



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de la **TESIS** cuyo título es:

**"MORINGA OLEÍFERA COMO COAGULANTE NATURAL EN LA
CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA QUEBRADA
REPOSO EN LA CIUDAD DE HUÁNCANO – 2025."**

Presentado por:

VEGA NIÑO, CRISTHIAN MARIO EDGARD

De la MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA

MENCIÓN EN PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Escuela de Posgrado de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 2%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 25 de Marzo de 2026.

Atentamente

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
ESCUELA DE POSGRADO

Dr. MARIO GUSTAVO REYES MEJÍA
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA
MENCIÓN EN PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES



TESIS

**“MORINGA OLEÍFERA COMO COAGULANTE NATURAL EN LA
CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA
QUEBRADA REPOSO EN LA CIUDAD DE HUÁNCANO – 2025”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES

PRESENTADO POR:
BACH. VEGA NIÑO, CRISTHIAN MARIO EDGARD

GRADO ACADEMICO A OBTENER: MAESTRO

ASESOR:
DRA. CARMEN LUZ CUBA CORNEJO

ICA - PERÚ
2026

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi familia, el motor que me impulsa cada día.

A mis padres, por quererme siempre y mostrarme con su ejemplo lo importante que es esforzarse y ser constante.

A mi hermano, por su apoyo, comprensión y compañerismo en cada etapa de mi vida.

A mi novia, por su paciencia, motivación y por acompañarme en los momentos más exigentes de este camino académico.

Y, con especial amor, a mi bebé, mi mayor inspiración, razón de cada sacrificio y símbolo del futuro que deseo construir.

Esta tesis es el reflejo del esfuerzo compartido con todos ustedes, quienes siempre creyeron en mí.

CRISTHIAN VEGA

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por concederme la sabiduría, la perseverancia y la fortaleza para culminar con éxito esta etapa tan significativa.

A mis docentes y asesores de posgrado, por su valiosa orientación y compromiso, que contribuyeron de manera esencial a mi formación profesional y personal.

A todos quienes aportaron con su tiempo, conocimiento o palabras de aliento, mi más sincero agradecimiento.

CRISTHIAN VEGA

PÁGINA DEL JURADO



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" ESCUELA DE POSGRADO



ACTA DE EXAMEN DE GRADO

PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA QUÍMICA mención PROCESOS
QUIMICOS Y AMBIENTALES

FE DE SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO DE TESIS DEL GRADUANDO, VEGA NIÑO CRISTHIAN MARIO EDGARD.

En la ciudad de Ica, siendo las 14:15 hrs. del día 30 de abril de 2026, en la reunión presencial en la sala de grado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" ha asignado al Presidente de jurado de sustentación la misma que deberá ser agregada al expediente de titulación. Se dio inicio al acto de sustentación de la Tesis titulada **"MORINGA OLEÍFERA COMO COAGULANTE NATURAL EN LA CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA QUEBRADA REPOSO EN LA CIUDAD DE HUANCANO - 2025"**.

En cumplimiento de lo establecido en el Reglamento de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la UNICA; el Señor Presidente del Jurado invitó a la Asesora Dra. CARMEN LUZ CUBA CORNEJO, a presentar al graduando.

Acto seguido el Presidente invitó a la graduanda a iniciar su exposición, al término del cual los miembros del jurado le formularon las preguntas u objeciones, las mismas que fueron absueltas satisfactoriamente por el graduando.

A continuación, el JURADO, de conformidad con el Reglamento, procedió a la calificación de la sustentación

quedando de la siguiente manera:

Presidente 16 (*Dieciséis*)

Secretario 16 (*Dieciséis*)

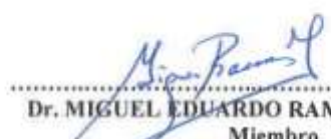
Miembro 16 (*Dieciséis*)

Promedio Final: 16 (*Dieciséis*)

declarando la sustentación de la Tesis **APROBADA** procediéndose luego a la lectura de la presente Acta, que la suscriben virtualmente los Miembros del Jurado por cuadruplicado.

Luego de la imposición de la medalla de **MAESTRO** y la felicitación de los Miembros de Jurado, el Presidente dio por concluido el Acto de Sustentación siendo las 15:00 hrs. del mismo día.


.....
Dr. LESLIE MARIELLY FELICES VIZARRETA
Presidente


.....
Dr. MIGUEL EDUARDO RAMOS GAMARRA
Miembro

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **CRISTHIAN MARIO EDGARD VEGA NIÑO**, estudiante de la escuela de posgrado en su programa de maestría en Ingeniería Química con mención en Procesos Químicos y Ambientales de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, identificado con **DNI N° 46205017**, con el trabajo de investigación titulado, **“Moringa Oleifera como coagulante natural en la clarificación del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huáncano - 2025”**.

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es de mi propia autoría.
- 2) Se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcial.
- 3) La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados son reales y certificados por la Universidad San Luis Gonzaga, no han sido falseadas, ni duplicadas, ni copiadas y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirá en aportes a la realidad investigada.

En tal sentido asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se derive, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad San Luis Gonzaga,

Ica, mayo de 2026



CRISTHIAN MARIO EDGARD VEGA NIÑO

AUTOR

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Antecedentes de la investigación.....	13
1.3. Justificación e importancia de la investigación	16
1.4. Objetivos de la investigación	16
1.5. Hipótesis de la investigación.....	17
1.6. Bases teóricas	17
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	24
2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación	24
2.2. Población y muestra de investigación.....	25
2.3. Técnica e instrumento de recolección de datos	26
2.4. Técnica de procesamiento de datos, análisis e interpretación de resultados	27
III. RESULTADOS	28
IV. DISCUSIÓN.....	44
V. CONCLUSIONES	45
VI. RECOMENDACIONES	46
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
VIII. ANEXOS.....	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía de la M.O.	18
Tabla 2 Características Físicas, Químicas y Biológicas del Agua	22
Tabla 3 Ensayos de la cualidad del agua.	28
Tabla 4 Parámetros físico-químicos del agua.	29
Tabla 5 Pruebas realizadas en el estudio.	32
Tabla 6 Resultados de la prueba N°1.	33
Tabla 7 Resultados de la prueba N°1. Complementario.....	34
Tabla 8 Parámetros de calidad del agua antes y después del tratamiento.....	35
Tabla 9 Eficiencia del sistema de tratamiento propuesto.	35
Tabla 10 Criterios de diseño para una planta de tratamiento.....	37
Tabla 11 Análisis de la varianza ANOVA disminución de la turbidez en función del tratamiento.	39
Tabla 12 Análisis de la varianza ANOVA disminución de los sólidos suspendidos totales en función del tratamiento.	40
Tabla 13 Análisis de la varianza ANOVA disminución de la conductividad eléctrica en función del tratamiento	41
Tabla 14 Prueba Post hoc - combinación ente los tratamientos.....	42
Tabla 15 Prueba T pareado para antes y después del tratamiento.....	42
Tabla 16 Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento T1 de la prueba N° 1.	56
Tabla 17 Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento T2 de la prueba N° 1.	56
Tabla 18 Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento T3 de la prueba N° 1.	56
Tabla 19 Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento T4 de la prueba N° 1	57
Tabla 20 Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento T5 de la prueba N° 1.	57
Tabla 21 Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento T6 de la prueba N° 1.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Identificación de la M.O.....	18
Figura 2. Nivel de turbidez en el agua.	29
Figura 3. Nivel de pH en el agua.	30
Figura 4. Nivel de Conductividad en el agua.	30
Figura 5. Cantidad de Sólidos Totales Disueltos en el agua.	31
Figura 6. Variación de la Temperatura del agua.....	32
Figura 7. Porcentaje de eficiencia del sistema de tratamiento propuesto.	36
Figura 8. Flujo de un sistema de tratamiento de agua.....	38
Figura 9. Localización de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano.....	61
Figura 10. Recolección de muestras de agua durante el monitoreo	62
Figura 11. Preparación de las muestras para el tratamiento	62
Figura 12. Trituración y pulverizado de la Moringa oleífera	63
Figura 13. Preparación de las dosis para el tratamiento	63
Figura 14. Preparación de las alícuotas para los tratamientos	63
Figura 15. Adición de las dosis de moringa oleífera a las muestras de agua.....	64
Figura 16. Etapa de la coagulación en el equipo de agitación.....	64
Figura 17. Etapa de la floculación en el equipo de agitación	64
Figura 18. Etapa de la sedimentación de las muestras	65
Figura 19. Etapa de la filtración de las muestras	65
Figura 20. Obtención de las muestras clarificadas.....	65
Figura 21. Medición del parámetro pH en cada prueba experimental planteada.....	66
Figura 22. Medición del parámetro Conductividad en cada prueba experimental planteada	66
Figura 23. Medición del parámetro turbidez en cada prueba experimental planteada	66

RESUMEN

La presente investigación se enfocó en determinar el efecto del uso de *Moringa oleífera* como coagulante natural en la clarificación del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025. Se observó que la turbidez del agua supera los valores máximos permitidos según lo establecido en el D.S. N.º 031-2010-SA del Ministerio de Salud. Para llevar a cabo el estudio, se utilizó una metodología aplicada de nivel explicativo y diseño experimental. Las muestras de agua fueron sometidas a diversos ensayos con el objetivo de determinar la dosis óptima de *Moringa Oleífera*, evaluando seis muestras con concentraciones diferentes. Cada dosis se aplicó tres veces, empleando un equipo de agitación durante las etapas de coagulación y floculación. Posteriormente, las muestras se filtraron y se analizaron en el laboratorio para determinar los parámetros resultantes. Los hallazgos indicaron que la dosis óptima de *Moringa Oleífera* es de 8 mg/L, logrando una eficiencia del 80% bajo el sistema implementado. En consecuencia, se concluye que la turbidez del agua destinada al consumo humano en la Quebrada Reposo se reduce de manera significativa, confirmando el alto poder coagulante de la *Moringa Oleífera*.

Palabras claves: *Moringa oleífera*, Clarificación del agua, eficiencia y límite máximo permisible.

ABSTRACT

This research focused on determining the effect of using *Moringa oleifera* as a natural coagulant in clarifying drinking water in the Reposo Creek – Huancano, 2025. It was observed that the water turbidity exceeded the maximum permissible values established by Supreme Decree No. 031-2010-SA of the Ministry of Health. To carry out the study, an applied methodology at the explanatory level and with an experimental design was used. Water samples were subjected to various tests to determine the optimal dose of *Moringa oleifera*, evaluating six samples with different concentrations. Each dose was applied three times, using agitation equipment during the coagulation and flocculation stages. Subsequently, the samples were filtered and analyzed in the laboratory to determine the resulting parameters. The findings indicated that the optimal dose of *Moringa oleifera* is 8 mg/L, achieving an efficiency of 80% under the implemented system. Consequently, it is concluded that the turbidity of the water intended for human consumption in the Reposo Creek is significantly reduced, confirming the high coagulating power of *Moringa Oleifera*.

Keywords: *Moringa oleifera*, Water clarification, efficiency, and maximum permissible limit.

I. INTRODUCCIÓN

El agua que proviene de fuentes superficiales suele presentar una composición variable, ya que está expuesta de manera directa a factores ambientales y a diferentes tipos de contaminación natural o antrópica. La enorme variedad de partículas diminutas y sustancias disueltas que incluyen minerales, compuestos orgánicos e inorgánicos, altera sus propiedades físicas, químicas y biológicas [1]. Por esta razón, resulta fundamental someterla a un tratamiento adecuado antes de su distribución destinado al consumo humano, asegurando que cumpla con los criterios que establecen las normas de calidad [2].

Generalmente, para reducir la turbidez y eliminar las impurezas presentes, se recurre al proceso de coagulación, técnica que facilita la aglomeración y posterior sedimentación de los materiales suspendidos [3]. Este proceso requiere la incorporación de un coagulante, cuya función es regular la efectividad del sistema de potabilización [4].

Últimamente ha surgido un interés por el uso de coagulantes naturales, a causa de sus múltiples ventajas: son económicos, biodegradables y no generan efectos adversos sobre la salud, lo que los convierte en una alternativa sostenible [5].

La MO ha sido destacada como una alternativa natural con propiedades ecológicas de gran utilidad en los procesos de purificación del agua. Se ha comprobado que las semillas de esta planta pueden emplearse como alternativa sostenible frente a los coagulantes químicos convencionales, debido a sus características favorables como la biodegradabilidad, cero toxicidades, la mínima generación de residuos y su limitada influencia en los parámetros de acidez (pH) y conductividad eléctrica del agua [6]. Asimismo, el polvo obtenido de sus semillas ha demostrado ser un biocoagulante eficiente en el tratamiento del agua, aportando ventajas ambientales y económicas, ya que su aplicación resulta ecológicamente rentable, mantiene la estabilidad del pH y produce una cantidad reducida de lodos tras el proceso de clarificación [2]. De igual manera, se ha evaluado su efectividad como un ingrediente natural que ayuda a que las partículas contaminantes se agrupen al empezar a limpiar el agua, obteniendo resultados positivos y prometedores que respaldan su potencial como agente natural de purificación [7].

Se ha comprobado que las semillas de MO son efectivas en la reducción de la turbidez del agua, logrando niveles de hasta 91,5 % en los procesos de clarificación, disminuyendo significativamente la turbidez en muestras de agua superficial, como por ejemplo las obtenidas en un río de Suazilandia, donde se reportó una reducción del 35 % en comparación con los métodos convencionales de filtración [8]. Sin embargo, se ha comprobado que una dosificación excesiva de este tipo de coagulantes puede aumentar nuevamente la turbidez, afectando la calidad final del agua tratada [9].

Bajo este contexto, los coagulantes naturales representan una alternativa viable frente a los compuestos sintéticos. La determinación óptima de la concentración es muy importante en la remoción de turbidez para evitar la presencia de residuos orgánicos que demanden tratamientos posteriores [10].

1.1. Planteamiento del problema

A nivel internacional, el abastecimiento de agua potable se ha convertido en uno de los retos más urgentes del siglo XXI. Según informes, más de 2 200 millones de personas en el planeta aún no cuentan con acceso confiable a este recurso esencial, situación que se ve agravada por el aumento de la población, la contaminación ambiental y los efectos del cambio climático [11]. Ante esta problemática, la comunidad científica internacional ha orientado sus esfuerzos hacia la búsqueda de alternativas sostenibles para el tratamiento del agua, entre las cuales destaca la utilización de coagulantes naturales como una opción viable y ecológicamente responsable.

En ese marco se llevó a cabo un estudio piloto en Malasia, en el cual demostraron que el extracto obtenido de las semillas de *Moringa oleífera* posee una alta capacidad coagulante, logrando disminuir la turbidez del agua con eficiencias de remoción que oscilaron entre el 90 % y el 99 % [12]. De manera complementaria, destacaron que la *Moringa oleífera* constituye una alternativa sostenible y de bajo costo frente a los coagulantes químicos convencionales, ya que combina una elevada eficacia en la clarificación con una naturaleza biodegradable y no tóxica, lo que la convierte en una opción ambientalmente responsable [13]. Los hallazgos obtenidos respaldan que el uso de coagulantes naturales constituye una alternativa viable y ambientalmente sostenible, capaz de mejorar la calidad del agua y minimizar los efectos negativos asociados al uso de sustancias químicas tradicionales. En este sentido, se reconoce la importancia de profundizar en las investigaciones sobre su eficiencia y comportamiento en distintos contextos geográficos y tipos de fuentes hídricas, con el fin de optimizar su aplicación y promover tecnologías más limpias y accesibles.

En el contexto peruano, la calidad del agua destinada al consumo humano continúa representando una problemática de alto impacto, sobre todo en las zonas rurales y periurbanas, donde la ausencia de plantas de tratamiento limita el acceso a un recurso seguro y de calidad. De acuerdo con los informes, aproximadamente una cuarta parte de la población nacional, es decir, cerca del 25 % de los peruanos, consume agua que no cumple con los parámetros de potabilidad establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA [14]. Ante esta realidad, diversos estudios realizados en el ámbito nacional han analizado el potencial del coagulante natural, la cual evidenció que el extracto de las semillas de MO posee una alta capacidad para reducir la turbidez, alcanzando niveles de eficiencia de hasta el 97,77 % en muestras de agua fluvial [15].

De igual forma, Salazar y Espinoza (2022) determinaron que el uso de *Moringa oleífera* mejora de manera significativa el proceso de clarificación del agua, además de presentar bajos costos operativos, lo que la convierte en una opción viable para comunidades rurales que cuentan con recursos limitados [16]. En conjunto, estos descubrimientos confirman que los coagulantes naturales constituyen una solución técnica, económica y ambientalmente sostenible, especialmente en contextos donde la infraestructura convencional de tratamiento de agua es insuficiente o inexistente.

En la Quebrada Reposo, en Huáncano, perteneciente a la provincia de Pisco, región Ica, la población hace uso del agua, sin contar con un proceso adecuado de purificación previo a su consumo. Los análisis efectuados en la zona han detectado altos niveles de turbidez y una concentración significativa de sólidos suspendidos siendo un riesgo potencial para proteger la salud de la gente.

Se plantea la necesidad de incorporar métodos alternativos y sostenibles para la clarificación del agua. En este contexto, la *Moringa oleífera* se perfila como una opción prometedora, debido a que sus propiedades coagulantes naturales facilitan la remoción de partículas coloidales y hacen que el agua esté más limpia y segura. Analizar su eficacia en la Quebrada Reposo permitirá valorar su aplicabilidad real en comunidades rurales con características semejantes.

1.1.1 Problema general

¿Cuál es el efecto del uso de *Moringa oleífera* como coagulante natural en la clarificación del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025?

1.1.2 Problemas específicos

P.E.1. ¿Cuál es el efecto del uso de *Moringa oleífera* como coagulante natural en la disminución de la turbidez (NTU) del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huáncano – 2025?

P.E.2. ¿Cuál es el efecto del uso de *Moringa oleífera* como coagulante natural en la disminución de sólidos suspendidos totales del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025?

P.E.3. ¿Cuál es el efecto del uso de *Moringa oleífera* como coagulante natural en la disminución de la conductividad eléctrica del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025?

1.2. Antecedentes de la investigación

Antecedentes internacionales

Salokún & Osarumwense [17], realizó una investigación en 2023, en Benín – Nigeria. Investigaron la capacidad de la SMO para coagular y eliminar contaminantes de efluentes generados en la producción de biodiesel. El efecto obtenido es una reducción notable de la

turbidez con tratamiento de Moringa Oleífera. A través de un examen comparativo se cuantificó la eficiencia de cada coagulante en la eliminación de partículas en suspensión, asociados a biomoléculas con capacidad coagulante. Los resultados obtenidos sugieren que la proteína catiónica de alto peso molecular presente en la DMOS es el principal responsable de la eliminación de partículas.

Ahmad et al. [18], investigaron los polielectrolitos presentes en la Moringa oleífera que impactan sobre los criterios de calidad del agua. Los hallazgos obtenidos sugieren que estos compuestos orgánicos son capaces de reducir de manera efectiva la dureza, turbidez y conductividad del agua, a través de procedimientos coagulación y floculación en el agua. La Moringa Oleífera es una de las alternativas de tratamiento de agua más prometedoras.

Gutiérrez [19], en su tesis del 2022, elaboró un examen exhaustivo de las características fisicoquímicas del agua en la región de Tundayme, caracterizadas por una alta turbidez debido a la actividad minera. Mediante pruebas de coagulación en jarra, se evaluó la capacidad de la Moringa oleífera para remover partículas suspendidas en el agua. Obtuvo que los compuestos poliméricos presentes en la SDMO fueron capaces de desestabilizar las partículas coloidales, facilitando su aglomeración y sedimentación.

Chango y Ruiz [20] en 2021, evaluaron la eficacia de la *Moringa oleífera* como sustancia coagulante durante la limpieza del agua domésticas en Samborondón, Ecuador. Utilizando un diseño experimental con diferentes dosis del polvo de moringa, analizaron parámetros como turbidez. Obtuvieron altas tasas de remoción, destacando una reducción de turbidez superior al 97 %. Concluyeron que la MO es una opción amigable con el medio ambiente.

Hernández & Quimbay. [21], en 2021, estudiaron cómo la semilla de Moringa oleífera puede ser utilizadas para depurar y limpiar las aguas residuales de la PTAR. Realizaron una comparación de la eficacia de las SDMO como agentes coagulantes en relación con el cloruro férrico. Los resultados evidenciaron que la Moringa oleífera no solo logra eliminar y remover una mayor cantidad de contaminantes, sino que también ofrece ventajas ambientales y económicas, al aprovechar un recurso natural y reducir la dependencia de productos químicos sintéticos.

Antecedentes Nacionales

Loayza [22], en 2025 se examinó la efectividad de la Moringa oleífera como coagulante natural para disminuir la turbidez del efluente PTAR de Punta de Bombón. Se tomaron muestras en tres puntos del sistema y se realizaron pruebas de jarras con diferentes dosis (10, 25, 50, 75 y 100 mg/L). Los resultados demostraron que no hubo cambios relevantes entre las dosis ni entre las condiciones de aplicación (con cáscara, sin cáscara o combinada), ya que el valor de p fue mayor a 0,05. Resultó estadísticamente eficaz en la reducción de la turbidez del agua residuales domésticas, superando el rendimiento del sistema de tratamiento actual de la PTAR.

Quintana [23], en 2024, mediante ensayos de coagulación, se evaluó la capacidad de la MO como método de aguas turbias del río Caplina, su fin fue determinar su viabilidad como alternativa natural para la clarificación del agua.

A través de un diseño experimental meticuloso, se optimizaron las condiciones para trabajar con semillas de *Moringa oleífera*, logrando que una dosis al 5% (m/v) de extracto de MO permitiera alcanzar la suspensión de turbidez del 99,84%, evidenciando la alta eficiencia de este coagulante.

Pereyra [24], en 2024, el estudio evaluó el impacto *Moringa oleífera* en la depuración y clarificación del agua destinada al consumo humano en Cajamarca. La investigación fue de tipo explicativo con diseño experimental, utilizando un arreglo factorial 3x3. La muestra consistió en nueve tratamientos (tres por especie), cada uno con cuatro repeticiones. Se aplicó una concentración del 1% con dosis de 90, 120 y 150 mg/L para cada especie. Como resultado se obtuvo una reducción de la turbidez del agua entre 51,80% y 62,74%, indicando que las tres especies contribuyen de manera positiva al proceso de clarificación. De las tres, *Opuntia ficus-indica* fue la más efectiva, alcanzando un 62,74% de reducción de turbidez. Asimismo, se identificó que la dosis de 120 mg/L ofreció el mejor desempeño en la coagulación, optimizando así el proceso de tratamiento del agua.

Vargas [25], en 2023, evaluó la capacidad de la MO para actuar como coagulante natural en procesos de purificación y desinfección de agua. Se llevó a cabo una comparación sistemática con los métodos convencionales de tratamiento a fin de determinar la eficacia y viabilidad de esta alternativa natural. Se realizaron ensayos de coagulación en jarras, variando los tiempos de reacción y las concentraciones de coagulante natural (5% y 10%). Ciertos parámetros del agua, como la turbidez y la presencia de coliformes, fueron monitoreados antes y después del tratamiento para evaluar la efectividad del coagulante mejorando la calidad del agua.

Arango y Martínez [26], en 2022, evaluaron capacidad de la SMO como coagulante natural para remover turbidez y *E. coli* en un estudio experimental. A través de un diseño factorial, se investigó el efecto de distintas dosis de coagulante y tiempos de mezcla rápida sobre estas variables de respuesta. La *Moringa oleífera* demostró ser una solución prometedora para tratar el agua, alcanzando una remoción de turbidez del 84,14% y una inhibición de *E. coli* del 97,76%, con un tiempo de mezcla de 60 segundos. Los resultados obtenidos resaltan el potencial de esta planta siendo una opción factible y sostenible a los coagulantes convencionales, abriendo nuevas perspectivas en el campo del tratamiento de aguas.

1.3. Justificación e importancia de la investigación

Justificación teórica:

Teóricamente se fundamenta en la necesidad de establecer criterios científicos que expliquen las causas subyacentes asociados a los altos niveles de turbidez en el agua. Además, busca demostrar el uso de la Moringa Oleífera y de qué manera puede contribuir a reducir dicha turbidez. Para ello, se desarrollarán análisis exhaustivos y ensayos experimentales que validen la eficacia del tratamiento propuesto, proporcionando evidencia científica que respalde su eficiencia y aplicabilidad en contextos reales.

Justificación metodológica:

Desde una perspectiva metodológica, requiere la convergencia de conocimientos tanto químicos como tecnológicos, elementos esenciales para la validación de la hipótesis propuesta. Esto incluye el diseño y la implementación de un procedimiento experimental que explore y optimice el uso del coagulante natural derivado de MO como una opción beneficiosa para purificar el agua destinada al consumo humano.

Justificación social:

Desde un enfoque social, los beneficiados son la población de la Quebrada Reposo, en la ciudad de Huáncano, debido a que la purificación del agua con MO es una alternativa sostenible y asequible. De este modo, el estudio contribuye al bienestar comunitario y fortalece el acceso a fuentes hídricas seguras, promoviendo mejoras en la salud pública y el desarrollo sostenible.

Justificación práctica:

Se justifica en su capacidad para demostrar que la forma seleccionada para el tratamiento del agua es replicable de manera sencilla en un entorno de laboratorio. Asimismo, permite el control riguroso de los parámetros involucrados, optimizando su eficacia para clarificar el agua.

Importancia:

Este estudio tiene como propósito optimizar la calidad del agua en la Quebrada Reposo a través del empleo de MO como coagulante natural, brindando una opción sostenible, ecológica y de bajo costo. Su desarrollo no solo fortalece el conocimiento científico en el tratamiento del agua, sino que también se alinea con los objetivos de desarrollo sostenibles, favoreciendo el mejoramiento de recursos hídricos seguros para la comunidad.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Determinar el efecto del uso de Moringa oleífera como coagulante natural en la clarificación del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.

1.4.2 Objetivos específicos

O.E.1. Establecer el efecto del uso de Moringa oleífera como coagulante natural en la disminución de la turbidez (NTU) del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano – 2025.

O.E.2. Establecer el efecto del uso de Moringa oleífera como coagulante natural en la disminución de sólidos suspendidos totales del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.

O.E.3. Determinar el efecto del uso de Moringa oleífera como coagulante natural en la disminución de la conductividad eléctrica del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

El uso de la Moringa Oleífera como coagulante natural mejora significativamente el nivel de clarificación del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano – 2025.

1.5.2 Hipótesis específicas

H.E.1. El uso de Moringa oleífera como coagulante natural mejora significativamente la disminución de la turbidez (NTU) del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano – 2025.

H.E.2. El uso de Moringa oleífera como coagulante natural mejora significativamente la disminución de sólidos suspendidos totales del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.

H.E.3. El uso de Moringa oleífera como coagulante natural mejora significativamente en la disminución de la conductividad eléctrica del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.

1.6. Bases teóricas

1.6.1 Moringa Oleífera (M.O.)

Es una especie arbórea que proviene del norte de la India y se caracteriza por su notable capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales y tipos de suelo. Gracias a esta propiedad, su cultivo se ha extendido a distintas zonas del mundo [27]. Sin embargo, la Moringa oleífera es la variedad más difundida y analizada científicamente debido a su gran versatilidad y a la amplitud de sus aplicaciones. Diversos estudios han destacado su utilidad en la medicina tradicional, la alimentación, la elaboración de biopolímeros y los procesos de purificación del agua [28].

Tabla 1

Taxonomía de la M.O.

Moringa oleífera	
Reino	<i>Plantae</i>
Clase	<i>Eudicotyledoneae</i>
Subclase	<i>Magnoliidae</i>
Orden	<i>Brassicales</i>
Familia	<i>Moringaceae</i>
Género	<i>Moringa</i>
Especie	<i>Moringa oleífera</i> Lam

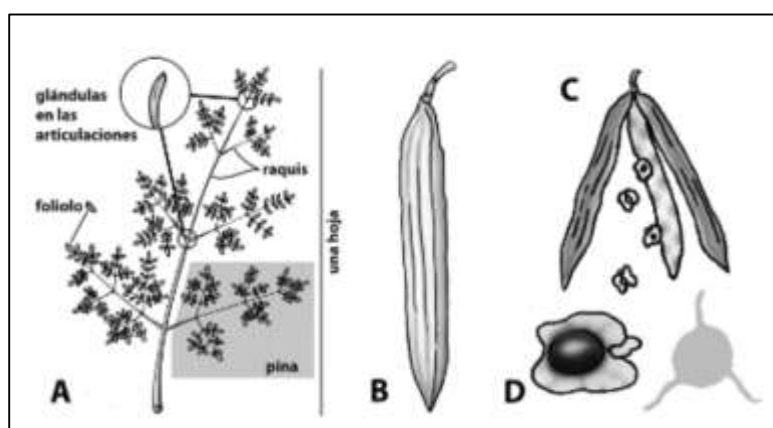
Fuente: Elaboración propia

La *Moringa oleífera* distingue por ser un árbol de hoja caduca, pudiendo alcanzar alturas aproximadas entre 10 y 12 metros. Su tronco suele presentar un grosor cercano a los 45 centímetros de diámetro. Las flores son pequeñas, con dimensiones que oscilan entre 1 y 1,5 centímetros de largo y cerca de 2 centímetros de ancho, mientras que los frutos, alargados y colgantes, miden de 20 a 45 centímetros. Estos frutos, de tonalidad marrón y forma trilobulada, albergan en su interior semillas redondeadas de aproximadamente 1 centímetro de diámetro, provistas de tres alas delgadas de color blanquecino [29].

En el contexto peruano, el cultivo de *Moringa oleífera* se concentra principalmente en la región de Ica, donde abarca alrededor de 500 hectáreas, y en Piura, con unas 100 hectáreas destinadas a su producción. En el 2014 se exportaron aproximadamente 3,112 kg de este producto, teniendo como principales destinos a Chile, Panamá y Cuba.

Figura 1

Identificación de la M.O.



- **Función de la M.O. como coagulante natural**

El embrión o semilla de la *Moringa oleífera* contiene proteínas de naturaleza catiónica que actúan como agentes efectivos en los procesos de purificación del agua. Estas proteínas poseen grupos iónicos con carga positiva, los cuales se adhieren a las partículas coloidales cargadas negativamente presentes en el líquido. Dicha interacción favorece la coagulación y posterior floculación, permitiendo que las impurezas se aglomeren y sedimenten, facilitando así la clarificación del agua [30].

El polvo obtenido de las semillas ha evidenciado una notable eficacia, ya que ayuda a disminuir los sólidos suspendidos, la demanda química de oxígeno y la turbidez del agua. Además, su uso produce una menor cantidad de lodos en comparación con los coagulantes de origen químico [31]. Asimismo, este coagulante ha demostrado capacidad para remover bacterias patógenas, entre ellas *Escherichia coli*. Las proteínas catiónicas presentes en la semilla generan una atracción electrostática hacia las bacterias y las partículas coloidales, lo que facilita su aglutinación y posterior sedimentación debido a la acción de la gravedad [32].

En síntesis, el uso del coagulante natural derivado de la *Moringa oleífera* ofrece múltiples beneficios, entre ellos su carácter ecológico, su inocuidad para la salud, su naturaleza biodegradable y su bajo costo de obtención. Además, genera una cantidad reducida de lodos y presenta una alta disponibilidad como recurso natural [33]. Cabe recordar que el proceso de floculación constituye una etapa posterior y complementaria a la coagulación dentro del tratamiento del agua, ya que favorece el crecimiento de los flóculos mediante la unión de las partículas coloidales, facilitando así su sedimentación [34].

- **Purificación del agua con la semilla de moringa**

Desde la perspectiva de la fitorremediación del agua, esta especie vegetal ha sido empleada como coagulante natural en plantas de tratamiento convencionales [35], convirtiéndose en una opción que funciona frente a los coagulantes químicos de siempre, debido a que presenta propiedades similares al sulfato de aluminio [36]. Esto sucede debido al floculante natural que actúa como un electrolito y tiene funciones tanto aniónicas como catiónicas, lo que le otorga una excelente capacidad coagulante [37]. Además, contiene aminoácidos con partes cargadas de manera diferente, unas positivas y otras negativas que facilitan el proceso de aglutinación de partículas [38]. Su aplicación no se limita a la purificación del agua, sino también con el fin de precipitar levaduras en la industria cervecera, reducir la turbidez y otorgar mayor claridad al producto final [39].

Las semillas de MO, perteneciente a la familia Moringaceae, provienen de las vainas de los árboles [40]. En la actualidad, el cultivo se ha expandido por el mundo gracias a su alta adaptabilidad y resistencia a condiciones ambientales adversas [41], lo que la convierte en una especie con uno de los crecimientos más rápidos a nivel global [42]. Las semillas de esta planta poseen múltiples aplicaciones, entre las que resaltan la sedimentación de partículas orgánicas y minerales presentes en aguas residuales [43], contribuyendo así a procesos de fitorremediación.

Debido a su capacidad coagulante, se emplea en plantas de tratamiento como alternativa natural al sulfato de aluminio [44], ya que contiene compuestos con propiedades químicas similares. Esto se debe a la presencia de proteínas con características de electrolitos que presentan cargas aniónicas y catiónicas, actuando como floculantes naturales de agua [45]. Además de su uso en el tratamiento de agua, estas propiedades han permitido su aplicación en industrias [46].

- **Dosis de semilla de moringa utilizada para la clarificación del agua**

Con el propósito de realizar el proceso de coagulación, las semillas de Moringa oleífera deben pasar por varias etapas previas de preparación. En primer lugar, se seleccionan, se deshidratan cuidadosamente y se trituran hasta conseguir un polvo fino que luego es tamizado para garantizar su uniformidad [47]. Posteriormente, dicho material se somete a un proceso de desgrasado antes de proceder a su molienda final, este procedimiento se realiza en un molino que permite obtener una harina con una tonalidad blanco-amarillenta. Esta se pesa en proporción masa-volumen para su posterior disolución en agua destilada [48]. En otros estudios, sin embargo, se señala que es posible emplear directamente las semillas crudas, las cuales se muelen y se mezclan con agua destilada o con una solución de cloruro de sodio (NaCl) para elaborar el extracto coagulante [49].

1.6.2 Clarificación del agua

El proceso tiene como finalidad remover las partículas suspendidas que generan turbidez y tonalidades no deseadas en el agua [50]. Para lograrlo, se recurre al uso de coagulantes que facilitan la suspensión, así como de los compuestos coloidales responsables de la pérdida de claridad [51]. En los procedimientos de potabilización, se analizan diversos parámetros operativos entre ellos, la turbidez, el color, el nivel de pH, la alcalinidad en conjunto con la eficacia del proceso de sedimentación [52], las velocidades de mezcla rápida y lenta que garantizan una coagulación y floculación efectivas [53].

- **Proceso de clarificación del agua**

Representa el avance del tratamiento convencional, puesto que su eficacia influye en la calidad del recurso final [54]. Este proceso engloba de forma conceptual tres fases fundamentales: coagulación, floculación y sedimentación, siendo las dos primeras consideradas esenciales para el tratamiento [55]. La efectividad del procedimiento puede verse influenciada por distintos factores asociados a la calidad del agua, los cuales determinan el grado de éxito alcanzado.

Para llevar a cabo la clarificación, se emplean diversos agentes coagulantes y floculantes [56], los cuales actúan sobre las sustancias químicas y biológicas presentes en suspensión o disueltas [57]. Este método, de naturaleza principalmente química, se aplica con el fin de potabilizar el agua y garantizar la eliminación de las impurezas [58]. La dosificación adecuada del coagulante resulta determinante, sin provocar alteraciones significativas en el pH del agua tratada [59].

- **Coagulación**

La finalidad es desestabilizar los coloides o las partículas suspendidas, dejando de lado aquellas que están disueltas. Esta acción permite que las partículas se mantengan en movimiento dentro del líquido, favoreciendo su agrupamiento. El fenómeno ocurre porque los coagulantes reducen las fuerzas de repulsión eléctrica que existen entre los coloides, las cuales normalmente evitan que se unan. Al neutralizar esas cargas superficiales, las partículas suspendidas comienzan a aglomerarse, facilitando su posterior sedimentación y clarificación del agua [60].

En cuanto a la turbidez, esta varía según el tipo de agua: el agua desionizada presenta un valor aproximado de 0,02 UNT; el agua potable, entre 0,02 y 0,5 UNT; el agua de manantial, de 0,05 a 10 UNT; las aguas residuales sin tratar pueden alcanzar entre 70 y 2 000 UNT; mientras que, en la industria papelera, el agua blanca oscila entre 60 y 800 UNT (Castillo Cohaila, M. A.).

- **Parámetros del agua de fluvial: La Turbidez**

La utilidad del agua depende directamente de su calidad. Por ejemplo, el agua que ha sido previamente tratada puede emplearse para el riego agrícola, actividades recreativas o incluso para procesos de potabilización cuando proviene de un río. En cada caso, su uso varía según las condiciones en las que esté, siguiendo la interrogante: ¿cómo evaluar si el agua posee una calidad adecuada? ¿Qué parámetros se consideran para definirla? ¿El agua en su estado

natural es realmente apta para el consumo humano? Estas cuestiones se irán abordando a lo largo del desarrollo del tema [61].

En la tabla 2 se presentan algunos de los parámetros utilizados para evaluar las condiciones del agua.

Tabla 2
Características Físicas, Químicas y Biológicas del Agua

Físico	Químico inorgánico	Químico orgánico	Biológico
Color	Amoníaco	DBO5	bacterias
Olor	Nitrito	DQO	helmintos
Sólidos	Nitrato	TOC	protozoos
Temperatura	nitrógeno orgánico	Compuestos orgánicos específicos	virus
Absorbancia y transmitancia	Nitrógeno Kjeldahl total		
Turbiedad	fósforo total fósforo inorgánico Alcalinidad pH Oxígeno disuelto		

Fuente: Elaboración propia

Lo representado en la Tabla 2 constituyen los principales indicadores para determinar el estado del agua. Si bien cada uno de ellos puede describirse con detalle, en este estudio se pone especial énfasis en la turbidez, ya que este factor refleja la cantidad de partículas suspendidas y sustancias disueltas que el agua puede transportar, especialmente en cuerpos fluviales. Por tal motivo, la investigación orienta su análisis hacia la reducción de la turbidez mediante el uso de un coagulante de origen natural, con el propósito de eliminar la mayor cantidad posible de material en suspensión.

- **Turbidez**

La turbidez puede entenderse desde distintas perspectivas. De acuerdo con MINSA, la turbidez es un parámetro que refleja las partículas presentes en el agua [61], este parámetro representa el grado que las partículas suspendidas o coloidales en el agua impiden el paso de la luz, ya sea dispersándola o absorbiéndola. En una definición similar, Bratby [62] señala que la turbidez expresa la magnitud de cómo la luz se dispersa por las partículas presentes en un medio líquido, como el agua.

En síntesis, este fenómeno se explica a partir de dos componentes esenciales: la dispersión lumínica y la presencia de sólidos coloidales o suspendidos. En consecuencia, la turbidez del agua está directamente condicionada por la cantidad y naturaleza de los sólidos que contiene, aspecto que resulta clave para evaluar su calidad y definir el tipo de tratamiento necesario para su purificación.

- **Fundamentos de la medición de la turbidez:**

Cuando un rayo de luz incide sobre un líquido que contiene partículas en suspensión, su intensidad disminuye como consecuencia de dos fenómenos ópticos principales: la absorción y la dispersión. Según Bratby [62], la absorción implica la pérdida parcial de la energía luminosa, la cual se transforma en calor; además, la retención selectiva de ciertas longitudes de onda genera un color particular en el agua.

Por otro lado, se redistribuye la radiación en múltiples direcciones, manteniendo la misma frecuencia que la luz original. La magnitud de la dispersión varía de acuerdo con el índice de refracción de las partículas y la diferencia entre dicho índice de refracción del agua o del medio donde se encuentran suspendidas.

Este índice suele tener un valor cercano a 1.33, aunque este puede variar ligeramente según la temperatura y la presencia de partículas. De acuerdo con Bratby [62], las variaciones de temperatura dentro de los parámetros habituales en la purificación del agua producen alteraciones mínimas, mientras que los solutos disueltos tienden a incrementar dicho índice.

En otras palabras, el grado de turbidez está estrechamente vinculado con la cantidad y el tipo de sólidos presentes ya sean suspendidos, disueltos o volátiles, de modo que las aguas con mayor carga de partículas reflejan niveles más altos de turbidez.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

2.1.1 Tipo de investigación

Fue de tipo aplicada, dado que, su finalidad primordial consiste en la transferencia del conocimiento científico a la esfera práctica, con el propósito de solventar problemáticas específicas y optimizar escenarios preexistentes [63]. El objetivo central se focaliza en la producción de resultados que puedan ser instrumentados en el diseño de soluciones efectivas, dando respuesta a necesidades concretas en diversos contextos. [64].

2.1.2 Nivel de investigación

Se trabajó bajo un nivel explicativo, el cual integra elementos tanto descriptivos como analíticos, con la finalidad de caracterizar las variables involucradas, examinar las interrelaciones que subyacen entre ellas y, a partir de este análisis, identificar los mecanismos causales que dan soporte a los patrones empíricos observados. [65].

2.1.3 Diseño de investigación

El diseño experimental fue empleado dado que se llevó a cabo una manipulación deliberada de las variables, Moringa oleífera como coagulante, con el objetivo de evaluar cómo incide en la variable dependiente, la clarificación del agua, el cual se medirán sus parámetros fisicoquímicos.

Esquema del Proceso de Investigación

El proceso experimental se llevará a cabo en cinco fases:

Fase 1: Toma de Muestras de Agua.

- Se recolectó muestras de la Quebrada Reposo en diferentes puntos geográficos.
- Se almacenó en condiciones controladas para evitar alteraciones en sus características fisicoquímicas.

Fase 2: Preparación del Coagulante Natural

- Se sometió a un proceso de transformación la MO para la obtención de un coagulante en polvo, garantizando su pureza y efectividad en la purificación del agua.
- Las soluciones fueron ejecutadas con diferentes concentraciones.

Fase 3: Aplicación de Tratamientos

- Se estableció un grupo control sin tratamiento.
- Las muestras recolectadas después de sus análisis se unificaron y se homogenizaron, para luego distribuirlas en seis Bakers

- Se aplicaron seis tratamientos experimentales, cada uno con una concentración distinta de Moringa oleífera para evaluar su eficacia como coagulante usado para aclarar el agua.

Distribución de las muestras:

T0: Grupo Control (GC): Agua sin tratar.

T1: Agua tratada con X mg/L de Moringa oleífera.

T2: Agua tratada con Y mg/L de Moringa oleífera.

T3: Agua tratada con Z mg/L de Moringa oleífera.

T4: Agua tratada con W mg/L de Moringa oleífera.

T5: Agua tratada con R mg/L de Moringa oleífera.

T6: Agua tratada con S mg/L de Moringa oleífera.

- Se llevó a cabo el proceso de agitación y sedimentación para evaluar el efecto coagulante.

Fase 4: Medición de Variables

- Se analizaron parámetros como PH, turbidez y conductividad
- Se emplearon instrumentos de laboratorio como turbidímetro y pH-metro.

Fase 5: Análisis de Datos y Comparación de Resultados

- Se aplicó estadística descriptiva para organizar los datos adquiridos.
- Se realizó pruebas de significancia (T de STUDENT) para evaluar la efectividad del tratamiento.

Este diseño experimental permite establecer una relación causal entre la aplicación de Moringa oleífera y la clarificación del agua, lo que garantiza una alta validez interna. La asignación aleatoria de los tratamientos minimiza la influencia de variables externas no controladas, lo que fortalece la confiabilidad y replicabilidad de los resultados obtenidos

2.2. Población y muestra de investigación

2.2.1 Población

La población comprendió el recurso hídrico proveniente de la Quebrada Reposo, ubicada en la ciudad de Huáncano, el cual será objeto de un proceso de clarificación mediante la dosificación de Moringa oleífera como coagulante natural.

2.2.2 Muestra

El estudio empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando un punto estratégico de la Quebrada Reposo para tomar la muestra de agua, con el objetivo de garantizar su pertinencia para el análisis, seleccionado en función de su accesibilidad y representatividad en el contexto del estudio. Según Resolución

Directoral N° 160-2015-DIGESA-SA. Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transportes, almacenamiento y recepción de las muestras de agua para consumo humano; menciona que para la toma de muestras el interesado tomará las cantidades de muestra necesarias y suficientes para realizar un monitoreo.

Tamaño de la muestra: Para llevar a cabo el estudio, se realizó un monitoreo durante 12 horas continuas, desde las 8:00 a.m. hasta las 7:00 p.m., un periodo adecuado para obtener datos representativos. Cada hora se recolectó un litro de agua en el centro del cauce del río Pisco, que atraviesa el poblado y no cuenta con una planta de tratamiento de agua potable. En total, se obtuvieron 12 muestras de agua para su análisis. Dichas muestras se mandaron a analizar para su caracterización.

2.2.3 Muestreo

Se empleó un muestreo por conveniencia, dado que la selección de los puntos de recolección del agua se determinará en función de criterios como la accesibilidad, la variabilidad en los niveles de turbidez y la representatividad de la fuente hídrica, asegurando así que las muestras obtenidas reflejen de manera adecuada las condiciones del ecosistema acuático en estudio. [66].

2.3. Técnica e instrumento de recolección de datos

2.3.1 Técnica

- Observación: Se realizó una evaluación exhaustiva de las variaciones en la turbidez, el color y otros parámetros fisicoquímicos del agua tras su tratamiento con Moringa oleífera. Para el registro sistemático de estas modificaciones, se implementó una ficha de observación, la cual facilitó un seguimiento meticuloso y estructurado de los resultados obtenidos.
- Análisis fisicoquímico: Se realizaron pruebas de laboratorio para cuantificar el pH, turbidez y la conductividad del agua antes y después de la aplicación de Moringa oleífera. Esto permitirá una comparación rigurosa de los efectos del tratamiento.
- Investigación bibliográfica: Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva que abarcó tanto estudios experimentales como teóricos relacionados a la MO en tratamiento de aguas.

2.3.2. Instrumento

- Ficha de observación: fue utilizada para registrar las alteraciones visuales en la calidad del agua tras el tratamiento con Moringa oleífera.

- Turbidímetro: Dispositivo empleado para medir la turbidez del agua tanto antes como después de la aplicación del tratamiento, proporcionando una cuantificación precisa de la claridad del agua.
- pH-metro: Se midió el PH del agua.

2.4. Técnica de procesamiento de datos, análisis e interpretación de resultados

Los resultados de las pruebas de los análisis realizados en el laboratorio fueron debidamente documentados. Estos registros proporcionaron información detallada sobre la composición físico-química del agua, y fueron generadas mediante el programa Excel y el Software Minitab V.19, trabajando con T – Student pareada y ANOVA. Lo que es esencial para analizar y entender los datos que se han recopilado.

III. RESULTADOS

3.1. Presentación de resultados

3.1.1 Resultados de la caracterización del agua

Se realizó a cabo el perfil químico del agua a través de diversos análisis de laboratorio, tras un monitoreo de 12 horas realizado antes de aplicar cualquier tipo de desinfectante químico. Esta evaluación se efectuó debido a que la zona en estudio no cuenta con un agua de calidad.

El procedimiento permitió determinar con mayor exactitud la cualidad del recurso vital presente en la Quebrada Reposo en la ciudad de Huáncano. Los resultados de los análisis se presentan de manera detallada a continuación.

Tabla 3

Ensayos de la cualidad del agua.

Ensayos	Unidad de medida	Límite máximo permisible D.S. 031-2010-SA	Valor promedio
Turbiedad	NTU	5	24.17
pH	Unidad de pH	6.5 a 8.5	7.77
Conductividad (25°C)	µs/cm	1500	819
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	433
Temperatura	°C	---	11.18

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se muestran las medias resultantes de los ensayos realizados efectuados sobre las muestras recolectadas luego de un monitoreo de 12 horas. Los resultados revelaron que la turbidez promedio del agua alcanzó un valor de 24.17 NTU, el cual sobrepasa el valor máximo de las normas vigentes. Para este estudio se aplicaron técnicas de laboratorio especializadas, las cuales permitieron obtener mediciones cuantitativas precisas y confiables.

Tabla 4

Parámetros físico-químicos del agua.

Fecha de muestreo	09/02 /2025	09/02 /2025	09/02 /2025	09/02 /2025	09/02 /2025	09/02 /2025	09/02 /2025	09/02 /2025	09/02 /2025	09/02 /2025	09/02 /2025	09/02 /2025
Hora de muestreo	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
Código de laboratorio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ensayos												
Turbiedad	25	25	23	24	26	27	25	23	24	21	23	24
pH	7.78	7.80	7.76	7.78	7.76	7.78	7.75	7.73	7.76	7.75	7.77	7.76
Conductividad (25°C)	823	814	817	820	816	820	823	815	823	822	820	818
Sólidos Totales	433	430	433	435	432	433	436	430	433	437	435	433
Disueltos												
Temperatura	11.80	11.82	11.82	11.84	11.82	11.80	10.81	10.75	10.62	10.50	10.32	10.20

Fuente: Elaboración propia

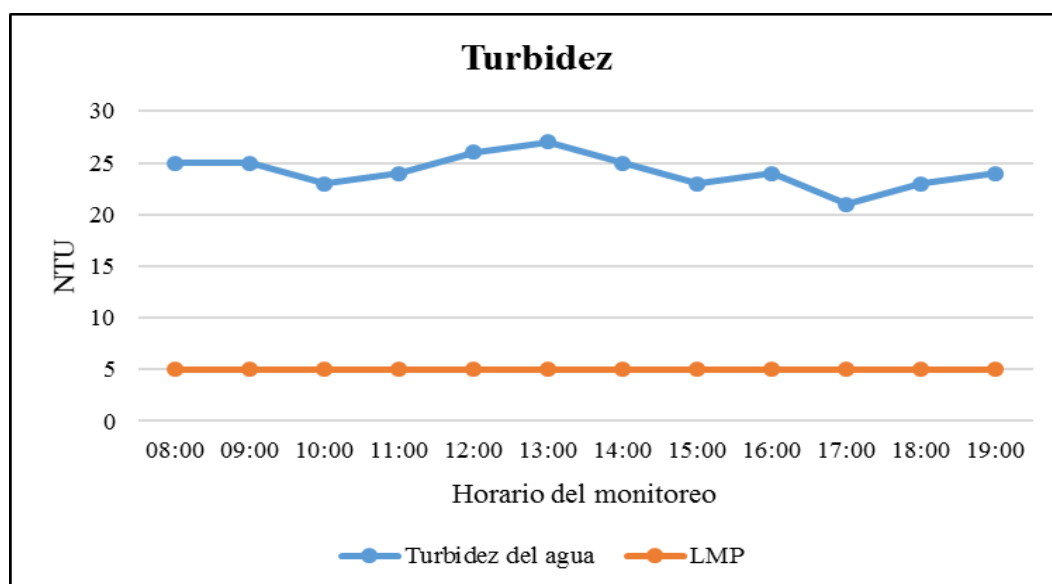


Figura 2. Nivel de turbidez en el agua.

Interpretación: Podemos observar la turbidez de los compositos recolectados durante la recolección. Se evidencia que el valor límite fijado por la autoridad es 5 NTU; no obstante,

los niveles registrados exceden dicho valor, sobrepasando lo establecido en la normativa legal vigente.

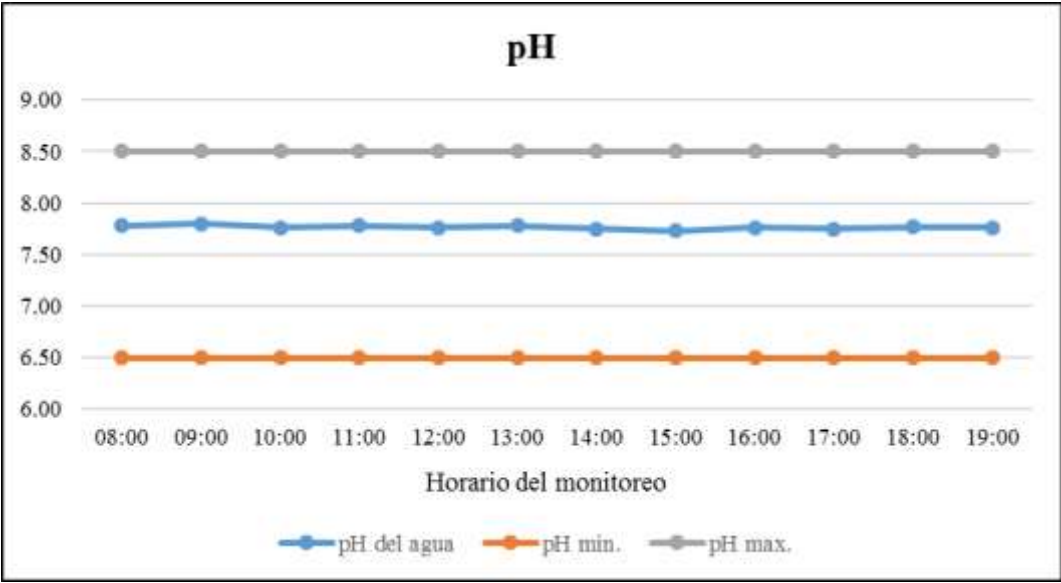


Figura 3. Nivel de pH en el agua.

Interpretación: Notamos la fluctuación del pH realizado a los compositos durante el trabajo. Observamos, el límite máximo permisible (LMP) que varía entre 6.50 como valor mínimo y 8.50 como valor máximo. Asimismo, se puede apreciar que los datos encontrados son normales según legislación vigente.

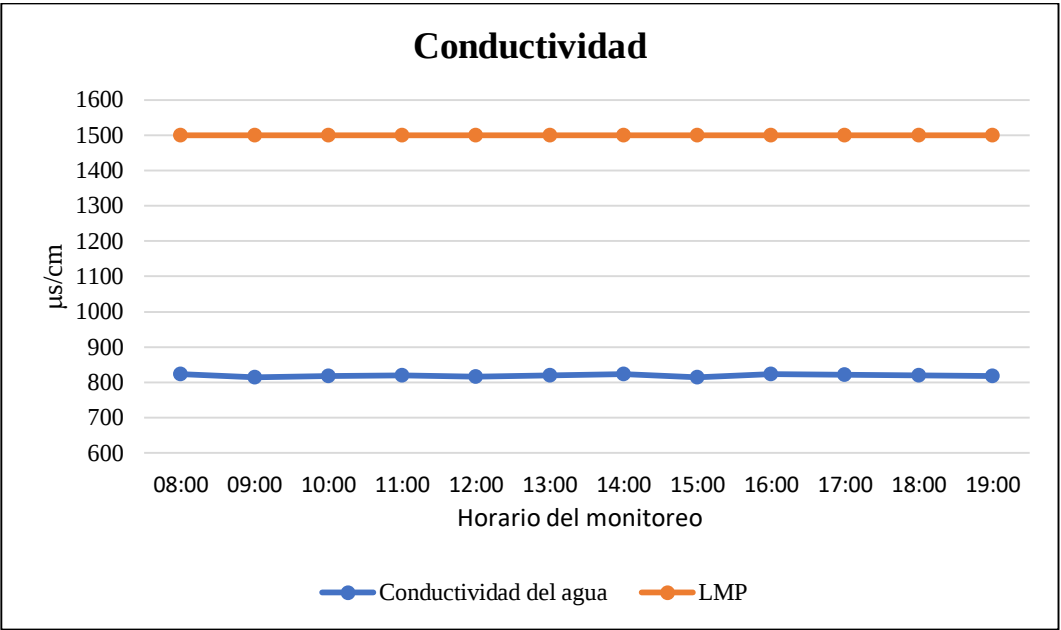


Figura 4. Nivel de Conductividad en el agua.

Interpretación: Se puede apreciar las cantidades numéricas del analito conductividad eléctrica efectuados a las porciones de agua recolectadas durante la supervisión. Apreciamos que el número límite fijado por el MINSA es 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y que las cantidades resultantes son normales establecidos por la normativa legal vigente, evidenciando que el agua cumple con este parámetro de calidad.

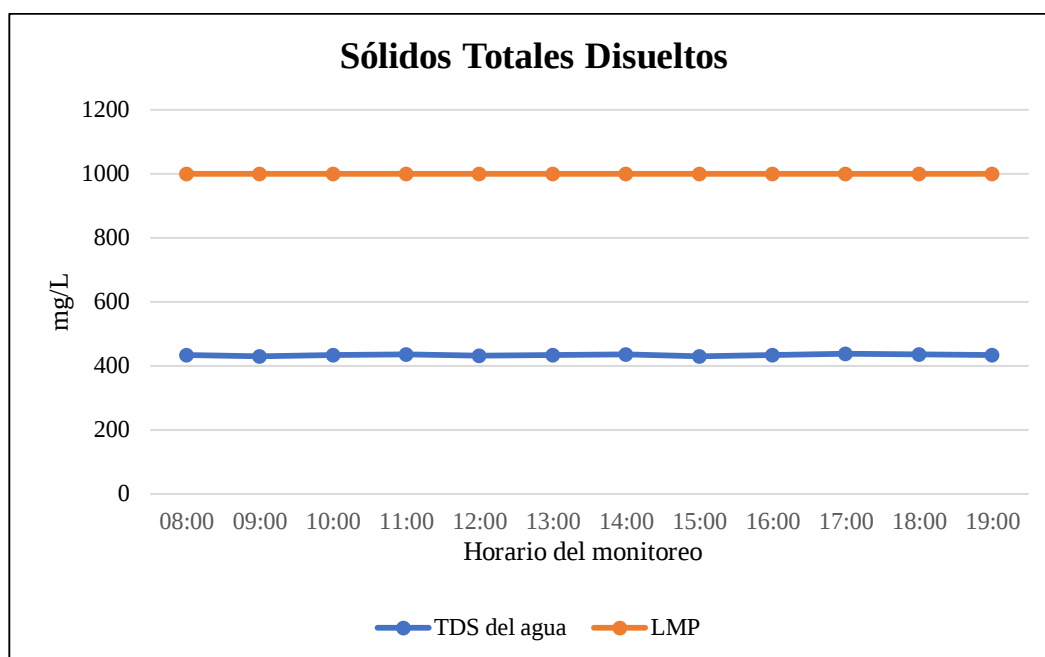


Figura 5. Cantidad de Sólidos Totales Disueltos en el agua.

Interpretación: Se muestran los resultados del análisis de sólidos totales disueltos (STD) obtenidos a partir de las muestras de agua monitoreadas. Se evidencia que el valor tope establecido por el regulador vigente es de 1000 mg/L, y que los valores hallados se mantienen dentro de los márgenes aceptables según lo dispuesto por la normativa legal vigente, lo que demuestra que el producto hídrico satisface este parámetro.

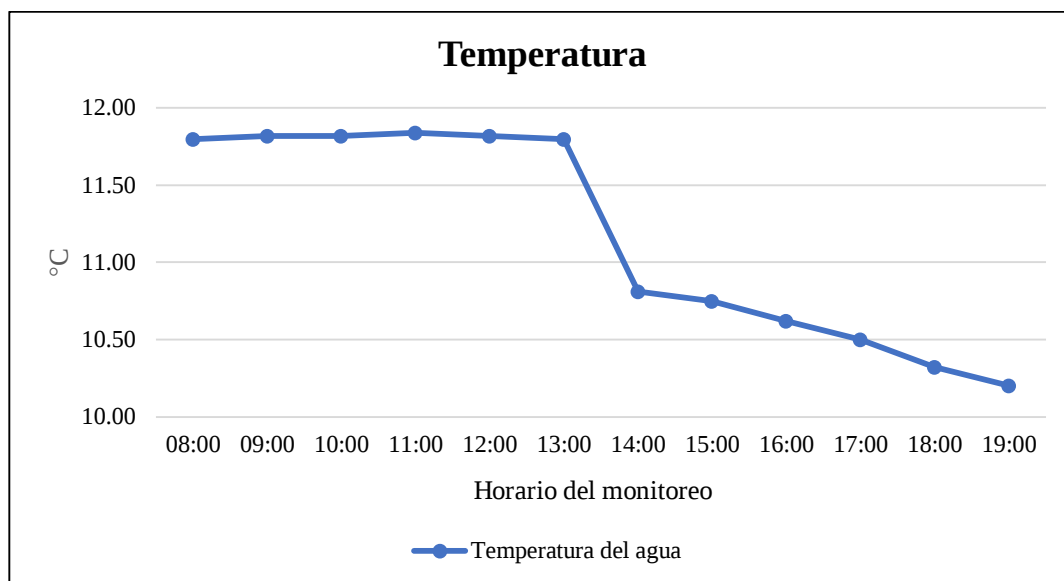


Figura 6. Variación de la Temperatura del agua.

Interpretación: Vemos el comportamiento del agua durante todo el periodo de trabajo de recolección. Cabe señalar que el Ministerio de Salud no cuenta con valor definido para este analito; sin embargo, las cantidades obtenidas se mantienen dentro del rango registrado en la data histórica del río Pisco, lo que sugiere condiciones térmicas estables y coherentes con el comportamiento natural del cuerpo de agua.

3.1.2 Tratamiento del agua

Durante el proceso experimental usamos un equipo de agitación con el propósito inducir los procesos de coagulación y floculación, fundamentales para clarificar el agua, pero adaptado a escala de laboratorio. Las fases reproducidas incluyeron la mezcla rápida, coagulación-floculación, sedimentación y decantación. Este procedimiento evalúa la eficacia de la Moringa oleífera como coagulante natural en la purificación del agua, permitiendo así determinar su capacidad de remoción, así como la dosificación y operatividad. Finalmente, opte por realizar una prueba experimental, cuyos detalles se muestran a continuación.

Tabla 5

Pruebas realizadas en el estudio.

Nombre de la prueba		Metodología
Prueba N° 1	Determinación de la dosis óptima de moringa oleífera	Adición de moringa oleífera al 2% p/v para determinar la concentración óptima de reactivo para la coagulación-floculación en el agua.

Fuente: Elaboración propia

Se aplicaron seis tratamientos con diferentes concentraciones (mg/L) en cada prueba, utilizando una velocidad de 300 rpm durante 10 segundos para coagular, 60 rpm por 15 minutos para flocular y un tiempo adicional de 15 minutos para la sedimentación. Finalmente, las muestras fueron sometidas a la etapa de filtración.

3.1.3 Resultados de las pruebas experimentales

En la prueba N.º 1 se aplicó moringa oleífera al 2% a las muestras de agua, considerando seis tratamientos con diferentes concentraciones en mg/L: T1: 4 mg/L, T2: 8 mg/L, T3: 12 mg/L, T4: 16 mg/L, T5: 18 mg/L y T6: 20 mg/L. Los resultados indicaron que la dosis óptima correspondió al tratamiento T2, con una concentración de 8 mg/L.

Tabla 6

Resultados de la prueba N.º1.

Código de la dosis	Tratamiento	Coagulación: 300 rpm/10 seg.			
		Floculación: 60 rpm/15 min.			
		Sedimentación: 0 rpm/15 min.			
	Moringa Oleífera al 2%	Resultados			
		Dosis (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)
T1	4.0	7.80	7.06	11.80	
T2	8.0	8.16	4.93	11.82	
T3	12.0	8.32	13.92	11.81	
T4	16.0	8.47	13.92	11.80	
T5	18.0	8.62	13.87	10.69	
T6	20.0	8.83	7.18	10.26	

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvieron resultados a partir de los tratamientos realizados con distintas concentraciones al 2% de Moringa oleífera en las muestras de agua analizadas. Para encontrar la concentración adecuada, tomamos como referencia el analito pH, el cual debe de mantenerse dentro de los parámetros aceptados entre 6.5 a 8.5 y que la turbidez no excediera los 5 NTU, conforme a los límites establecidos por el decreto supremo actual para garantizar la inocuidad del agua.

La reducción de la turbidez se atribuye al proceso de coagulación-floculación y al aumento del pH provocado por la Moringa Oleífera, la cual proporciona el medio adecuado para la aglutinación de los sedimentos, alcanzando valores dentro de los límites establecidos. En conclusión, se determinó que la dosis óptima de Moringa Oleífera al 2% fue la T2 con una dosis de 8 mg/L.

Tabla 7.

Resultados de la prueba N°1. Complementario

Código de la dosis	Tratamiento	Coagulación: 300 rpm/10 seg.		
		Floculación: 60 rpm/15 min.		
		Sedimentación: 0 rpm/15 min.		
		Resultados		
	Moringa Oleífera al 2%	Turbidez (NTU)	Conductividad	Sólidos Totales
			Eléctrica (µs/cm)	Disueltos (ppm)
T1	4.0	7.06	419	209
T2	8.0	4.93	403	201
T3	12.0	13.92	508	254
T4	16.0	13.92	495	247
T5	18.0	13.87	534	267
T6	20.0	7.18	415	207

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla muestra los resultados obtenidos de los análisis de Conductividad Eléctrica el cual debe de mantenerse dentro del parámetro aceptable que es de 1500 µs/cm y que los Sólidos Totales Disueltos no debe excederse de los 1000 ppm, conforme a los límites establecidos por el decreto supremo actual para garantizar la inocuidad del agua.

La disminución de la conductividad eléctrica y de los Sólidos Totales Disueltos es debido al proceso de coagulación-floculación provocado por la Moringa Oleífera, la cual proporciona el medio adecuado para la aglutinación de los sedimentos, alcanzando valores dentro de los límites establecidos afirmando así que la dosis óptima de Moringa Oleífera al 2% fue la T2 con una dosis de 8 mg/L.

3.1.4 Reducción porcentual y eficiencia del tratamiento

Una vez concluido la prueba experimental y definida la concentración óptima de tratamiento, se procedió a evaluar las nuevas cualidades del agua analizada. Los resultados obtenidos tras este proceso se muestran a continuación, donde se evidencia el impacto del tratamiento aplicado sobre las características del recurso hídrico.

Tabla 8

Parámetros de calidad del agua antes y después del tratamiento.

Ensayos	Unidad de medida	Límite máximo permisible D.S. 031-2010-SA	Antes del tratamiento	Después del tratamiento
Turbiedad	NTU	5	24.17	4.93
pH	Unidad de pH	6.5 a 8.5	7.77	8.16
Conductividad (25°C)	µs/cm	1500	819	403
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	433	201
Temperatura	°C	---	11.18	11.82

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que los valores de los parámetros del agua registran una notable reducción tras la aplicación del tratamiento, evidenciando así su eficiencia para la mejora del recurso hídrico. Asimismo, los resultados están dentro de los límites permitidos por el ente regulador, asegurando que se cumpla la norma en vigor.

En cuanto a la turbidez, su concentración inicial fue de 24.17 NTU y se redujo a 4.93 NTU tras el tratamiento realizado en laboratorio.

Se evaluó la eficacia del tratamiento propuesto para el producto en estudio y usarlo como alternativa natural para mejorar el agua en la localidad.

Tabla 9

Eficiencia del sistema de tratamiento propuesto.

Tratamiento	Eficiencia del sistema propuesto
T1	71%
T2	80%
T3	42%
T4	42%
T5	43%
T6	70%

Fuente: Elaboración propia

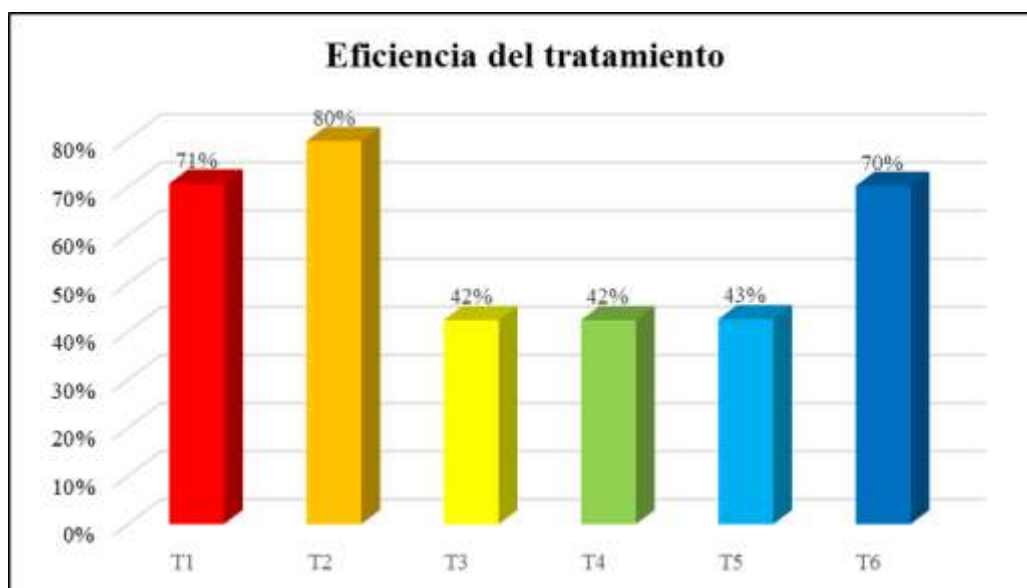


Figura 7. Porcentaje de eficiencia del sistema de tratamiento propuesto.

Interpretación: Se presentan los resultados obtenidos al aplicar seis diferentes concentraciones de Moringa Oleífera como agente coagulante. Los ensayos permitieron evaluar la eficacia del tratamiento propuesto en clarificar el recurso vital destinada para la Quebrada Reposo.

Para el tratamiento propuesto el primero alcanzó una eficiencia del 71%, el segundo un 80%, el tercero un 42%, el cuarto un 42%, el quinto un 43% y el sexto un 70%. A partir de estos valores, se deduce que el tratamiento T2 presenta la mayor eficiencia para la clarificación del producto a estudiar; sin embargo, considerando la legislación actual, se determinó que el tratamiento T2 es el más adecuado.

Este tratamiento se desarrolló bajo las siguientes condiciones operativas: 300 rpm durante 10 segundos para coagular, 60 rpm durante 15 minutos para flocular y 0 rpm durante 15 minutos en la etapa de sedimentación.

Los valores encontrados en este análisis aportan datos valiosos para la operatividad y planificación de un sistema de acondicionamiento del agua, ya que permiten establecer parámetros técnicos y operativos basados en evidencia experimental que garantizan la eficiencia del proceso de purificación.

3.1.5 Criterios de diseño para una planta de tratamiento

Tabla 10

Criterios de diseño para una planta de tratamiento.

Criterios de diseño	Coagulación	Floculación	Sedimentación	Filtración
pH inicial	7.77	---	---	---
pH final	---	---	---	8.16
Turbidez Inicial (NTU)	24.17	---	---	---
Turbidez Inicial (NTU)	---	---	---	4.93
Consumo de moringa oleífera (g/m ³)	8.0	---	---	---
Tiempo de retención	10 seg.	15 min.	15 min.	---
Tipo de filtro a usar	---	---	---	Filtro de arena y carbón activado

Fuente: Elaboración propia

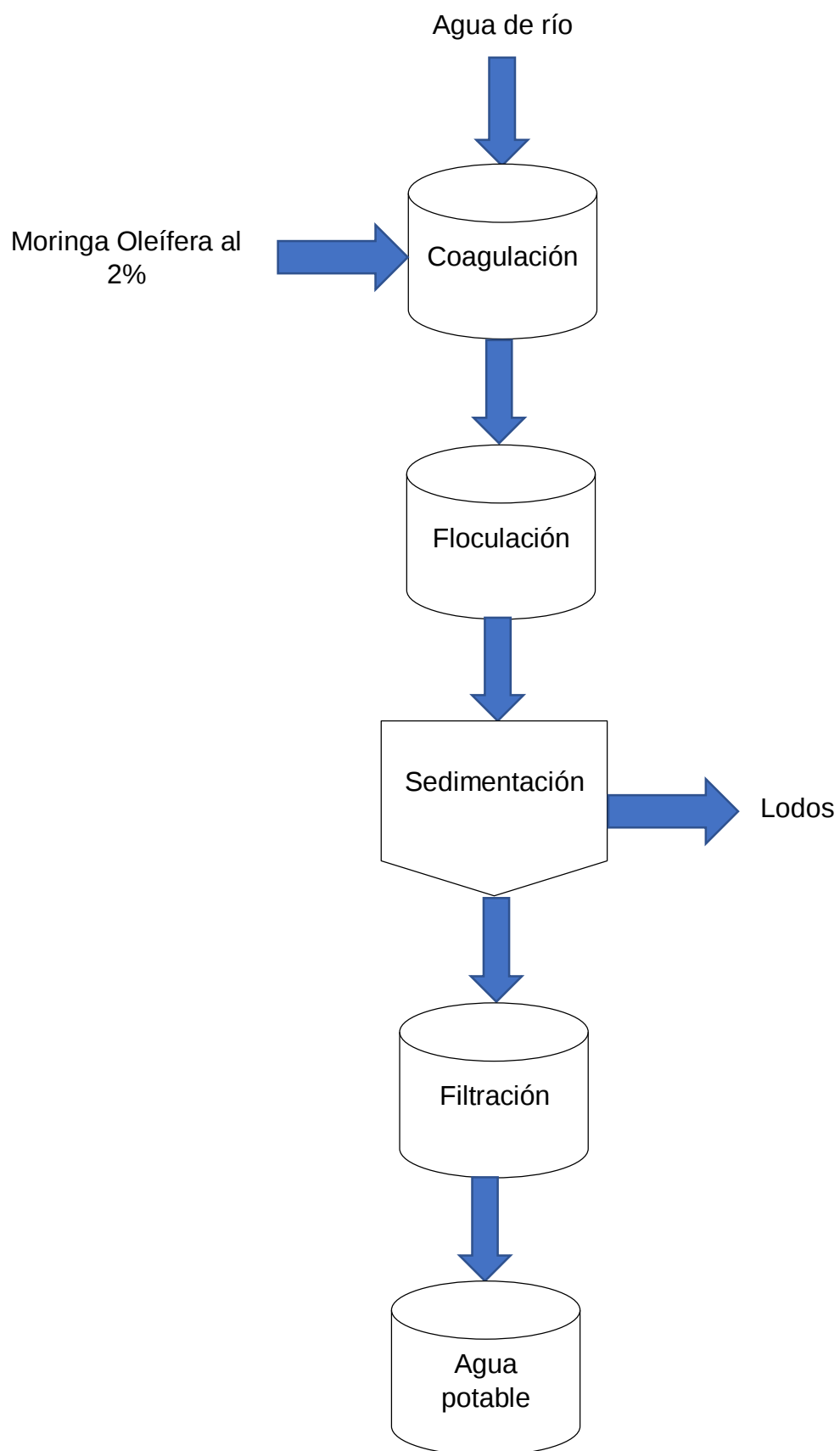


Figura 8. Flujo de un sistema de tratamiento de agua.

1.7 Contrastación de hipótesis

En esta investigación, las hipótesis se comprobaron utilizando las pruebas estadísticas T de Student pareado y análisis de la varianza ANOVA. Se trabaja con un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confianza del 95%, lo que permite asegurar que los resultados obtenidos sean válidos y precisos.

3.2.1 Contrastación de la hipótesis específico N°1.

H₀: El uso de Moringa oleífera como coagulante natural no mejora significativamente la disminución de la turbidez (NTU) del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano – 2025.

H₁: El uso de Moringa oleífera como coagulante natural mejora significativamente la disminución de la turbidez (NTU) del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano – 2025.

Se aplicó la prueba estadística Anova para evaluar cada uno de los tratamientos aplicados al agua, con el propósito de determinar si corresponde aceptar o rechazar la hipótesis nula (H₀), garantizando así un análisis riguroso y fundamentado de los resultados.

Tabla 11

Análisis de la varianza ANOVA disminución de la turbidez en función del tratamiento.

Factor	Niveles	Valores			
Tratamiento	6	T1, T2, T3, T4, T5, T6			
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	5	263.657	52.7315	3847.45	0.000
Error	12	0.164	0.0137		
Total	17	263.822			

H₀: Todas los tratamientos son iguales

H₁: No todas los tratamientos son iguales

$\alpha = 0.05$

Fuente: Minitab V.19

Se evidencia que el valor p es más pequeño que 0.05, permitiendo quitar la hipótesis nula (H₀) y aceptar la hipótesis alternativa (H₁). Comprobando de esta manera que el uso de Moringa oleífera como coagulante natural mejora significativamente la disminución de la turbidez (NTU) del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano – 2025.

3.2.2 Contrastación de la hipótesis específica N°2.

H₀: El uso de Moringa oleífera como coagulante natural no mejora significativamente la disminución de los sólidos suspendidos totales del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.

H₁: El uso de Moringa oleífera como coagulante natural mejora significativamente la disminución de los sólidos suspendidos totales del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.

Se aplicó la prueba estadística Anova para evaluar cada uno de los tratamientos aplicados al agua, con el propósito de determinar si corresponde aceptar o rechazar la hipótesis nula (H₀), garantizando así un análisis riguroso y fundamentado de los resultados.

Tabla 12

Análisis de la varianza ANOVA disminución de los sólidos suspendidos totales en función del tratamiento.

Factor	Niveles	Valores			
Tratamiento	6	T1, T2, T3, T4, T5, T6			
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	5	12004.3	2400.86	45.54	0.000
Error	12	632.7	52.72		
Total	17	12636.9			

H₀: Todas los tratamientos son iguales

H₁: No todas los tratamientos son iguales

$\alpha = 0.05$

Fuente: Minitab V.19

Se observa que el valor de p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H₀), con un nivel de confianza del 95%. Con ello se concluye que el uso de Moringa oleífera como coagulante natural mejora significativamente la disminución de los sólidos suspendidos totales del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.

3.2.3 Contrastación de la hipótesis específica N°3.

H_0 : El uso de Moringa oleífera como coagulante natural no mejora significativamente en la disminución de la conductividad eléctrica del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.

H_1 : El uso de Moringa oleífera como coagulante natural mejora significativamente en la disminución de la conductividad eléctrica del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.

Se aplicó la prueba estadística Anova para evaluar cada uno de los tratamientos aplicados al agua, con el propósito de determinar si corresponde aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0), garantizando así un análisis riguroso y fundamentado de los resultados.

Tabla 13.

Análisis de la varianza ANOVA disminución de la conductividad eléctrica en función del tratamiento

Factor	Niveles	Valores			
Tratamiento	6	T1, T2, T3, T4, T5, T6			
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	5	48017	9603.4	45.54	0.000
Error	12	2531	210.9		
Total	17	50548			

H_0 : Todas los tratamientos son iguales

H_1 : No todas los tratamientos son iguales

$\alpha = 0.05$

Fuente: Minitab V.19

Se evidencia que el valor p es más pequeño que 0.05, permitiendo quitar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_1). Comprobando de esta manera que el uso de Moringa oleífera como coagulante natural mejora significativamente en la disminución de la conductividad eléctrica del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.

Se aplicó el método comparativo de Tukey con el propósito de determinar cuál de los tratamientos aplicados fue el mejor. Luego de verificar la presencia de diferencias significativas entre los resultados, se detecta quien de las concentraciones evaluadas muestra mayor eficiencia, confirmándose que el tratamiento T2 fue el más adecuado, tal como se aprecia en la Tabla N° 13, empleando para ello el análisis comparativo de Tukey.

Tabla 14

Prueba Post hoc - combinación ente los tratamientos.

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3	3	13.9233	A
T4	3	13.9167	A
T5	3	13.8733	A
T6	3	7.1800	B
T1	3	7.0633	B
T2	3	4.9300	C

Fuente: Minitab V.19

3.2.4 Contrastación de la hipótesis general

H_0 : El uso de la Moringa Oleífera como coagulante natural no mejora significativamente el nivel de clarificación del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano – 2025.

H_1 : El uso de la Moringa Oleífera como coagulante natural mejora significativamente el nivel de clarificación del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano – 2025.

Se usará la prueba estadística T – Student pareada para determinar si hubo un cambio físico del agua y se determinara si se acepta o rechaza la H_0 .

Tabla 15

Prueba T pareado para antes y después del tratamiento.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Turbidez antes	12	24.167	1.586	0.458
Turbidez después	12	4.887	0.012	0.003

Estimación de la diferencia pareada

		Error estándar	
		de la	Límite inferior 95%
Media	Desv.Est.	media	para la diferencia μ
19.280	1.585	0.458	18.458

H_0 : Turbidez antes $\leq$ Turbidez después

H_1 : Turbidez antes $>$ Turbidez después

Valor T	GL	Valor p
42.14	12	0.000

Fuente: Minitab V.19

A partir de los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1). Demostrando que la Moringa oleífera (MO) como coagulante natural tiene un efecto significativo en la mejora de la calidad del recurso hídrico.

IV. DISCUSIÓN

Se presentaron los análisis de la cualidad del agua que consume el poblado Quebrada Reposo, ciudad de Huáncano, luego de un monitoreo continuo de 12 horas. Se identificó que el nivel de turbidez supera el valor permitido por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA del MINSA.

Ante esta situación, planteamos como alternativa la clarificación del agua usando Moringa oleífera, aprovechando sus propiedades como agente natural. En las pruebas de laboratorio se aplicaron diferentes concentraciones de esta sustancia, organizadas en seis tratamientos experimentales, cada uno con tres repeticiones, alcanzando un total de dieciocho muestras, cuyos resultados se consignan en el Anexo 4.

Se detallaron los valores obtenidos en los seis tratamientos de la prueba N° 1, teniendo como valores de operatividad de velocidad y tiempo de agitación de 300 rpm durante 10 segundos para coagular, 60 rpm durante 15 minutos para flocular, y reposo (0 rpm) durante 15 minutos en la etapa de sedimentación. Posteriormente, todas las muestras fueron sometidas a un proceso de filtración. Los resultados evidenciaron una reducción considerable en la turbidez del agua, confirmando un excelente uso de Moringa oleífera como agente natural. A su vez, se presentó la eficiencia alcanzada por cada tratamiento aplicado.

En base a los datos encontrados, se afirma que las pruebas de laboratorio son verídicas y fidedignas, y que pueden ser empleadas como referencia en estudios posteriores que analicen variables semejantes. Este trabajo constituye un aporte preliminar relevante para futuras investigaciones orientadas al uso de agentes naturales para mejorar el agua.

Finalmente, respecto a la hipótesis general: “El uso de la Moringa Oleífera como coagulante natural mejora significativamente el nivel de clarificación del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huáncano – 2025.”, los resultados obtenidos respaldan su aceptación, demostrando que este tratamiento es capaz de lograr una eliminación significativa de la turbiedad del agua y contribuye una mejora en la calidad del recurso vital para su consumo.

V. CONCLUSIONES

1. Con una confianza del 95%, determinamos que usando la Moringa Oleífera como coagulante natural genera alta clarificación en el agua destinado para el poblado Quebrada Reposo en la Ciudad de Huáncano – 2025.
2. El análisis del agua proveniente del río Pisco que pasa por la Quebrada Reposo en la Ciudad de Huáncano evidenció que su nivel de turbidez promedio fue de 24.17 NTU superando el valor permitido por el MINSA, por lo tanto, no lo hace apto para su distribución.
3. Mediante el uso de este agente natural para las muestras en mención, se logró una eliminación eficiente de la turbiedad, demostrando la eficiencia del coagulante natural. Los valores obtenidos nos mostraron una eficacia máxima del 80% y mínima del 42%, evidenciando un alto nivel de coagulación frente a las partículas en suspensión. En general, el método de tratamiento alcanzó una eficiencia promedio del 58%, reduciendo la turbiedad de 24.17 NTU a 4.93 NTU número que está por debajo del valor permitido.
4. Finalmente, se determinó que la concentración adecuada de Moringa Oleífera en la clarificación y reducción de la turbidez es de 8 mg/L.

VI. RECOMENDACIONES

1. A los mandatarios de la ciudad de Huáncano, se recomienda emplear Moringa Oleífera como coagulante natural para reducir los niveles de turbiedad presentes en el agua destinada a la población.
2. Asimismo, se sugiere la implementación de un espacio para el adecuamiento del agua que permita aplicar la Moringa Oleífera en volúmenes adecuados, aprovechando sus propiedades coagulantes y naturales en el proceso de potabilización.
3. Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar otros coagulantes naturales con el fin de comparar su eficacia en la eliminación de la turbidez presente en el agua.
4. Del mismo modo, se aconseja considerar el tiempo de sedimentación de las muestras, ya que este factor podría influir significativamente en los resultados. En este estudio se empleó un tiempo de quince minutos, determinado como el más apropiado; sin embargo, probar con intervalos mayores podría ofrecer mejores resultados.
5. Finalmente, se exhorta a los estudiantes e investigadores de ingeniería química y carreras afines a profundizar en el estudio de coagulantes naturales orientados a la mejora continua de este, garantizando que su aplicación no represente riesgos para la salud de la población.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Taiwo, S. Adenike & O. Aderonke, (2020). Efficacy of a natural coagulant protein from *Moringa oleifera* (Lam) seeds in treatment of Opa reservoir water, Ile -Ife, Nigeria. *Heliyon*, 6(1), e03335. DOI: 10.1016/j.heliyon. 2020.e03335
- [2] A. Q. Zaid, S. B. Ghazali, N. S. A. Mutamim, y O. A. Olalere (2019). Experimental optimization of *Moringa oleifera* seed powder as bio-coagulants in water treatment process. *SN Applied Sciences*, 1(5), 1–5. DOI: 10.1007/s42452-019-0518-0
- [3] T. Kucera, L. Hofmanova & R. Biela (2020). Natural polymers as alternatives to conventional coagulation agents. Lab-scale research with *Moringa oleifera* seeds and chitosan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 444(1). DOI: 10.1088/1755-1315/444/1/012032
- [4] A. Safonyk, & M. Matviichuk (2022). Optimization of coagulant dosing process for water purification based on artificial neural networks. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 149, 92-104. DOI: 10.1007/978-3-031-16203-9_6
- [5] A. Hadadi, A. Imessaoudene, J. Bollinger, A. Assadi, A. Amrane & L. Mouni (2022). Comparison of four plant-based bio-coagulants performances against alum and ferric chloride in the turbidity improvement of bentonite synthetic water. *Water*, 14(20). DOI: 10.3390/W14203324
- [6] V. R. G. Nascimento, J. D. Biagi, R. A. de Oliveira, C. C. Arantes, y L. A. Rossi, “Infrared radiation drying of *Moringa oleifera* grains for use in water treatment,” *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 23, no. 10, pp. 768–775, 2019. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v23n10p768-775.
- [7] V. Varsani, S. J. Vyas, y D. R. Dudhagara, “Development of bio-based material from the *Moringa oleifera* and its bio-coagulation kinetic modeling: A sustainable approach to treat the wastewater,” *Heliyon*, vol. 8, no. 9, 2022. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e10447.
- [8] B. I. Gandiwa, L. B. Moyo, S. Ncube, T. A. Mamvura, L. L. Mguni, y N. Hlabangana, “Optimisation of using a blend of plant-based natural and synthetic coagulants for water treatment (*Moringa oleifera*–*Cactus opuntia*–Alum blend),” *South African Journal of Chemical Engineering*, vol. 34, pp. 158–164, 2020. DOI: 10.1016/j.sajce.2020.07.005.
- [9] S. Narges, A. Ghorban, K. Hassan, y K. Mohammad, “Prediction of the optimal dosage of coagulants in water treatment plants through developing models based on artificial neural network fuzzy inference system (ANFIS),” *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, vol. 19, no. 2, pp. 1543–1553, 2021. DOI: 10.1007/s40201-021-00710-0.

- [10] D. C. de G. S. Michelin, W. N. de A. Santos, T. S. Rosa, D. de G. Santos, y R. de C. S. de Jesus, “Uso do coagulante/floculante emergente à base de *Moringa* no tratamento de água com verificação da composição e toxicidade do lodo produzido: tratamento de água com *Moringa* e toxicidade do lodo,” *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 26, no. 5, pp. 955–963, 2021. DOI: 10.1590/S1413-415220200314.
- [11] Organización de las Naciones Unidas, “El agua y el desarrollo sostenible,” *Naciones Unidas*, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-agua-y-el-desarrollo-sostenible>.
- [12] S. A. Muyibi, A. H. M. Birima, and M. J. M. Noor, “Moringa oleifera seed extract in water treatment: A pilot study,” *IIUM Engineering Journal*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2002.
- [13] M. T. S. Figueiredo, J. S. de Souza, y M. F. M. Lima, “Uso da Moringa oleifera no tratamento de águas: revisão integrativa,” *Research, Society and Development*, vol. 11, no. 3, 2022.
- [14] Ministerio de Salud del Perú (MINSA), Calidad del agua para consumo humano: Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, Lima, 2010.
- [15] J. Pérez Huamán, “Evaluación del coagulante natural Moringa oleífera en la remoción de turbidez en agua de río,” Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2021.
- [16] M. Salazar y C. Espinoza, “Eficiencia de la Moringa oleífera en la clarificación de agua de pozos artesanales,” Tesis de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Piura, Piura, 2022.
- [17] O, Salokun. y J, Osarumwense. “Evaluación de las actividades de coagulación de las semillas de Moringa oleífera y sulfato de aluminio en el tratamiento de aguas residuales de la producción de biodiesel”, 2023. Benín – Nigeria. Vol. 4 N°1. <https://doi.org/10.52417/ajhse.v4i1.382>
- [18] A. Ahmad, T. Samee, y M. Waqar, “Evaluating the purification potential of Moringa oleifera seed in drinking water”. <https://doi.org/10.56810/jkjagri.003.02.0062>
- [19] J. Gutiérrez, “Moringa Oleífera como coagulante para la disminución de la turbidez en la planta de tratamiento de agua potable Tundayme – Cantón el Pangui, Provincia de Zamora Chinchipe”, Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca-Ecuador, 2022. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22948/4/UPS-CT009993.pdf>
- [20] M. Chango y K. Ruiz. Aplicación de la Moringa oleifera como biocoagulante en dos plantas de tratamiento de aguas domesticas en Samborondon 2021. 2020. Tesis Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador, 2020. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CHANGO%20ALDAS%20MARIA%20LAURA.pdf>

- [21] C. Hernández, y D. Quimbay, “Evaluación de la semilla de Moringa oleífera como coagulante para el tratamiento de aguas residuales de la PTAR el Salitre”, Tesis de pregrado, Fundación Universidad América, Bogotá - Colombia, 2021.
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8651/1/200233-2021-2-IQ.pdf>
- [22] A. Loayza, Eficiencia de Moringa oleífera Lam. como coagulante natural en la remoción de turbidez en la planta de tratamiento de aguas residuales de Punta de Bombón - Arequipa, 2024. [Tesis de grado]. Universidad Continental
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/17649/4/IV_FIN_107_TE_Loayza_Gama_2025.pdf
- [23] D. Quintana, “Evaluación del efecto del uso de Moringa oleífera como coagulante natural para la clarificación del agua del río Caplina en Tacna”, Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna -Perú, 2024.
<https://repositorio.unjbg.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1571a55c-23bc-45b2-8ee7-0c3c65e06c2b/content>
- [24] M. Pereyra. Efecto coagulante de moringa oleífera, Caesalpinia Spinosa y opuntia ficus-indica en la clarificación de agua por consumo humano de la planta de tratamiento la Quesera-Celendín, 2022. Universidad Nacional de Cajamarca.
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7524>
- [25] B. Vargas, “Uso de semillas de moringa como floculante natural para la purificación de aguas crudas en el distrito de Mariscal Benavides, región Amazonas, en el año 2021”, Tesis de pre grado, Universidad Privada del norte. Lima – Perú, 2019.
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/34928/Vargas%20Collazos%2c%20Brayan%20Styb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [26] R. Arango, y A. Martínez, “Evaluación del efecto de la semilla de moringa oleífera en la reducción de turbidez y E. Coli en el proceso de coagulación para el tratamiento de aguas naturales del río Shullcas”, Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, 2022.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8297%20GRADO%20JOSE%20JARAMILLO%20-%20ANGEL%20ESPINEL%20-%202022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [27] B. Zainab, Z. Ayaz, M. Alwahibi, S. Khan, H. Rizwana, D. Soliman, A. Alawaad & A. Abbasi (2020). In-silico elucidation of Moringa oleifera phytochemicals against diabetes mellitus. Saudi Journal of Biological Sciences, 27(9), 2299–2307.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.04.002>
- [28] K. Azoulay, I. Bencheikh, J. Mabrouki, N. Samghouli, A. Moufti, A. Dahchour, & S. El Hajjaji (2023). Adsorption mechanisms of azo dyes binary mixture onto different raw

- palm wastes. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 103(7), 1633–1652. <https://doi.org/10.1080/03067319.2021.1878165>
- [29] Abd El-Hack, M., Alagawany, M., Elrys, A., Desoky, E., Tolba, H., Elnahal, A., Elnesr, S., & Swelum, A. (2018). Effect of forage moringa oleifera l. (moringa) on animal health and nutrition and its beneficial applications in soil, plants and water purification. *Agriculture (Switzerland)*, 8(9), 1–22. <https://doi.org/10.3390/agriculture8090145>
- [30] V. Nwagbara, K. Chigayo, W. Iyama, & H. Kwaambwa (2022). Removal of lead, cadmium, and copper from water using Moringa oleifera seed biomass. *Journal of Water and Climate Change*, 13(7), 2747–2760. <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.091>
- [31] R. Bouchareb, K. Derbal, Y. Özay, Z. Bilici, & N. Dizge, (2020). Combined natural/chemical coagulation and membrane filtration for wood processing wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 37(May), 101521. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101521>
- [32] A. Varkey (2020). Purification of river water using Moringa Oleifera seed and copper for point-of-use household application. *Scientific African*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00364>
- [33] N. Bahati, & A. Caroline, (2024). Sustainable sewage water treatment based on natural plant coagulant: Moringa oleifera. *Discover Water*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s43832-024-00069-x>
- [34] S. Kurniawan, M. Imron, C. Chik, C. Owodunni, A. Ahmad, A., Alnawajha, M., Rahim, N., Said, N., Abdullah, S., Kasan, N., Ismail, S., Othman, A., & Hasan, H. (2022). What compound inside biocoagulants/biofloculants is contributing the most to the coagulation and flocculation processes? *Science of the Total Environment*, 806. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150902>
- [35] C. Ramachandran, K. Peter, and P. Gopalakrishnan, “Drumstick (Moringa oleifera): A multipurpose Indian vegetable,” *Economic Botany*, vol. 34, no. 3, pp. 276–283, 1980.
- [36] F. Liñan, “Moringa oleifera: el árbol de la nutrición,” *Ciencia y Salud Virtual*, vol. 2, no. 1, pp. 130–138, 2010.
- [37] A. Paniagua and J. Chora, “Elaboración de aceite de semillas de Moringa oleifera para diferentes usos,” *Revista de Ciencias de la Salud*, vol. 3, no. 9, pp. 36–46, 2016.
- [38] A. Pérez, T. Sánchez, N. Armengol, and F. Reyes, “Características y potencialidades de Moringa oleifera, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal,” *Pastos y Forrajes* [Online], vol. 33, no. 4, pp. 1–10, 2010. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000400001#t4.
- [39] A. Delgadillo, C. Gonzáles, F. Prieto, J. Villagómez, and O. Acevedo, “Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación,” *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 14, pp. 597–612, 2011.

- [40] J. Sutherland and G. Folkard, "Moringa oleifera as a natural coagulant," in *20th WEDC Conference*, Colombo, Sri Lanka, 1994, pp. 297–299.
- [41] J. Campos, G. Colina, N. Fernández, G. Torres, B. Sulbarán, and G. Ojeda, "Caracterización del agente coagulante activo de las semillas de *M. oleifera* mediante HPLC," *Research Gate*, vol. 37, no. 1, pp. 35–43, 2003.
- [42] J. Feria, S. Bermúdez, and A. Estrada, "Eficiencia de la semilla *Moringa oleifera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú," *Producción más Limpia*, vol. 9, no. 1, pp. 9–22, 2014.
- [43] C. Ramachandran, K. Peter, and P. Gopalakrishnan, "Drumstick (*Moringa oleifera*): A multipurpose Indian vegetable," *Economic Botany*, vol. 34, no. 3, pp. 276–283, 1980.
- [44] F. Liñan, "Moringa oleifera el árbol de la nutrición," *Ciencia y Salud Virtual*, vol. 2, no. 1, pp. 130–138, 2010.
- [45] A. Paniagua and J. Chora, "Elaboración de aceite de semillas de *Moringa oleifera* para diferentes usos," *Revista de Ciencias de la Salud*, vol. 3, no. 9, pp. 36–46, 2016.
- [46] A. Pérez, T. Sánchez, N. Armengol, y F. Reyes, "Características y potencialidades de *Moringa oleifera* Lamark. Una alternativa para la alimentación animal," *Pastos y Forrajes*, vol. 33, no. 4, pp. 1–10, 2010. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000400001#t4
- [47] C. C. Arantes, T. A. P. Ribeiro, and J. E. S. Paterniani, "Processamento de sementes de *Moringa oleifera* utilizando-se diferentes equipamentos para obtenção de solução coagulante," *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 16, no. 6, pp. 661–666, 2012.
- [48] P. Lo Monaco, A. Texeira, I. Andrade, F. da Silva, and A. Panazzolo, "Utilización de extracto de semillas de moringa como agente coagulante en el tratamiento de agua para abastecimiento y aguas residuales," *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, vol. 66, no. 2, pp. 17–35, 2014.
- [49] M. Meza, K. Riaños, I. Mercado, R. Oliverol, and M. Jurado, "Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleifera* en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico," *Revista UIS Ingenierías*, vol. 17, no. 2, pp. 95–103, 2018.
- [50] R. Solís, J. Laines y J. Hernández, "Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales," *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 28, no. 3, pp. 229–236, 2012.
- [51] M. Šćiban, M. Klačnja, M. Antov y B. Škrbić, "Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn," *Bioresource Technology*, vol. 100, no. 24, pp. 6639–6643, 2009.

- [52] I. Mendoza, N. Fernández, G. Ettiene y A. Díaz, “Uso de la *Moringa oleifera* como coagulante en la potabilización de las aguas,” *Ciencia*, vol. 8, no. 2, pp. 235–242, 2000.
- [53] J. Paterniani, M. Mantovani y M. Sant’Anna, “The use of *Moringa oleifera* seeds for treatment of surface water,” *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 13, no. 6, pp. 765–771, 2009.
- [54] L. Guzmán, Á. Villabona, C. Tejada, y R. García, “Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: Una revisión,” *Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 16, no. 1, pp. 253–262, 2013.
- [55] J. Cogollo, “Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso del Hidroxicloruro de aluminio,” *DYNA*, vol. 78, no. 165, pp. 18–27, 2011.
- [56] A. Twort, D. Ratnayaka, y M. Brandt, *Water Supply*, 5th ed., London: Arnold & IWA, 2000. [Online]. Available: <https://books.google.com.pe/books?id=mabDwYWAhUsC&printsec=frontcover>
- [57] D. J. Pernitsky y J. K. Edzwald, “Selection of alum and polyaluminum coagulants: Principles and applications,” *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, vol. 55, no. 2, pp. 121–141, 2006.
- [58] K. Cordeiro, R. Bergamasco, E. Sala, y L. Konradt, “Otimizacao dos tempos de mistura e decantacao no processo de coagulacao/floculacao da agua bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam.,” *Acta Scientiarum - Technology*, vol. 30, no. 2, pp. 193–198, 2008.
- [59] J. Orellana, “Características del agua potable,” *Ingeniería Sanitaria*, pp. 1–7, 2005.
- [60] W. Lozano, *Calidad físicoquímica del agua: Métodos simplificados para su muestreo y análisis*, Bogotá, 2013.
- [61] R. Mines Jr., *Environmental Engineering: Principles and Practice*, Chapter 3: Water and wastewater characteristics, pp. 103–138, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014. ISBN 978-1-118-80145-1.
- [62] J. Bratby, *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment*. Londres, SW1H 0QS, UK: IWA Publishing, 2016, ISBN: 9781780407500.
- [63] M. Aguilar, M. Lloréns, y J. Ortuño, *Tratamiento físico-químico de aguas residuales*. España: F.G. Graf S.L., 2002.
- [64] J. González, “Técnicas de investigación cualitativa en los ámbitos sanitario y sociosanitario”. 2021. (Vol. 171). Ediciones de la Universidad de Castilla La Mancha.
- [65] J. Arias, M. Covinos, “Diseño y metodología de la investigación”, 2021. <http://hdl.handle.net/20.500.12390/2260>
- [66] O. Hernández, “Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen”, 2021. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002

- [67] A. Bautista, “Evaluación de la dosis óptima de Moringa como coagulante-floculante en el tratamiento de agua del manantial Tumpa Puquio-Huancavelica”, Tesis de posgrado, Universidad Continental, Huancayo, 2024.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/16079/1/IV_FIN_107_TE_Bautista_Rodriguez_2024.pdf
- [68] M. Castillo, “Revisión sobre clarificación del agua y el uso de semillas de moringa, Moringa oleífera Lam”, Revista de la Sociedad Científica de Paraguay, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú, 2023.
http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2617-47312023000100169

VIII. ANEXOS
Universidad Nacional San Luis Gonzaga
Escuela de Posgrado

Anexo 1. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

Fuente: Reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano.

Anexo 2. Resultados del laboratorio de la caracterización del agua antes tratamiento planteado.



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALURGICA



INFORME DE ENSAYO

Muestra : Agua para consumo humano
 Distrito/Provincia/Región : Huancano/Pisco/Ica
 Coordenadas UTM WGS 84 18L : 0433100E/ 8496357N
 Altitud (msnm) : 994
 Fecha inicio muestreo : 09/02/2025
 Hora de inicio muestreo (h) : 08:00
 Fecha de inicio de ensayo : 15/02/2025
 Hora de inicio ensayo (h) : 10:00
 Fecha final de ensayo : 15/02/2025
 Hora final ensayo (h) : 14:00
 Producto : Agua superficial
 N° de muestras : 01
 Código de la muestra : Antes del tratamiento
 Descripción del punto de muestreo : Toma de muestra en el cauce del río Pisco donde pasa por la Quebrada Reposo

Ensayos	Unidad de medida	Límite máximo permisible D.S. 031-2010-SA	Valor promedio
Color ⁽¹⁾	CU	15	<5
Turbiedad ⁽²⁾	NTU	5	24.17
pH	Unidad de pH	6.5 a 8.5	7.77
Conductividad (25°C)	µs/cm	1500	819
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	433
Cloruros	Cl ⁻ mg/L	250	120
Dureza Total	CaCO ₃ mg/L	500	300
Sulfatos	SO ₄ ²⁻ mg/L	250	110
Salinidad ⁽³⁾ (4)	Ups	---	0.50
Temperatura	°C	---	11.18

(1) color verdadero. CU: Unidad de color (1 CU equivale a 1 Pt-Co)

(2) NTU: Unidad nefelométrica de turbiedad

(3) Ups: Unidades prácticas de salinidad

(4) Para aguas dulces el valor de Ups ≤ 0.5

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA

 Ing. César E. Lucero Martínez
 DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
 INGENIERÍA METALÚRGICA

Fuente: Elaborado por la Facultad de Minas y Metalurgia (UNICA)

Anexo 3. Resultados de calidad del agua después del tratamiento.



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALURGICA



INFORME DE ENSAYO

Muestra : Agua para consumo humano
Distrito/Provincia/Región : Nazca/Nazca/Ica
Coordenadas UTM WGS 84 18L : 0433100E/ 8496357N
Altitud (msnm) : 994
Fecha inicio muestreo : 09/02/2025
Hora de inicio muestreo (h) : 08:00
Fecha de inicio de ensayo : 15/02/2025
Hora de inicio ensayo (h) : 10:00
Fecha final de ensayo : 15/02/2025
Hora final ensayo (h) : 14:00
Producto : Agua superficial
N° de muestras : 01
Código de la muestra : Después del tratamiento
Descripción del punto de muestreo : La muestra fue tomada por el usuario, el laboratorio no se responsabiliza.

Ensayos	Unidad de medida	Límite máximo permisible D.S. 031-2010-SA	Valor promedio
Color ⁽¹⁾	CU	15	<5
Turbiedad ⁽²⁾	NTU	5	4.93
pH	Unidad de pH	6.5 a 8.5	8.16
Conductividad (25°C)	µs/cm	1500	403
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	201
Cloruros	Cl ⁻ mg/L	250	220
Dureza Total	CaCO ₃ mg/L	500	200
Sulfatos	SO ₄ ⁻ mg/L	250	150
Salinidad ^{(3) (4)}	Ups	---	0.50
Temperatura	°C	---	11.18

(1) color verdadero. CU: Unidad de color (1 CU equivale a 1 Pt-Co)

(2) NTU: Unidad nefelométrica de turbiedad

(3) Ups: Unidades prácticas de salinidad

(4) Para aguas dulces el valor de Ups ≤ 0.5

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA

Ing. César E. Lucero Martínez
MAGISTER EN LA ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA METALURGICA

Fuente: Elaborado por la Facultad de Minas y Metalurgia (UNICA)

Anexo 4. Resultados de laboratorio de los tratamientos usados para disminuir los niveles de turbidez en el agua.



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALURGICA



INFORME DE ENSAYO

Muestra : Agua para consumo humano
 Distrito/Provincia/Región : Nazca/Nazca/Ica
 Coordenadas UTM WGS 84 18L : 0433100E/ 8496357N
 Altitud (msnm) : 994
 Fecha inicio muestreo : 09/02/2025
 Hora de inicio muestreo (h) : 08:00
 Fecha de inicio de ensayo : 15/02/2025
 Hora de inicio ensayo (h) : 10:00
 Fecha final de ensayo : 15/02/2025
 Hora final ensayo (h) : 14:00
 Producto : Agua superficial
 N° de muestras : 06
 Código de la muestra : T1, T2, T3, T4, T5, T6
 Descripción del punto de muestreo : La muestra fue tomada por el usuario, el laboratorio no se responsabiliza.

Ensayos	Unidad de medida	Resultados					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
Turbiedad ⁽²⁾	NTU	7.06	4.93	13.92	13.92	13.87	7.18
pH	Unidad de pH	7.80	8.16	8.32	8.47	8.62	8.83
Conductividad (25°C)	µs/cm	419	403	508	495	534	415
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	209	201	254	547	267	207

(2) NTU: Unidad nefelométrica de turbiedad

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA

 Ing. Cesar E. Lucero Martínez
 DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALURGICA

Fuente: Elaborado por la Facultad de Minas y Metalurgia (UNICA)

Anexo 5. Datos generados

Tabla 16

Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento T1 de la prueba N° 1.

Repeticición	pH	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (µs/cm)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)
1	7.79	6.89	11.80	418	209
2	7.82	7.20	11.81	420	210
3	7.80	7.10	11.80	418	209

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 17

Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento T2 de la prueba N° 1.

Repeticición	pH	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (µs/cm)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)
1	8.10	4.89	11.82	400	200
2	8.20	5.00	11.82	402	201
3	8.19	4.90	11.83	406	203

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 18

Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento T3 de la prueba N° 1.

Repeticición	pH	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (µs/cm)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)
1	8.30	13.78	11.80	480	240
2	8.32	14.10	11.82	544	272
3	8.35	13.89	11.81	500	250

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 19

Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento T4 de la prueba N° 1

Repeticición	pH	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (µs/cm)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)
1	8.45	14.10	11.80	490	245
2	8.47	13.80	11.81	500	250
3	8.50	13.85	11.80	494	247

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 20

Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento T5 de la prueba N° 1.

Repeticición	pH	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (µs/cm)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)
1	8.62	13.90	10.72	520	260
2	8.61	13.86	10.73	538	269
3	8.63	13.86	10.62	544	272

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Tabla 21

Datos de las Repeticiones generadas del tratamiento T6 de la prueba N° 1.

Repeticición	pH	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (µs/cm)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)
1	8.80	7.15	10.30	414	207
2	8.83	7.20	10.25	416	208
3	8.85	7.19	10.23	414	207

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016

Anexo 6. Estimación del porcentaje de eficiencia del tratamiento

Formula:

$$E = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100\%$$

Dónde: E = Eficiencia del tratamiento

C₀ = Concentración inicial de Moringa oleífera

C_f = Concentración final de Moringa oleífera

Cálculo de la eficiencia del tratamiento T1

$$E = \frac{24.17 - 7.06}{24.17} \times 100\%$$
$$E = 71\%$$

Cálculo de la eficiencia del tratamiento T2

$$E = \frac{24.17 - 4.93}{24.17} \times 100\%$$
$$E = 80\%$$

Cálculo de la eficiencia del tratamiento T3

$$E = \frac{24.17 - 13.92}{24.17} \times 100\%$$
$$E = 42\%$$

Cálculo de la eficiencia del tratamiento T4

$$E = \frac{24.17 - 13.92}{24.17} \times 100\%$$
$$E = 42\%$$

Cálculo de la eficiencia del tratamiento T5

$$E = \frac{24.17 - 13.87}{24.17} \times 100\%$$
$$E = 43\%$$

Cálculo de la eficiencia del tratamiento T6

$$E = \frac{24.17 - 7.18}{24.17} \times 100\%$$

$$E = 70\%$$

Anexo 7. Método de determinación de la turbidez

1. Principio

La medición de la turbidez se fundamenta en el paso de luz a través de una suspensión, donde se busca que la imagen de una llama patrón, como la de una bujía, desaparezca, es decir, se vuelva indistinguible del fondo de iluminación general cuando se observa a través de la suspensión. Cuanto mayor sea el recorrido de la luz a través de la muestra, menor será el valor de la turbidez.

2. Interferencia

La medición de la turbidez es aplicable a cualquier muestra de agua que esté libre de residuos sólidos o sedimentos gruesos que puedan sedimentarse rápidamente. Los resultados pueden verse alterados si la cristalería no está limpia, si se presentan burbujas en la muestra o si existen vibraciones que interfieran con la visibilidad de la superficie del agua, lo que podría distorsionar las lecturas obtenidas.

3. Procedimiento

Uso del turbidímetro HACH modelo 2100P

El turbidímetro HACH permite realizar mediciones de turbidez de manera inmediata después de encender el equipo. Para obtener una medición precisa, se debe ajustar el indicador de la escala de turbidez al rango adecuado según la muestra a analizar. El equipo dispone de cinco escalas de medición: 0 a 0.2 NTU, 0 a 1 NTU, 0 a 10 NTU, 0 a 100 NTU y 0 a 1000 NTU.

Este turbidímetro no requiere ajuste de cero. Se debe seleccionar el patrón de turbidez proporcionado por el fabricante, que sea más adecuado para la escala que se esté utilizando, y proceder a agitarlo. Tras asegurarse de que el patrón esté libre de impurezas, se coloca en la celda de medición. A continuación, se ajusta la perilla “standardize” hasta que la aguja del indicador de la pantalla muestre el valor de turbidez correspondiente al patrón en la escala seleccionada.

Una vez realizado este paso, se retira el patrón de la celda, se agita la muestra y se transfiere una porción a uno de los tubos de vidrio suministrados por el fabricante, asegurándose de que esté completamente limpio. Finalmente, se coloca el tubo con la muestra en la celda de medición y se registra la lectura de la aguja en la escala correspondiente.

Anexo 8. Localización del punto de muestreo

El presente trabajo de investigación se desarrolla en la Quebrada Reposo, ubicada en la ciudad de Huancano. Este lugar se encuentra entre las coordenadas 13°36'2.26" de latitud sur y 75°37'6.35" de latitud oeste, en el kilómetro 80 de la vía Los Libertadores, que conecta Pisco con Ayacucho. La zona está situada a una altitud de 994 metros sobre el nivel del mar y presenta un clima cálido, con una temperatura máxima promedio anual de 38 °C y una mínima que desciende hasta los 8 °C durante el año.



Figura 9. Localización de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano

Anexo 9. Proceso del desarrollo del trabajo de investigación



Figura 10. Recolección de muestras de agua durante el monitoreo



Figura 11. Preparación de las muestras para el tratamiento



Figura 12. Trituración y pulverizado de la Moringa oleífera



Figura 13. Preparación de las dosis para el tratamiento



Figura 14. Preparación de las alícuotas para los tratamientos



Figura 15. Adición de las dosis de moringa oleífera a las muestras de agua



Figura 16. Etapa de la coagulación en el equipo de agitación



Figura 17. Etapa de la floculación en el equipo de agitación



Figura 18. Etapa de la sedimentación de las muestras



Figura 19. Etapa de la filtración de las muestras



Figura 20. Obtención de las muestras clarificadas



Figura 21. Medición del parámetro pH en cada prueba experimental planteada



Figura 22. Medición del parámetro Conductividad en cada prueba experimental planteada



Figura 23. Medición del parámetro turbidez en cada prueba experimental planteada

Anexo 9: Matriz de consistencia

Título: Moringa oleífera como coagulante natural en la clarificación del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo en la Ciudad de Huáncano – 2025.

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Metodología
¿Cuál es el efecto del uso de Moringa oleífera como coagulante natural en la clarificación del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025?	Determinar el efecto del uso de Moringa oleífera como coagulante natural en la clarificación del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.	El uso de la Moringa Oleífera como coagulante natural mejora significativamente el nivel de clarificación del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano – 2025.	Variable (X): Moringa oleífera como coagulante natural. Dimensiones: - Concentración del coagulante - Eficiencia del coagulante - Dosis optima	Tipo: Aplicada. Nivel: Explicativo. Diseño: Experimental. Muestra: las muestras estarán conformadas por 12 muestras del agua del río Pisco que atraviese la Quebrada Reposo en la ciudad de Huáncano.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		
¿Cuál es el efecto del uso de Moringa oleífera como coagulante natural en la disminución de la turbidez (NTU) del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano – 2025?	Establecer el efecto del uso de Moringa oleífera como coagulante natural en la disminución de la turbidez (NTU) del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano – 2025.	El uso de Moringa oleífera como coagulante natural mejora significativamente la disminución de la turbidez (NTU) del agua que consume la población de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano – 2025.	Variable (Y): Clarificación del agua. Dimensiones: - Turbidez (NTU) - Sólidos suspendidos totales - Conductividad eléctrica	Técnica de recolección: Observación. Análisis fisicoquímicos. Investigación bibliográfica.
¿Cuál es el efecto del uso de Moringa oleífera como	Establecer el efecto del uso de Moringa oleífera como	El uso de Moringa oleífera como coagulante natural		

coagulante natural en la disminución de solidos suspendidos totales del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025?	coagulante natural en la disminución de solidos suspendidos totales del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.	mejora significativamente la disminución de solidos suspendidos totales del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.
¿Cuál es el efecto del uso de Moringa oleífera como coagulante natural en la disminución de la conductividad eléctrica del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025?	Determinar el efecto del uso de Moringa oleífera como coagulante natural en la disminución de la conductividad eléctrica del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.	El uso de Moringa oleífera como coagulante natural mejora significativamente en la disminución de la conductividad eléctrica del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo – Huancano, 2025.

Instrumento de recolección:

Ficha de observación.

Turbidímetro

pH-metro

Conductímetro.

Fuente: Propia

Anexo 10

Matriz de operacionalización de variable (X): Moringa Oleífera como coagulante natural

Variable (X)	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión
Moringa Oleífera como coagulante natural	Según Bautista [67], la Moringa oleífera es una especie vegetal nativa de regiones tropicales y subtropicales. Sus semillas contienen proteínas catiónicas que actúan como coagulantes naturales. El mecanismo de coagulación se basa en la capacidad de estas proteínas para neutralizar las cargas superficiales de las partículas coloidales presentes en el agua, promoviendo así su desestabilización y posterior aglomeración en flóculos de mayor tamaño.	La <i>Moringa Oleífera</i> se utilizará como coagulante natural la aplicación de distintas concentraciones (mg/L), controlando el pH. Se evaluará las condiciones de aplicación del coagulante natural y se determinará la dosis aplicada y eficiencia del coagulante.	Concentración del coagulante Dosis aplicada Eficiencia del coagulante

Fuente: Propia

Anexo 11

Matriz de operacionalización de variable (Y): Clarificación del agua

Variable (Y)	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión
Clarificación del agua	Según Castillo [68], es un conjunto de procesos físico-químicos cuyo objetivo primordial es la eliminación de partículas sólidas, tanto en suspensión como coloidales, presentes en el recurso hídrico. A través de una secuencia de etapas que incluyen coagulación, floculación, sedimentación y filtración, se logra la remoción de turbidez y otros contaminantes.	La clarificación del agua será medida bajo la turbidez (NTU), los sólidos suspendidos y conductividad.	Turbidez (NTU)
			Sólidos suspendidos totales
			Conductividad

Fuente: Propia

Anexo 12. Constancia de originalidad.



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

ESCUELA DE POSGRADO



EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de la **TESIS** cuyo título es:

**"MORINGA OLEÍFERA COMO COAGULANTE NATURAL EN LA
CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA QUEBRADA
REPOSO EN LA CIUDAD DE HUÁNCANO – 2025."**

Presentado por:

VEGA NIÑO, CRISTHIAN MARIO EDGARD

De la MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA

MENCIÓN EN PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Escuela de Posgrado de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 2%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 25 de Marzo de 2026.

Atentamente

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
ESCUELA DE POSGRADO

Dr. MARIO GUSTAVO REYES MEJÍA
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN Luis Gonzaga"
Sistema Antiplagio Escuela de Posgrado

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Ica, 25 de marzo de 2026

INFORME N° 23-OPIEO-SA-EPG-UNICA-2026

Señor:

Dr. Mario Gustavo Reyes Mejía
Director de la Escuela de Posgrado de la UNICA

Presente. -

Asunto: Informe del Resultado del Sistema Antiplagio.

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y, a la vez remitirle el Resultado del Sistema Antiplagio de la Tesis titulada: **"MORINGA OLEÍFERA COMO COAGULANTE NATURAL EN LA CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA QUEBRADA REPOSO EN LA CIUDAD DE HUÁNCANO – 2025."**, presentado por el egresado:

VEGA NIÑO, CRISTHIAN MARIO EDGARD

Recibo de Pago N° 6292516.

Sin otro particular, me suscribo de usted, reiterándole los sentimientos de mi especial consideración y estima.

Atentamente.


.....
Sr. JORGE LEVANO BELLIDO
Operador del Programa Informático Evaluador
de Originalidad

MORINGA OLEÍFERA COMO COAGULANTE NATURAL EN LA CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA...

504.4 KB

2% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 40 palabras)

Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

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

1	Internet	
repositorio.unica.edu.pe		1%
2	Internet	
hdl.handle.net		<1%
3	Internet	
revistatyc.org.mx		<1%

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL BORRADOR DE TESIS

Por medio de la presente se hace constar que el Sr. **VEGA NIÑO, CRISTHIAN MARIO EDGARD**. Egresado de la Maestría: **INGENIERIA QUIMICA**, con Mención en: **PROCESOS QUIMICOS Y AMBIENTALES**, con DNI N° 46205017, código de matrícula N° 20230843

Año de ingreso: 2023 Año de egreso 2025.

Después de haber revisado su Borrador de tesis Titulada "**Moringa oleífera como coagulante natural en la clarificación del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huancano - 2025**".

DECLARO que ha sido **APROBADO** el día 31 del mes de marzo del 2026
CONSTANCIA que se expide al interesado para la continuación de sus trámites.

Atentamente:

REVISOR

Ramos Gamarra, Miguel Eduardo

DNI N° 21483876

Celular: 945834254

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNSLG



Yo Cristhian Mario Edgard Vega Niño, identificado con DNI N° 46205017 egresado de la Escuela de Posgrado en su programa de maestría en Ingeniería Química con mención en Procesos Químicos y Ambientales de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, autorizo (X), no autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado: “Moringa Oleifera como coagulante natural en la clarificación del agua para consumo humano de la Quebrada Reposo en la ciudad de Huáncano - 2025” en su edición 2026 , asesor de Tesis Dr. Carmen Luz Cuba Cornejo, en el Repositorio Institucional de la UNSLG (<https://repositorio.unica.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822. Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Cristhian Mario Edgard Vega Niño". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

FIRMA

DNI: 46205017

FECHA: 21 – 04 - 2026