra tratada con coagulante de lúcuma al 25 % (m/V).



Medición de turbidez tras filtración de la muestra tratada con coagulante de lúcuma al 25 %.



Medición de conductividad eléctrica de la muestra tratada con coagulante de lúcuma al 25 %.



Medición de conductividad eléctrica tras filtración de la muestra tratada con coagulante de lúcuma al 25 %.



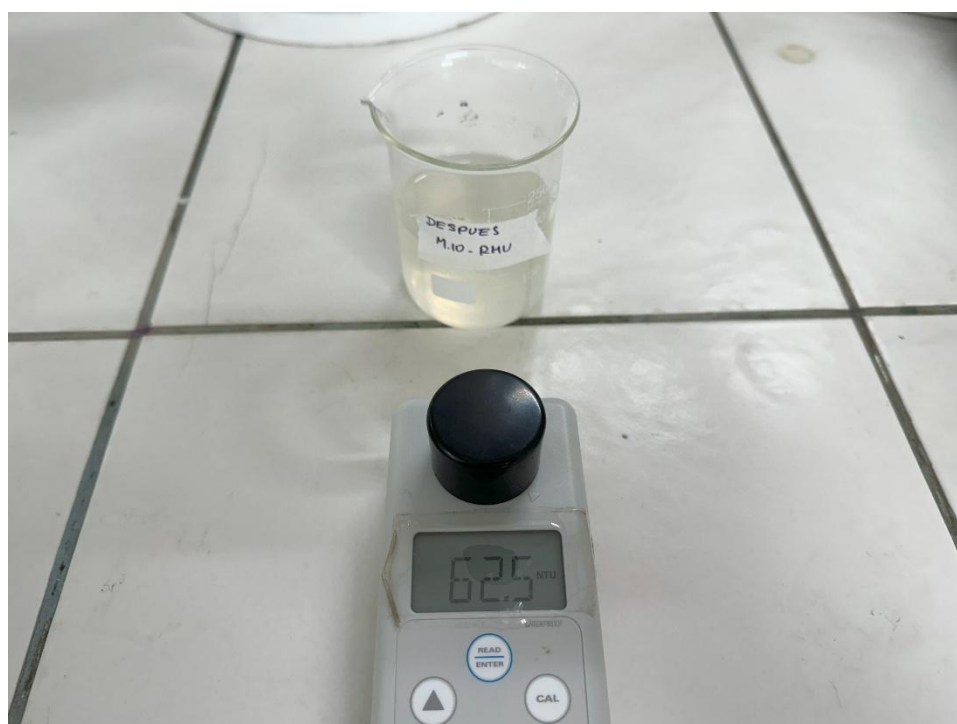
Medición del pH de la muestra tratada con coagulante de lúcuma.



Medición del pH tras filtración de la muestra tratada con coagulante de lúcuma al 25 %.



Medición de turbidez de la muestra tratada con coagulante de lúcuma al 50 % (m/V).



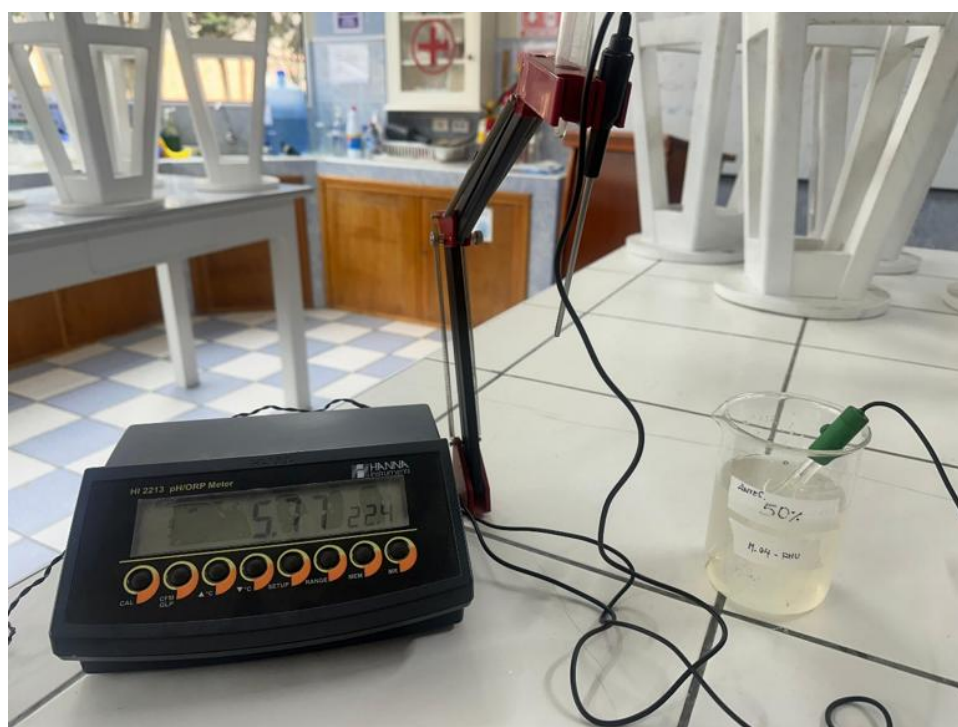
Medición de turbidez tras filtración de la muestra tratada con coagulante de lúcuma al 50 %.



Medición de conductividad eléctrica de la muestra tratada con coagulante de lúcuma al 50 %.



Medición de conductividad eléctrica tras filtración de la muestra tratada con coagulante de lúcuma al 50 %.



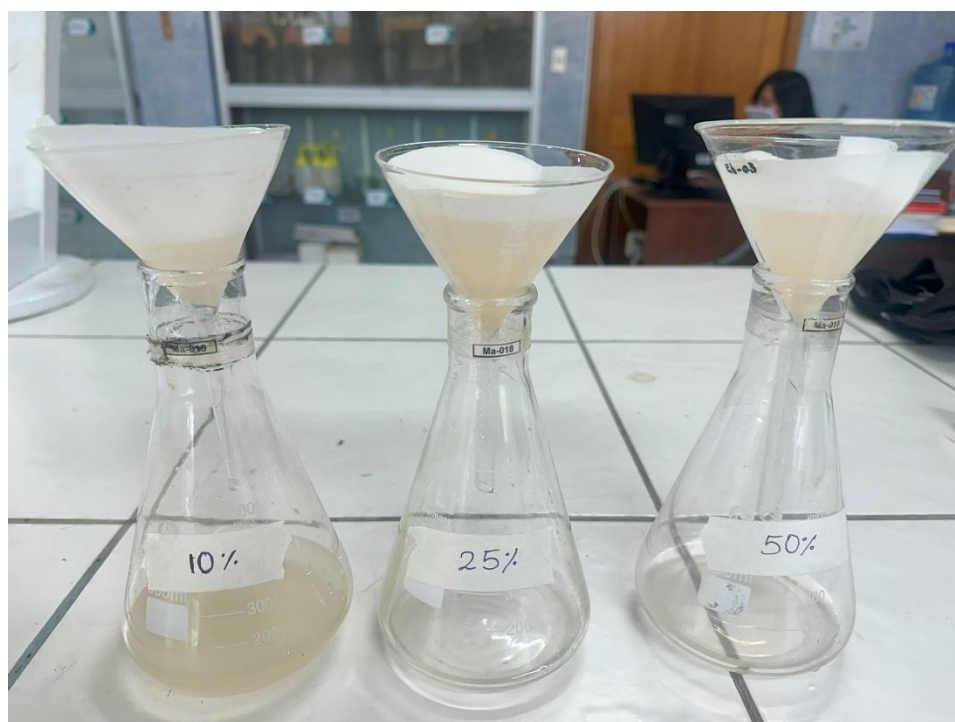
Medición del pH de la muestra tratada con coagulante de lúcumá.



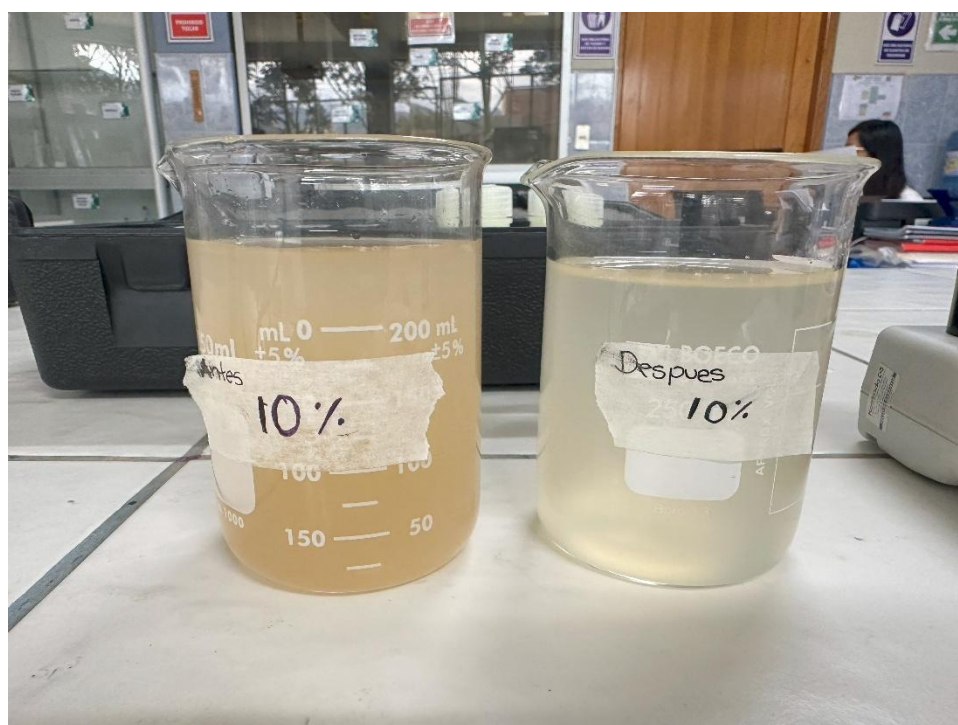
Medición del pH tras filtración de la muestra tratada con coagulante de lúcumá al 50 %.



Muestras tratadas con coagulante de lúcumá (*Pouteria lucuma*) a concentraciones del 10 %, 25 % y 50 % (m/V) y sus filtrados correspondientes.



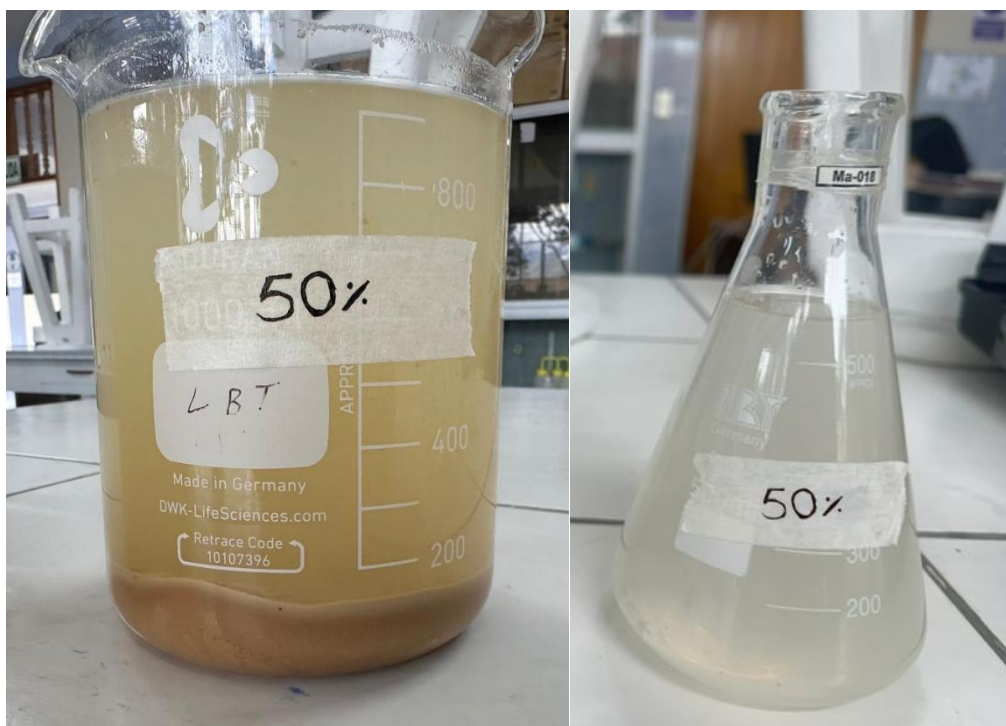
Filtrado de las muestras tratadas con coagulante de lúcumá (*Pouteria lucuma*) a concentraciones del 10 %, 25 % y 50 %.



Comparación de la muestra de agua tratada con coagulante de lúcura al 10 % (m/V) antes y después de la filtración.



Comparación de la muestra de agua tratada con coagulante de lúcura al 25 % (m/V) antes y después de la filtración.



Comparación de la muestra de agua tratada con coagulante de lúcuma al 50 % (m/V) antes y después de la filtración.



Visita del jurado evaluador al laboratorio de ensayo de secado de semillas de lúcuma.