

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS:

“Comparación de la eficiencia de la semilla de tara (Caesalpinia spinosa) y del sulfato de aluminio como coagulante, en el tratamiento del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, Huánuco 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL

AUTOR: Espinoza Chahua, Yolber

ASESOR: Gamez Penadillo, Joel

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Biotecnología y Nanotecnología

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Biotecnología ambiental

Disciplina: Biotecnología ambiental

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 74161684

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 23018222

Grado/Título: Maestro en ciencias económicas, mención: proyectos de inversión

Código ORCID: 0000-0003-4228-565X

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Tarazona Mirabal, Herman Atilio	Magister en salud pública y gestión sanitaria gestión y planeamiento educativo	22411008	0000-0001-5319-4708
2	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Morales Aquino, Milton Edwin	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	44342697	0000-0002-2250-3288



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 26 del mes de febrero del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

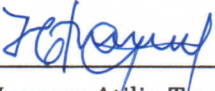
- Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal (Presidente)
- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario)
- Mg. Milton Edwin Morales Aquino (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 0306-2025-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: "**COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE TARA (*Caesalpinia spinosa*) Y DEL SULFATO DE ALUMINIO COMO COAGULANTE, EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO SAN SEBASTIÁN DE QUERA, HUÁNUCO 2024**", presentado por el (la) Bach. **ESPINOZA CHAHUA, YOLBER**; para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

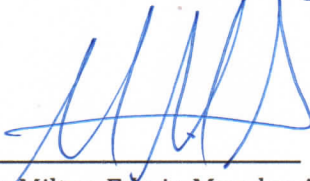
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO Por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 17 y cualitativo de Muy Bueno (Art. 47)

Siendo las 18:06 horas del día 26 del mes de FEBRERO del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal
DNI: 22411008
ORCID: 0000-0001-5319-4708
Presidente


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


Mg. Milton Edwin Morales Aquino
DNI: 44342697
ORCID: 0000-0002-2250-3288
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: YOLBER ESPINOZA CHAHUA, de la investigación titulada "Comparación de la eficiencia de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) y del sulfato de aluminio como coagulante, en el tratamiento del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, Huánuco 2024", con asesor(a) JOEL GAMEZ PENADILLO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1366-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 20 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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

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

Huánuco, 05 de febrero de 2025



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



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

15. Espinoza Chahua, Yolber.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

repositorio.utea.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

apirepositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A mis padres, cuyo amor y apoyo incondicional han sido el pilar fundamental de mi formación académico; y a todos aquellos que, de alguna manera, han contribuido en mi desarrollo personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la vida, la salud y su protección constante.

A mis padres y hermanos, por su amor incondicional, su apoyo constante y por los valores que me han transmitido, los cuales han sido fundamentales en cada etapa de mi formación personal y profesional.

A todos mis profesores de la Universidad de Huánuco, por compartir su conocimiento y por su invaluable orientación a lo largo de mi formación académica.

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
INDICE	IV
INDICE DE TABLAS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE ANEXOS.....	XI
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCION.....	XV
CAPÍTULO I.....	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	19
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	19
1.3.OBJETIVO GENERAL	19
1.4.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.5.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	20
1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	20
1.5.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	21
1.6.LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.7.VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
CAPÍTULO II.....	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1.ANTECEDENTES	22
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	22
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	26
2.2.BASES TEÓRICAS.....	28
2.2.1. AGUA	28

2.2.2. AGUA POTABLE	30
2.2.3. TRATAMIENTO DEL AGUA	30
2.2.4. COAGULACIÓN	31
2.2.5. COAGULANTES NATURALES.....	33
2.2.6. FLOCULACIÓN	33
2.2.7. ENSAYOS DE PRUEBA DE JARRAS	33
2.2.8. SULFATO DE ALUMINIO ($Al_2(SO_4)_3$)	34
2.2.9. TARA (<i>Caesalpinia spinosa</i>)	34
2.2.10.CENTRO POBLADO DE SAN SEBASTIÁN DE QUERA	35
2.2.11.NORMATIVA PERUANA QUE REGULA LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO:	36
2.3.DEFINICIONES CONCEPTUALES	37
2.4.HIPÓTESIS	39
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	39
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	39
2.5.VARIABLES	39
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	39
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	39
2.6.OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	40
CAPÍTULO III.....	42
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	42
3.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.1.1. ENFOQUE.....	42
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	42
3.1.3. DISEÑO.....	42
3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
3.2.1. POBLACIÓN.....	44
3.2.2. MUESTRA.....	44
3.3.TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	45
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
3.3.2. FASE METODOLÓGICA	45
3.3.3. INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	55

3.4.TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	57
3.4.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	57
3.4.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	57
3.4.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	57
CAPÍTULO IV	58
RESULTADOS	58
4.1.PROCESAMIENTO DE DATOS.....	58
4.1.1. RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA ANTES Y DESPUÉS DE APLICAR LA SEMILLA DE TARA COMO COAGULANTE	58
4.1.2. RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA ANTES Y DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO COMO COAGULANTE	64
4.1.3. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE TARA Y EL SULFATO DE ALUMINIO, SEGÚN SUS DOSIS ÓPTIMAS.....	70
4.1.4. RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA ANTES Y DESPUÉS DE LA APLICACIÓN CONJUNTA DEL SULFATO DE ALUMINIO COMO COAGULANTE Y SEMILLA DE TARA.....	74
4.1.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO DEL ALUMINIO Y TANINOS RESIDUAL.....	76
4.2.CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	80
4.2.1. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL	80
4.2.2.CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	83
CAPÍTULO V	87
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES.....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
ANEXOS	99

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica y parámetros orgánicos.	36
Tabla 2 Operacionalización de variables:	40
Tabla 3 Diseño de la investigación según la concentración y dosis.	43
Tabla 4 Número de muestras.	44
Tabla 5 Coordenadas de ubicación del lugar de muestreo	45
Tabla 6 Índice de Floculación de Willcomb	54
Tabla 7 Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de aplicar la semilla de tara como coagulante a una concentración de 0,5%.	58
Tabla 8 Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de la aplicación de la semilla de tara como coagulante a una concentración de 0,8%.	60
Tabla 9 Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de aplicar la semilla de tara como coagulante a una concentración de 1%.	62
Tabla 10 Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de la aplicar el sulfato de aluminio como coagulante a una concentración de 0,5%.	64
Tabla 11 Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de aplicar el sulfato de aluminio como coagulante a una concentración de 0,8%.	66
Tabla 12 Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después aplicar el sulfato de aluminio como coagulante a una concentración de 1%.	68
Tabla 13 Evaluación de la eficiencia del coagulante semilla de tara a distintas concentraciones (0.5%, 0.8% y 1%), según la dosis óptima de cada concentración.	70
Tabla 14 Evaluación de la efectividad del sulfato de aluminio como coagulante a diferentes concentraciones (0.5%, 0.8% y 1%), según la dosis óptima de cada concentración.....	72
Tabla 15 Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de aplicar el sulfato de aluminio como coagulante a una concentración de 1% y semilla de tara como floculante a una concentración de 0.4%.....	74
Tabla 16 Resultados del análisis de aluminio residual en agua post tratamiento con sulfato de aluminio con una dosis de 25 mg/L.....	76
Tabla 17 Resultados del análisis de taninos residuales en agua post tratamiento con semilla de tara con una dosis de 30 mg/L.....	77

Tabla 18 Evaluación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos, tras la aplicación de la semilla de tara y sulfato de aluminio como coagulantes (dosis óptimas) en conformidad con el D.S. 031-2010-SA.	78
Tabla 19 Comparación de la eficiencia de la semilla de tara al 1% y el sulfato de aluminio al 1%, según la dosis óptima de cada coagulante.	80
Tabla 20 Evaluación de la efectividad del coagulante de semilla de tara al 1% en la mejora de los parámetros fisicoquímicos del agua, utilizando la dosis óptima.	83
Tabla 21 Evaluación de la efectividad del coagulante sulfato de aluminio al 1% en la optimización de los parámetros fisicoquímicos del agua, utilizando la dosis óptima.	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Semilla de la tara.	34
Figura 2 Estructura de la semilla de tara.....	35
Figura 3 Efectividad de la semilla de tara como coagulante al 0,5% de concentración en la remoción de turbidez a diferentes dosis aplicadas.	59
Figura 4 Efectividad de la semilla de tara como coagulante al 0,8% de concentración en la remoción de turbidez a diferentes dosis aplicadas.	61
Figura 5 Efectividad de la semilla de tara como coagulante al 1% de concentración en la remoción de turbidez a diferentes dosis aplicadas.	63
Figura 6 Efectividad del sulfato de aluminio como coagulante al 0.5% de concentración en la remoción de turbidez a diversas dosis aplicadas.	65
Figura 7 Efectividad del coagulante sulfato de aluminio al 0.8 % de concentración en la remoción de turbidez a diferentes dosis aplicadas.	67
Figura 8 Efectividad del sulfato de aluminio como coagulante al 1 % de concentración en la disminución de turbidez a diferentes dosis aplicadas. ..	69
Figura 9 Evaluación de la eficiencia de la semilla de tara en la disminución de turbidez a distintas concentraciones (0.5%, 0.8% y 1%), según la dosis óptima de cada concentración.....	71
Figura 10 Evaluación de la efectividad del sulfato de aluminio como coagulante en la minimización de turbiedad a diferentes concentraciones (0.5%, 0.8% y 1%), según la dosis óptima de cada concentración.	73
Figura 11 Eficiencia del sulfato de aluminio al 1% como coagulante y de la semilla de tara al 0,4% como floculante en la disminución de la turbiedad ..	75
Figura 12 Comparación de parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del coagulante de semilla de tara al 1% y el sulfato de aluminio al 1%, según la dosis más efectiva de cada coagulante.	81
Figura 13 Comparación de la efectividad del coagulante de semilla de tara y sulfato de aluminio, según dosis óptima, en la remoción de parámetros fisicoquímicos del agua	82
Figura 14 Comparación de eficiencia entre semilla de tara y sulfato de aluminio como coagulante.	82

Figura 15 Efectividad del coagulante de semilla de tara al 1% en la optimización de los parámetros fisicoquímicos del agua, utilizando la dosis óptima.....	84
Figura 16 Efectividad del coagulante sulfato de aluminio al 1% en la optimización de los parámetros fisicoquímicos del agua, utilizando la dosis óptima.....	86

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia	100
Anexo 2 Ubicación y localización del proyecto.....	102
Anexo 3 Árbol de causa y efecto	103
Anexo 4 Árbol de medios y fines.....	104
Anexo 5 Ficha de registro de identificación del punto de monitoreo.....	105
Anexo 6 Ficha de registro de prueba de jarras	106
Anexo 7 Cadena de custodia.....	113
Anexo 8 Especificación técnica de la semilla de tara como coagulante	115
Anexo 9 Resultados del monitoreo del sistema de agua del mes de mayo del 2023	116
Anexo 10 Resultados del monitoreo del sistema de agua del mes de abril del 2023	118
Anexo 11 Resultados de laboratorio	120
Anexo 12 Panel fotográfico	124

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Recolección de muestra de agua de la captación del sistema de agua potable del centro poblado de San Sebastián de Quera	124
Fotografía 2 Dilución de los coagulantes mediante un agitador magnético	124
Fotografía 3 Extracción de la solución madre de semilla de tara para la preparación de las soluciones de trabajo al 0.5%, 0.8% y 1%	125
Fotografía 4 Extracción de la solución madre de sulfato de aluminio para la preparación de las soluciones de trabajo al 0.5%, 0.8% y 1%	125
Fotografía 5 Extracción de alícuotas de las soluciones de trabajo de 3 ml, 4 ml, 5 ml, 6 ml, 7 ml y 8 ml	126
Fotografía 6 Llenado de las 6 jarras con el agua muestreada.....	126
Fotografía 7 Adición del coagulante a cada jarra en diferentes dosis	127
Fotografía 8 Formación de flóculos.....	127
Fotografía 9 Decantación de los flóculos	128
Fotografía 10 Medición de los parámetros fisicoquímicos.....	128
Fotografía 11 Toma de muestras para análisis de tanino y aluminio residual.	129
Fotografía 12 Supervisión del asesor del proyecto de investigación.	130

RESUMEN

La investigación "Comparación de la eficiencia de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) y del sulfato de aluminio como coagulante en el tratamiento del agua para consumo humano en el centro poblado San Sebastián de Quera, Huánuco - 2024" tuvo como **objetivo** determinar la eficiencia de la semilla de tara y del sulfato de aluminio como coagulante, en el tratamiento del agua para consumo humano del centro poblado mencionado. Se empleó una **metodología** de tipo aplicada, con un diseño de tipo experimental y alcance explicativo, utilizando el ensayo de jarras para reproducir los procesos de coagulación y floculación, con concentraciones de solución de trabajo al 0.5%, 0.8% y 1%. Se recolectaron 15 litros de muestras de agua de la captación del sistema de agua potable de San Sebastián de Quera, realizando mediciones de los parámetros fisicoquímicos de turbidez, color, pH y sólidos totales disueltos (TDS) antes y después del tratamiento de cada coagulante. Los **resultados** mostraron que el sulfato de aluminio, a una concentración de 1% con una dosis de 25 mg/L, fue significativamente más eficiente, logrando una remoción del 95.16% de turbidez, reduciéndola de 25.8 a 1.25 NTU. En comparación, la semilla de tara, a una concentración de 1% con una dosis de 30 mg/L, alcanzó un 30.16% de remoción, reduciendo la turbidez de 25.8 a 18.02 NTU. Con respecto a la remoción del color, el sulfato de aluminio evidenció una mayor efectividad, alcanzando un 39.39% frente al 5.30% de la semilla de tara. En cuanto a los TDS, el sulfato de aluminio alcanzó una remoción del 20.62%, mientras que la semilla de tara alcanzó un 5.77%. El pH permaneció estable en ambos casos, con valores de 7.57 y 7.59 después del tratamiento con semilla de tara y sulfato de aluminio, respectivamente. En **conclusión**, el sulfato de aluminio demostró ser más efectivo que la semilla de tara en la reducción de turbidez, color y TDS. Aunque la semilla de tara es una alternativa natural y menos tóxica, el sulfato de aluminio demostró una mayor eficacia en el tratamiento del agua destinada al consumo humano en San Sebastián de Quera.

Palabras claves: Semilla de tara, sulfato de aluminio, coagulante, turbidez, tratamiento de agua.

ABSTRACT

The research "Comparison of the efficiency of tara seed (*Caesalpinia spinosa*) and aluminum sulphate as a coagulant in the treatment of water for human consumption in the town of San Sebastián de Quera, Huánuco - 2024" aimed to determine the efficiency of tara seed and aluminum sulphate as a coagulant in the treatment of water for human consumption in the aforementioned town. An applied methodology was used, with an experimental design and explanatory scope, using the jar test to reproduce the coagulation and flocculation processes, with working solution concentrations of 0.5%, 0.8% and 1%. 15 liters of water samples were collected from the catchment of the San Sebastián de Quera drinking water system, measuring the physicochemical parameters of turbidity, color, pH and total dissolved solids (TDS) before and after the treatment of each coagulant. The results showed that aluminum sulfate, at a concentration of 1% with a dose of 25 mg/L, was significantly more efficient, achieving a removal of 95.16% of turbidity, reducing it from 25.8 to 1.25 NTU. In comparison, tara seed, at a concentration of 1% with a dose of 30 mg/L, achieved a removal of 30.16%, reducing turbidity from 25.8 to 18.02 NTU. Regarding color removal, aluminum sulfate showed greater effectiveness, reaching 39.39% compared to 5.30% for tara seed. Regarding TDS, aluminum sulfate achieved a removal of 20.62%, while tara seed reached 5.77%. The pH remained stable in both cases, with values of 7.57 and 7.59 after treatment with tara seed and aluminium sulphate, respectively. In conclusion, aluminium sulphate proved to be more effective than tara seed in reducing turbidity, colour and TDS. Although tara seed is a natural and less toxic alternative, aluminium sulphate proved to be more effective in treating water intended for human consumption in San Sebastián de Quera.

Keywords: Tara seed, aluminum sulphate, coagulant, turbidity, water treatment.

INTRODUCCION

El suministro de agua potable de calidad es uno de los desafíos más relevantes que enfrentan las comunidades rurales del Perú, especialmente en zonas alejadas donde la infraestructura es limitada. En este contexto, la potabilización resulta fundamental para prevenir enfermedades y garantizar una mejor calidad de vida. En el centro poblado de San Sebastián de Quera, el tratamiento del agua es una necesidad crítica. Los métodos tradicionales de purificación, como el uso del sulfato de aluminio, han mostrado eficacia, pero su toxicidad potencial ha incentivado la búsqueda de alternativas más seguras y sostenibles.

El agua en esta zona presenta altos niveles de turbidez debido a la contaminación natural por sedimentos, lo que afecta directamente su calidad para consumo humano. Aunque el sulfato de aluminio es un coagulante eficiente en la reducción de la turbiedad, su uso prolongado puede generar residuos tóxicos y afectar negativamente la salud de las personas. Ante esta problemática, la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) surge como una opción más ecológica y segura, dado que es un coagulante natural que no introduce sustancias peligrosas al agua.

Esta investigación tiene como propósito determinar la efectividad de la semilla de tara y el sulfato de aluminio como coagulantes en el tratamiento del agua potable en el centro poblado de San Sebastián de Quera. Específicamente, se busca evaluar la capacidad de cada coagulante para remover la turbidez del agua, de acuerdo con los criterios definidos por la normativa peruana.

El estudio está organizado de la siguiente manera: En el Capítulo I, se plantea el problema de investigación, los objetivos y las justificaciones, estableciendo el marco que sustenta el proyecto. En el Capítulo II, se presenta el marco teórico con antecedentes, bases conceptuales y la normativa vigente en Perú sobre la calidad del agua. El Capítulo III describe la metodología, el tipo de investigación, el diseño experimental y los instrumentos empleados para la recopilación de datos. El Capítulo IV expone los resultados obtenidos, donde se observa que la semilla de tara, a una dosis óptima de 30 mg/L, logró

reducir la turbiedad a 18.02 NTU, en tanto que el sulfato de aluminio, con una dosis de 25 mg/L, redujo la turbidez a 1.25 NTU. Finalmente, en el Capítulo V, se lleva a cabo la discusión de los resultados, concluyendo que la tara es una alternativa viable y menos tóxica, aunque el sulfato de aluminio sigue siendo más efectivo en la reducción de la turbiedad.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó una resolución reconociendo que el acceso al agua potable y al saneamiento es un derecho fundamental para la humanidad. La resolución señala que los estados deben instituir condiciones que aseguren el acceso universal a los servicios mencionados, priorizando a las personas más vulnerables y sin discriminación (Naciones Unidas, 2019).

El agua constituye un recurso esencial para la vida humana. De acuerdo con Naciones Unidas, un individuo en la tierra necesita entre 20 y 50 litros de agua segura diaria para cubrir sus necesidades básicas como la cocción de alimentos y la higiene personal. Por consiguiente, la accesibilidad al agua segura se reconoce como un derecho fundamental, y los sistemas de distribución deben asegurar que todas las personas puedan acceder a ella (INEI, 2020).

De acuerdo a CEPLAN (2023), actualmente 2000 millones de personas en el mundo enfrentan un elevado grado de estrés hídrico, con proyecciones que indican que esta cifra podría duplicarse para el año 2050. Asimismo, 2400 millones de personas carecen de instalaciones de saneamiento, y 663 millones no tienen acceso a agua potable a nivel global. En ese contexto, la crisis hídrica podría perjudicar a una cuarta parte de la población universal, afectando la calidad de vida de las personas como consecuencia de deficientes condiciones de saneamiento e higiene. Asimismo, es crucial señalar que la crisis hídrica implica una disminución significativa en la disponibilidad futura de agua dulce de buena calidad.

Para el 2030 se estima que el 58% de la población peruana radicará en lugares con deficiencia hídrica, como consecuencia de la creciente crisis global del agua, situando a Perú entre los países más impactados en Latinoamérica (CEPLAN, 2023).

Aproximadamente el 76.3% de la población rural del Perú se abastece de agua a través de redes públicas, de los cuales el 7.4% considera que el

agua suministrada es segura para el consumo humano, mientras que el 68.9% la percibe como no segura (INEI, 2020).

Las plantas de tratamiento de agua potable procesan agua cruda que presenta niveles de turbidez entre 500 y 1000 NTU, rangos considerados normales para su procesamiento. Los sistemas de filtración en las PTAP deben garantizar que la turbidez no supere los 1 o 0.6 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT). Según las normas de la OMS, la turbidez del agua potable no debe superar los 5 NTU. Por lo tanto, reducir la turbidez es crucial para evitar efectos adversos en los consumidores (Flowen, 2020).

Lo referido es la problemática real del C.P. de San Sebastián de Quera, puesto que un informe realizado por la Microred de Santa María del Valle reveló que el agua de dicho centro poblado, presenta una turbiedad de 8 y 9 NTU, superando los límites de turbiedad establecidos por el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, haciéndola no apta para el consumo del ser humano (Mallqui & Witting, 2023).

Por tal motivo, se pretende utilizar la semilla de tara y el sulfato de aluminio como coagulante, con el fin de disminuir la turbiedad del agua y optimizar la calidad del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Qué coagulante será más eficiente para el tratamiento de agua destinada al consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera; semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) o Sulfato de Aluminio?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuáles son las características fisicoquímicas del agua destinada al consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, antes y después de la aplicación de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante?

¿Cuáles son las características fisicoquímicas del agua destinada al consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, antes y después de la aplicación del sulfato de aluminio como coagulante?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Determinar la eficiencia de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) y del sulfato de aluminio como coagulante, en el tratamiento del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, Huánuco 2024.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las características fisicoquímicas del agua para consumo humano en el centro poblado San Sebastián de Quera, antes y después de la aplicación de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante.
- Describir las características fisicoquímicas del agua para consumo humano en el centro poblado San Sebastián de Quera, antes y después de la aplicación del sulfato de aluminio como coagulante.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La presente investigación adopta un diseño cuasi experimental para evaluar y cotejar la eficacia de la semilla de tara y el sulfato de aluminio como coagulantes en el tratamiento de agua destinada al consumo humano en el C. P. San Sebastián de Quera. Este estudio permitirá obtener datos específicos sobre la efectividad de ambos coagulantes en términos de reducción de turbidez y otros parámetros, aportando información valiosa para estudios futuros en el campo del tratamiento de agua. Además, al investigar una alternativa natural, se promueve la búsqueda de soluciones sostenibles y accesibles, que podrían beneficiar tanto al centro poblado en estudio y a otras zonas con necesidades similares.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

A través del informe de monitoreo de la calidad del agua, la Micro Red Santa María del Valle, manifiesta que los meses de abril y mayo del 2023 el C. P. de San Sebastián de Quera ha estado consumiendo agua no segura (véase anexo 9 y 10). En dicho informe se señala que el agua destinada al consumo humano presenta niveles de turbidez de 8 y 9 NTU, siendo no segura para el consumo humano. Frente a esta situación, surge la necesidad de estudiar la efectividad de la semilla de tara y del sulfato de aluminio como coagulantes en el tratamiento del agua potable, con el fin de reducir la turbidez. Asimismo, este estudio permitirá analizar las características fisicoquímicas del agua antes y tras la aplicación de los coagulantes mencionados.

Por otro lado, el empleo de la semilla de tara como coagulante natural busca mejorar la calidad del agua de forma sostenible y amigable con el medio ambiente, beneficiando directamente a la población de San Sebastián de Quera.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El presente estudio emplea un diseño cuasi experimental, adecuado para evaluar la efectividad de la semilla de tara y el sulfato de aluminio como coagulantes. La metodología utilizada incluyó prueba de jarras y técnicas de laboratorio, que simulan el proceso de coagulación y floculación del agua en condiciones controladas. El cual permitió obtener datos sobre la eficacia de cada coagulante en la disminución de turbidez, color, TDS y otros parámetros de calidad del agua.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- ✓ Recursos económicos: Incluyen los costos relacionados al desarrollo de la investigación, tales como la adquisición de insumos, materiales, refrigerios, pasajes y análisis de laboratorio.
- ✓ Ubicación del área de estudio: La zona del estudio está situada en el lugar denominado Yanayacu, perteneciente al C.P. San Sebastián de Quera, distrito de Santa María del Valle, aproximadamente a 80 minutos de la ciudad de Huánuco.
- ✓ No disponibilidad de un laboratorio que cuente con equipos de pruebas de jarras.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

- ✓ Viabilidad técnica: La investigación fue técnicamente factible, puesto que se disponía de todos los recursos necesarios para recolectar la información requerida. Asimismo, se contó con la autorización del uso del laboratorio de la empresa Seda Huánuco, lo que permitió disponer de los equipos y materiales para ejecutar el proyecto de investigación.
- ✓ Disponibilidad bibliográfica: Se pudo encontrar bibliografías con información base que guiaran la conducción de la investigación.
- ✓ Recursos humanos: Se contó con el apoyo de un personal especializado para ejecutar las pruebas de jarras y los ensayos de laboratorio.
- ✓ Recursos económicos: El desarrollo de la investigación es económicamente viable, puesto que el estudio fue financiado por el investigador.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Meza et al. (2018) en su investigación titulada “Evaluación del potencial coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de Moringa oleífera en la clarificación del agua de la ciénaga de Malambo, Atlántico”. La misma tuvo por **objetivo**: Evaluar y contrastar el potencial de la semilla de Moringa oleífera como coagulante en comparación con el sulfato de aluminio. **Metodología**: La investigación adoptó un diseño experimental. Se llenaron seis vasos precipitados con un litro del agua en análisis, a los cuales se le agregaron diversas dosis de coagulantes y se sometieron a una mezcla rápida a 120 revoluciones por minuto durante 60 segundos; posteriormente a 30 RPM durante un período de 20 minutos, consecutivamente se dejaron sedimentar los flóculos por un período de 15 minutos. El parámetro evaluado fue la turbidez, cuya medición se efectuó extrayendo una muestra de 20 mililitros de cada recipiente. **Resultados**: El agua cruda analizada mostró una turbiedad de 56.5 UNT, con una temperatura de 24 grados Celsius y un pH de 7.27. Por lo tanto, la dosis de 750 mg/L fue la más efectiva, logrando reducir a 20.6 UNT (Turbidez). **Conclusión**: la semilla de moringa demostró un potencial como coagulante, con la capacidad de reducir la turbidez inicial del agua en un 64%. Lo que le convierte en una opción menos tóxica y viable para reemplazar parcialmente el sulfato de aluminio en el tratamiento del agua de la ciénaga de Malambo.

Sierra et al. (2018) en su investigación titulada “Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena utilizando médula de banano como coagulante” Santander - Colombia. La misma tuvo por **objetivo**: Evaluar la efectividad de la médula de banano como agente coagulante en el proceso de clarificación de aguas del río Magdalena y establecer una comparación con el sulfato de aluminio. **Metodología**: La investigación se llevó a cabo utilizando un diseño de investigación experimental factorial. Para ello, se recolectó una porción de agua cruda del río

Magdalena; asimismo para la preparación del agente coagulante se extrajo la medula del tronco del banano, la cual fue limpiada, enjuagada con agua destilada, cortada en fragmentos pequeños y secada en un horno a 60 °C durante seis horas. Luego, fue triturada y tamizada hasta conseguir un polvo fino. La evaluación de los coagulantes, se realizó mediante la prueba de jarras, para lo cual se utilizó 6 vasos precipitados, cada uno con un litro de agua muestreada, donde se registraron primeramente su pH y turbiedad inicial. Posteriormente a cada una de las muestras se aplicaron diferentes dosis de coagulante, sometiéndolas a una agitación rápida de 120 RPM por 1 minuto, próximamente la velocidad se redujo a 30 RPM por un periodo de 20 minutos, seguidamente se permitió que el agua sedimentara durante 15 minutos.

Resultados: El sulfato de aluminio a una porción de 100 mg/L, fue considerablemente más eficiente que el coagulante natural medula de banano, reduciendo la turbiedad inicial de 210 UNT a 1.19 UNT.

Conclusión: el coagulante natural la médula de banano como coagulante no logró reducir la turbiedad al nivel requerido por la normativa colombiana (2 UNT).

Crespo (2021) en su investigación titulada “Análisis comparativo entre el hidroxiclورو de aluminio y sulfato de aluminio como alternativa coagulante en la planta de tratamiento de agua potable Mahuar cay en la ciudad de Azogues”. La misma tuvo por **objetivo:** Determinar la eficiencia del hidroxiclورو de aluminio como alternativa coagulante en la Planta de Tratamiento Mahuar cay. **Metodología:** Se aplicó un diseño de tipo experimental, utilizando la prueba de jarras para establecer la dosis de los coagulantes y técnicas espectrofotométricas para medir la turbidez, color, pH. **Resultados:** El hidroxiclورو logró remover el 97,70 % de turbidez, mientras que el sulfato de aluminio alcanzo un 90.54%. En cuanto a la reducción de color el hidroxiclورو de aluminio alcanzó un 98.67 %, en tanto que el sulfato de aluminio obtuvo una efectividad del 94.02 %. **Conclusión:** El hidroxiclورو de aluminio demostró ser más eficiente en la disminución de turbiedad y color con una cantidad menor en comparación con el sulfato de aluminio.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Nolasco (2020) en su investigación titulada “Goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) y su efecto en los procesos de coagulación-floculación en el tratamiento de las aguas del río Chumbao, Andahuaylas – Apurímac, 2018”. La misma tuvo por **objetivo:** Evaluar el efecto que tiene la goma de tara en la coagulación y floculación del agua del río Chumbao. **Metodología:** la investigación adoptó una orientación aplicada y empleó un diseño experimental, ya que, se realizó la prueba de jarras en tres etapas: homogenización a 50 RPM durante 10 segundos, agitación rápida a 100 revoluciones por minuto durante 1 minuto y agitación lenta a 30 RPM durante 20 minutos. Se evaluaron factores como turbidez, pH color y conductividad en concentraciones de 100 a 600 mg/L. **Resultados:** La cantidad más efectiva fue 300 mg/L de coagulante, permitiendo aminorar la turbidez de 53 NTU a 11.7 NTU con un porcentaje de remoción promedio de 81%. **Conclusión:** los resultados demuestran que la goma de tara demostró ser eficiente en los procesos de coagulación y floculación, especialmente en la disminución de la turbiedad del agua del río Chumbao, con un porcentaje de efectividad de 81%.

Torres (2019) en su tesis titulada “Comparación de la eficiencia de goma de (*Caesalpinia spinosa*) y Sulfato de Aluminio para mejorar la calidad del agua del Dren 2210”. La misma tuvo por **objetivo:** Evaluar la efectividad de la goma de tara y el sulfato de aluminio en la optimización de la calidad del agua del dren 2210, Lambayeque. **Metodología:** El estudio adoptó un diseño preexperimental de carácter comparativo, que emplea un muestreo no probabilístico con selección de muestra basada en criterio sobre una población infinita de agua del Dren 2210. Se recolectaron 10 litros de agua, y se trasladaron al laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo – Chiclayo. Posteriormente, se realizó la evaluación utilizando 700 mililitros del agua muestreada en tres jarras, aplicando las siguientes cantidades de sulfato de aluminio (10 ml, 20 ml, 30 ml), mientras que la goma de tara fue aplicada en las siguientes porciones (9 g/100 ml, 18 g/100 ml, 27 g/100 ml) para evaluar los efectos

en la turbidez, pH y otras características fisicoquímicas del agua muestreada. **Resultados:** se determinó que la muestra tratada con 30 ml de sulfato de aluminio tuvo mayor eficiencia, reduciendo la turbidez de 130 NTU a un 50 NTU, con un pH de 5.51, y la conductividad eléctrica de 1811 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Asimismo, se observó un descenso en los niveles de DBO y DQO comparado con otras dosis. **Conclusión:** el coagulante más eficiente en optimizar la calidad del agua del Dren 2210, fue el sulfato de aluminio con una dosis de 30 ml, en comparación con la goma de tara.

Ccora y Curusma (2021) en su tesis denominada “Eficiencia de la goma de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coadyuvante de coagulación en el tratamiento de agua potable de la EPS EMAPA Huancavelica”. La misma tuvo por **objetivo:** establecer la dosis óptima de la goma de la semilla de tara para optimizar la calidad del agua potable de la EPS EMAPA Huancavelica. **Metodología:** El estudio adoptó un enfoque aplicativo, de diseño experimental y empleo un muestreo no probabilístico basada en criterio, recolectando las muestras en un solo lugar de la empresa prestadora de servicio. Para el tratamiento se empleó la prueba de jarras; primeramente, se llevó a cabo una agitación rápida de 300 RPM durante 5 segundos para adicionar el coagulante, seguidamente la velocidad se ajustó a 40 RPM durante un intervalo de 20 minutos. Finalmente, se dejó reposar la mezcla de las jarras durante 10 minutos para facilitar la decantación de los flóculos generados. **Resultados:** la dosis óptima de la semilla de tara como coadyuvante de coagulación, para optimizar la calidad del agua fue de 5 g/2 L, alcanzando una remoción de turbidez de 93.3%, reduciéndola de 41.5 NTU a 2.79 NTU, en cuanto al pH se mantuvo estable con un valor de 7.7. **Conclusión:** se determinó que la goma de la semilla de tara es eficiente como coadyuvante de coagulación en la optimización de la calidad del agua de la empresa prestadora de servicios de saneamiento EMAPA Huancavelica.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Duran (2021) en su estudio denominada “Efecto de penca de tuna (*Opuntia ficus indica*) con semilla de moringa (*Moringa oleífera*) como coagulante natural para reducir la turbiedad del agua en el reservorio de la JASS del C.P. Vichaycoto, Huánuco - 2021”. La misma tuvo por **objetivo**: Analizar la eficiencia de la penca de tuna con semilla de moringa como coagulantes naturales para reducir la turbiedad del agua en el reservorio de agua potable del centro poblado mencionado. **Metodología**: El estudio adoptó un enfoque aplicado, utilizando un diseño experimental. Se empleó un muestreo no probabilístico, recolectando muestras antes y después de aplicar los coagulantes. Posteriormente, las muestras fueron procesadas en el laboratorio utilizando la prueba de jarras. **Resultados**: los resultados mostraron que, con 0,5 g/L de penca de tuna se alcanzó un pH de 7,3 y la turbidez se redujo de 22,70 a 1,33 (94,1% de reducción de turbidez). La semilla moringa a 0,5 g/L obtuvo un pH de 7,6, reduciendo la turbidez de 22,70 a 3,53 (84.4% de reducción de turbidez). Al combinar ambos coagulantes, penca de tuna a 0.75 g/L y semilla de moringa a 0.75 g/L; se obtuvo mayor reducción de turbidez, de 22,70 a 0,63, equivalente a un 97,2% de efectividad de reducción de turbidez. **Conclusión**: se determinó que, al usar los dos coagulantes juntos penca de tuna con semilla de moringa, demostraron ser más eficiente reduciendo la turbidez en un 97.2%, a comparación con el uso independiente de cada coagulante.

Vásquez (2019) en su investigación titulada “Diseño de la operación de clarificación utilizando la moringa como coagulante y floculante natural para la disminución de la turbidez del agua”. La misma tuvo por **objetivo**: establecer la dosis adecuada de moringa para su uso como floculante en la clarificación de aguas turbias. **Metodología**: El estudio se clasificó como experimental, con un nivel explicativo y un diseño basado en experimentos verdaderos. Se realizó un muestreo aleatorio y se aplicó pruebas de pre y post test, se utilizó 400 ml de agua cruda, con turbiedad inicial de 360 UNT. Se probaron con varias dosis de moringa oleífera, realizando una mezcla manual de 30 segundos, con

un tiempo de floculación que varió entre 33 y 41 minutos. **Resultados:** Los resultados mostraron que con 3 g/3 L, en una dosis de 15 ml del coagulante, en un tiempo de floculación de 30 minutos a una velocidad de 30 segundos, se obtuvo una disminución de turbidez de 360 UNT a 0 UNT, mientras que el pH se mantuvo prácticamente estable (de 8.5 a 8.4). **Conclusión:** se estableció que la dosis ideal de Moringa como floculante para purificar aguas turbias es de 15 ml, lo que confirma la efectividad de este coagulante natural en disminuir la turbidez.

Cerna (2020) en su investigación denominado “Optimización de las dosis de alúmina en distintos valores de pH y turbidez iniciales para la disminución de turbiedad en el agua de consumo humano de la UNAS”. La misma tuvo por **objetivo:** optimizar las dosis de alúmina en variados niveles de pH y turbidez inicial para maximizar la eficacia en la eliminación de turbidez en aguas de baja turbiedad. **Metodología:** la investigación fue de tipo aplicativo y con diseño experimental. Se realizaron tres tratamientos con tres repeticiones cada uno, utilizando la prueba de jarras. Se aplicaron mezclas a 150 revoluciones por minuto durante 60 segundos para la coagulación, y a 50 revoluciones por minuto durante 120 segundos para la formación de flóculos, dejando luego la muestra en reposo por 30 minutos para la sedimentación. **Resultados:** utilizando 58.45 ppm de alúmina dio un 98.16 % de eficacia con una turbiedad inicial de 45.65 UNT y un pH que fue de 8 a 6.28, el siguiente fue utilizando 81.72 ppm de Alúmina dio un 96.94 % de eficacia con una turbiedad inicial de 205.98 UNT en un litro de agua con pH que fue de 9 a 6.22. **Conclusión:** Se estableció que la dosis adecuada de alúmina sugerida en esta investigación logra una eficacia de remoción de turbidez del 98.16% con un periodo de sedimentación de 30 minutos.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. AGUA

Maceira & Gonzales (2020) sostienen que el agua es fundamental para el desarrollo de la vida en la tierra, ya que es clave para la subsistencia de los organismos vivos, el equilibrio de los ecosistemas y el avance de las acciones humanas. Del total del agua en la tierra, el 97% está presente en los océanos y es salina, mientras que solo el 3% es agua dulce, apto para la vida humana y los ecosistemas terrestres. De este pequeño porcentaje de agua dulce, aproximadamente un 68.7% se localiza en glaciares y casquetes polares, y únicamente el 0.3% está disponible en ríos, lagos y la atmosfera, lo que evidencia lo limitado y valioso que es este recurso.

2.2.1.1. CALIDAD DEL AGUA

Según la OMS, la calidad del agua hace referencia a sus propiedades físicas, químicas y biológicas en las que se encuentra, tanto en su estado natural o tras haber sido intervenido por el hombre. Este concepto está relacionado principalmente con el uso del agua para consumo humano, considerando que el agua es de buena calidad cuando es segura para su uso sin causar efectos perjudiciales (Baeza, 2016).

2.2.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA

Según CEPIS (2004), las características físicas del agua son las que se pueden percibir con los sentidos (como la vista, el olfato y el gusto) y afectan directamente en su apariencia y aceptabilidad. Las principales características físicas incluyen:

- a. Turbidez del agua:** La turbidez es provocada por partículas suspendidas o coloides, como arcillas, limo y partículas de tierra muy finas. Estas partículas permanecen en suspensión debido a su tamaño, reduciendo la transparencia del agua.
- b. Sólidos y residuos:** Los sólidos y residuos son los materiales que quedan como residuo después de la evaporación y secado en una muestra de agua a una temperatura específica. Estos sólidos se clasifican en sólidos suspendidos y disueltos:

- **Sólidos disueltos.** También llamados sólidos filtrables, son aquellos que permanecen tras evaporar una muestra de agua que ha sido previamente filtrado. Incluyen sólidos en solución verdadera y sólidos coloidales, cuyas partículas, al tener un tamaño inferior a un micrómetro, no son retenidas durante el proceso de filtración.
 - **Sólidos en suspensión.** Son aquellos sólidos que permanecen en el agua residual, excluyendo los solubles y los sólidos en estado coloidal fino. Las partículas mayores a un micrómetro se clasifican como sólidos en suspensión, los cuales son retenidos a través de una filtración.
 - **Sólidos totales.** Son los residuos que quedan tras el proceso de secado de una muestra de agua. Representan la sumatoria de los residuos disueltos y suspendidos.
- c. **Color:** El color del agua generalmente está asociado a la turbidez o manifestarse de manera separada. Aún no se ha identificado con precisión las estructuras químicas de las especies causantes del color, generalmente esta propiedad se asocia con la existencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, entre otros.
- d. **Olor y sabor:** El olor y sabor del agua están intrínsecamente vinculados, por ello es habitual mencionar que el agua sabe a lo que huele. Los compuestos que generan los olores y sabores en las aguas crudas pueden ser sustancias orgánicas producidas por la actividad microbiana y algas, o pueden originarse por vertimientos industriales.
- e. **Temperatura:** Es una de las propiedades físicas más relevantes del agua, ya que generalmente incide en la aceleración o el retraso de los procesos biológicos, la acumulación de oxígeno, la formación de precipitados, la

acumulación de sedimentos, la desinfección, así como en los procedimientos de mezcla, formación de flóculos y filtración.

- f. **pH:** El pH incide en diversos procesos que acontecen en el agua, tales como la corrosión y la acumulación de sedimentos en las tuberías de abastecimiento. Aunque no afecta directamente a la salud, sí influye en las etapas de la purificación del agua, como la coagulación y la desinfección.

2.2.2. AGUA POTABLE

El agua potable se describe como aquella que es adecuada para el consumo humano, lo que significa que se puede consumir, utilizar directamente sin poner en riesgo la salud humana. Asimismo, el agua potable debe estar exento de bacterias y microorganismos patógenos (virus), así como de partículas suspendidas y compuestos orgánicos o radioactivas (Etecé, 2021).

2.2.3. TRATAMIENTO DEL AGUA

Es un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos cuyo propósito es eliminar o reducir un agente contaminante o características indeseables del agua, ya sea proveniente de fuentes naturales o del propio proceso de suministro del agua (Pujol, 2022).

Según Chulluncuy (2011) el tratamiento de agua se desarrolla en los siguientes procedimientos: cribado, coagulación-floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

✓ **Cribado:** Es la remoción de sólidos de mayor tamaño presentes en el agua, utilizando rejillas que retienen dichos materiales.

✓ **Coagulación y floculación:** La coagulación se basa en la adición de un agente coagulante para desestabilizar las partículas coloidales, neutralizando las fuerzas que las mantiene separados. Por otro lado, la floculación es el proceso en el que las partículas desestabilizadas se agrupan al chocar entre sí, generando flóculos más grandes que posteriormente se sedimentan.

✓ **Sedimentación:** Es un proceso físico a través del cual las partículas suspendidas en el agua se separan del líquido bajo la

influencia de la gravedad. Para que esto ocurra, las partículas deben tener una densidad mayor a la del agua.

✓ **Filtración:** Es un mecanismo que permite la separación de partículas y algunos microorganismos, como bacterias y virus, mediante un material poroso. El tamaño de las partículas capturadas en el medio filtrante oscila desde flóculos de 1 milímetro hasta coloides, bacterias y virus menores a 0.001 milímetro.

✓ **Desinfección:** Es la etapa final en el tratamiento del agua, enfocada en la eliminación selectiva de microorganismos patógenos. Sin embargo, este proceso no garantiza la eliminación completa de todos los organismos perjudiciales para la salud, por lo que son necesarios tratamientos previos como la coagulación, sedimentación y filtración, para asegurar su remoción adecuada.

2.2.4. COAGULACIÓN

Según Andía (2000) es un proceso químico que desestabiliza las partículas coloidales, lo cual se logra neutralizando las fuerzas que las mantienen alejadas, mediante la adición de coagulantes químicos y la aplicación de energía para mezclar. Los coagulantes más empleados comprenden el sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico y sulfato ferroso, destacando las sales de aluminio y hierro.

2.2.4.1 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA COAGULACIÓN

Según Andía (2000) los factores que intervienen en el proceso de coagulación son:

- ✓ **pH:** El pH es el factor más relevante a considerar en la etapa de coagulación, ya que cada tipo de agua tiene un nivel de pH específico en el que este proceso se desarrolla de forma eficiente y rápida.
- ✓ **Sales disueltas:** Las sales presentes en el agua influyen en los procesos de coagulación y floculación, ocasionando efectos como:
 - Alteración del rango de pH adecuado.

- Cambio del tiempo necesario para que ocurra la floculación.
 - Variación en la cantidad de coagulantes necesarios.
 - Variación en la cantidad remanente del coagulante en el efluente.
- ✓ **Temperatura:** Un cambio de 1 °C en el agua provoca la formación de corrientes de densidad variable que afectan la energía cinética de las partículas suspendidas, lo que ralentiza el proceso de coagulación.
- ✓ **Cantidad de Coagulante:** La dosis del coagulante empleada tiene un impacto directo en la efectividad de la coagulación, tal como se describe a continuación:
- Poca cantidad del coagulante, no logra desestabilizar completamente las cargas de las partículas, lo que produce una formación limitada de microflóculos y una turbidez residual alta.
 - Alta cantidad de coagulante provoca la inversión de la carga de las partículas, generando muchos microflóculos pequeños con baja velocidad de sedimentación, lo que da lugar a una alta turbidez residual.

2.2.4.2. TIPOS DE COAGULACIÓN

Según Andía (2000), la coagulación se clasifica en dos tipos fundamentales:

- ✓ **Coagulación por adsorción:** Se produce en presencia de una alta concentración de partículas en estado coloidal en el agua. Al añadir el coagulante los compuestos solubles de los coagulantes se adhieren a los coloides, lo que da lugar a la formación casi inmediata de los flóculos.
- ✓ **Coagulación por barrido:** Se produce cuando el agua tiene baja turbidez y pocas partículas coloidales. En estas condiciones las partículas son atrapadas al generarse una sobresaturación de precipitado de los coagulantes.

2.2.5. COAGULANTES NATURALES

Son de origen orgánico por lo que se encuentra en diversas plantas. Entre los coagulantes naturales más destacados son el polvo de semillas de Moringa, arcillas tipo bentonita, polvo de semillas de durazno, penca de tuna, entre otros (Okuda et al., 2001) citado por (Galvis, Cynthia, & Yesid, 2011).

2.2.6. FLOCULACIÓN

La floculación, etapa posterior a la coagulación. Implica agitar la mezcla coagulada con el fin de facilitar el crecimiento y aglutinación de los flóculos, incrementando su tamaño y peso para lograr una sedimentación eficiente (Andía, 2000).

2.2.6.1. TIPOS DE FLOCULACIÓN

De acuerdo con Andía (2000), hay dos tipos de floculación:

- ✓ **Floculación pericinética:** Ocurre como resultado del movimiento natural de las moléculas del agua, impulsado por la energía térmica, el cual es denominado como movimiento browniano.
- ✓ **Floculación ortocinética:** Ocurre cuando las partículas colisionan como resultado del movimiento del agua impulsado por una fuente externa de energía, ya sea mecánica o hidráulica.

2.2.7. ENSAYOS DE PRUEBA DE JARRAS

Consiste en un proceso que simula los mecanismos de coagulación y floculación en condiciones de laboratorio, facilitando la obtención de agua de calidad optima que se puede separar con facilidad por la decantación. Los flóculos generados con distintas cantidades de coagulante producen diferentes niveles de turbidez. Asimismo, la prueba de jarras facilita la elección del coagulante adecuado, el pH óptimo, los gradientes y tiempo de agitación inicial y floculación, así como la relación entre las velocidades de sedimentación y la efectividad en la remoción (Andía, 2000).

2.2.8. SULFATO DE ALUMINIO ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

Es una sal sólida de color blanco que se emplea como coagulante y floculante en el tratamiento de agua potable y aguas residuales. Cuya función es aglomerar los sólidos que se encuentran presentes en el agua en suspensión, lo que facilita la sedimentación y reducción de la carga bacteriana, así como la eliminación del color y sabor (ISUSA, 2016).

2.2.9. TARA (*Caesalpinia spinosa*)

Es una especie arbórea que forma parte de la familia de las leguminosas, originaria de la región andina. En Perú, se desarrolla en bosques y matorrales de áreas áridas y semiáridas, extendiéndose a lo largo de la costa y sierra. Sus usos más comunes es el aprovechamiento de sus vainas secas para la obtención de taninos empleados en la curtiduría, y de sus semillas para extraer la goma de tara, que se utiliza como aditivo de alimentos. Asimismo, cabe mencionar que esta planta cuenta con un gran potencial médico, alimentario e industrial, siendo útil para la obtención de hidrocoloides, ácido gálico, entre otros (Amazon Andes, 2020).

2.2.9.1. SEMILLA DE TARA

Las semillas se encuentran dentro de las vainas de 8 a 10 cm de longitud, con un promedio de cuatro a siete semillas por vaina. La semilla está compuesta por un 38% de cáscara, un 22% de endospermo y un 40% de germen. La semilla es dicotiledónea, ya que posee dos endospermos que cubren al embrión, los cuales están protegidos por una envoltura de tono pardo negruzco (Basurto, 2001).

Figura 1

Semilla de la tara



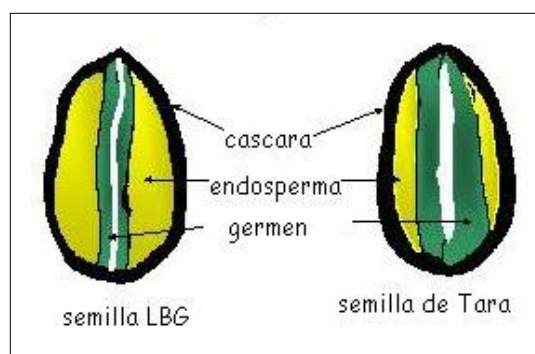
Nota. Semilla de Tara, tomada de (Herba Zest, 2021).

2.2.9.2. GOMA DE TARA

La goma de tara es un polisacárido hidrosoluble que generalmente se utiliza en industrias alimentarias, en productos como helados, jugos, salsas, entre otros. Asimismo, la goma de tara también se utiliza en el tratamiento de agua potable, en conjunto con otros coagulantes como sulfato de aluminio, sulfato de hierro y cal (óxido de calcio); ya que facilita la agrupación de flóculos formados por el coagulante inicial (Basurto, 2001).

Figura 2

Estructura de la semilla de tara



Nota. Estructura de la semilla de tara, tomada de (Basurto, 2001).

✓ **Taxonomía:** Según Ecológico (2009), la semilla de tara pertenece a las siguientes categorías taxonómicas:

- Reino: Plantae
- Filo o categoría: Magnoliophyta
- Orden: Fabales
- Familia: Caesalpinaceae
- Género: Caesalpinia.
- Especie: Spinosa.

2.2.10. CENTRO POBLADO DE SAN SEBASTIÁN DE QUERA

Se encuentra ubicado en el distrito de Santa María del Valle, provincia y región Huánuco, al oeste del distrito mencionado. Su territorio abarca los pisos ecológicos de la región Yunga fluvial, quechua y suni. Está situada a una altitud de 2150 m.s.n.m, y presenta un clima templado-frío (Coral & Dalila, 2021).

2.2.11. NORMATIVA PERUANA QUE REGULA LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO:

El D.S. N.º 031-2010-SA aprueba el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, estableciendo disposiciones que garantizan la seguridad y calidad del agua destinada al consumo.

En su artículo 8, se identifican las entidades responsables de la gestión de la calidad del agua para consumo humano en el Perú, asignando roles y competencias a entidades como el MINSA, el MVCS, la SUNASS, los gobiernos regionales, provinciales y distritales, los proveedores de agua para consumo humano y las organizaciones comunales que representan a los consumidores. Asimismo, el artículo 59 define como agua apta para consumo humano aquella que no presenta riesgos para la salud y cumple con los estándares de calidad estipulados en el reglamento.

Tabla 1

Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica y parámetros orgánicos

Límites máximos permisibles (LMP) de parámetros de calidad organoléptica		
Parámetro	Unidad de medida	LMP
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6.5 - 8.5
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000
Aluminio	mg Al/ L	0.2
Límites máximos permisibles de parámetros orgánicos		
Parámetro	Unidad de medida	LMP
Trihalometanos totales	mg/L	1

Nota. La Tabla 1 presenta los valores máximos de los parámetros que serán estudiados en la presente investigación, según lo establecido en el D.S. N.º 031-2010-SA.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- a. **Agua tratada:** Conforme al D.S. N.º 031-2010-SA, es aquella que ha sido sometida a tratamientos químicos, físicos y/o biológicos para hacerla apta y segura para el consumo humano.
- b. **Agua de consumo humano:** Según el D.S. N.º 031-2010-SA, el agua apta para consumo humano es aquella que cumple con los estándares necesarios para ser utilizada en el consumo y en todas las actividades domésticas habituales, incluida la higiene personal.
- c. **Coagulación:** Según Andía (2000) es un proceso químico que desestabiliza las partículas y coloides, lo cual se logra al neutralizar las fuerzas que las mantienen dispersas, usando coagulantes químicos y aplicando energía para llevar a cabo la mezcla.
- d. **Floculación:** Consiste en agitar la masa coagulada para promover el crecimiento y aglutinación de los flóculos recién formados, aumentando su tamaño y peso, lo que facilita su sedimentación (Andía, 2000).
- e. **Índice de Willcomb:** El índice de Willcomb indica, en segundos, el tiempo requerido para la formación del primer flóculo en cada jarra. Este indicador se emplea para establecer la dosis óptima de coagulante, seleccionando la jarra que genere los flóculos de mayor tamaño, con mayor rapidez de sedimentación (CEPIS, 2004).
- f. **Sedimentación:** Es un proceso físico en el que las partículas suspendidas se depositan en el fondo, como resultado de la acción gravitacional. Para que se lleve a cabo estos procesos, las partículas deben tener una densidad mayor que el agua (CEPIS, 2004).
- g. **Coagulantes:** Son sustancias naturales o artificiales, que al ser dosificadas de manera adecuada al agua con partículas en suspensión (turbidez), facilitan la atracción entre dichas partículas, favoreciendo la formación de flóculos que posteriormente serán eliminados en el proceso de sedimentación (García, Arnal, & Sancho, 2017).
- h. **Coagulantes naturales:** Son de origen orgánico por lo que se encuentra en diversas plantas. Entre los coagulantes naturales más destacados son el polvo de semillas de moringa, arcillas tipo

bentonita, polvo de semillas de durazno, penca de tuna, entre otros (Okuda et al., 2001) citado por (Galvis, Cynthia, & Yesid, 2011).

- i. **Turbidez:** Se relaciona con la existencia de partículas suspendidas o coloides, tales como arcillas, limo y finos fragmentos de tierra, que debido a su tamaño permanecen suspendidas en el agua, lo que disminuye su transparencia (CEPIS, 2004).
- j. **Ensayos de Pruebas de Jarra:** Consiste en un proceso que simula los mecanismos de coagulación y floculación en condiciones de laboratorio, facilitando la obtención de agua de calidad optima que se puede separar con facilidad por la decantación (Andía, 2000).
- k. **Muestra simple o puntual:** De acuerdo con la R.J. N.º 010-2016-ANA (2016), se refiere a la recolección de una muestra de agua en un punto o lugar específico para ser analiza de manera individual.
- l. **Límites máximos permisibles (LMP):** Son los valores máximos establecidos para las concentraciones o niveles de elementos, sustancias o parámetros biológicos, químicos y físicos de un efluente o emisión, que al ser excedido podría generar efectos perjudiciales para la salud, el bienestar humano o el medio ambiente (OEFA, 2015).
- m. **Partículas coloidales:** Son partículas presentes con un diámetro que varía entre 1 y 1000 milimicrómetros, generalmente incluyen arcillas, microorganismos, materia orgánica, entre otros. Son las principales responsables de la turbiedad del agua (CEPIS, 2004).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hi: El sulfato de aluminio es más eficiente que la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante, en el tratamiento del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, Huánuco 2024.

Ho: El sulfato de aluminio no es más eficiente que la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante, en el tratamiento del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, Huánuco 2024.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HE1: Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, mejoran después de la aplicación de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante.

HE01: Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, no mejoran después de la aplicación de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante.

HE2: Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, mejoran después de la aplicación del sulfato de aluminio como coagulante.

HE02: Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, no mejoran después de la aplicación del sulfato de aluminio como coagulante.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Semilla de tara y sulfato de aluminio.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Tratamiento de agua para consumo humano.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2

Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	U.M	Instrumentos
Variable Independiente: Semilla de tara y sulfato de aluminio	Semillas de tara como coagulante natural: La semilla de tara es empleado para el tratamiento de agua potable, en conjunto con otros coagulantes sulfato de aluminio, sulfato de hierro y cal (óxido de calcio); puesto que ayuda la agrupación de flóculos formados por el coagulante inicialmente (Basurto, 2001). Sulfato de aluminio: Es una sal sólida de color blanco que se emplea como agente coagulante y floculante en el tratamiento de agua potable y aguas residuales. Cuya función es aglomerar los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, lo que facilita la sedimentación y reducción de la carga bacteriana, así como la eliminación del color y sabor (ISUSA, 2016).	Los coagulantes que se utilizarán en el tratamiento del agua para consumo humano del C.P de San Sebastián de Quera, son la semilla de tara y sulfato de aluminio ambos de origen comercial. Asimismo, el proceso de coagulación se realizará utilizando la prueba de jarras.	Semilla de tara y sulfato de aluminio	Concentración de solución de trabajo	%	Cálculo de masa/volumen y ensayo de laboratorio
				Dosis óptima	mg/L	Prueba de jarras
				Porcentaje de remoción	%	Fórmula de eficiencia de remoción: $\% \text{ Remoción} = \left(\frac{VI - VF}{VI} \right) * 100$

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	U.M	Instrumentos
Variable Dependiente: Tratamiento de agua para consumo humano	• Tratamiento de agua para consumo humano: Consiste en un conjunto de operaciones físico, químicas y biológicas cuya finalidad es la eliminación o reducción de contaminación o características no deseables de las aguas, tanto de procedencia de la naturaleza como del propio proceso de abastecimiento. (Pujol, 2022). • Agua tratada: Es aquella agua que ha sido procesada mediante tratamientos químicos, físicos y/o biológicos para transformarla en un producto apto y seguro para el consumo humano. (D.S. 031-2010 -SA, 2010).	Se realizará el tratamiento de agua para consumo humano del C.P. de San Sebastián de Quera, mediante la aplicación de coagulantes (semilla de tara y sulfato de aluminio) por lo que se evaluará su calidad del agua antes y después de la aplicación de los coagulantes.	Parámetros fisicoquímicos	Turbiedad	UNT	Turbidímetro
				Color	UCV escala Pt/Co	Colorímetro multiparamétrico
				pH	Valor de pH	Potenciómetro
				Sólidos Disueltos Totales	mg/L	Conductímetro
				Aluminio Residual	mg/L	Análisis de laboratorio
				Tanino residual	%	

Nota. La tabla 2 detalla la operacionalización de las variables del proyecto de investigación, presentando los indicadores correspondientes a cada una de las variables de estudio.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se distingue por su carácter aplicativo, puesto que buscó brindar solución a la problemática de la calidad del agua del centro poblado San Sebastián de Quera, a través de conocimientos teóricos y metodológicos (Hernandez Sampieri & Mendoza, 2018).

3.1.1. ENFOQUE

La investigación es de enfoque cuantitativo, puesto que se recolectaron y analizaron datos en dos tiempos (pre test y post test) para validar las hipótesis planteadas en la investigación (Ñaupas, 2018).

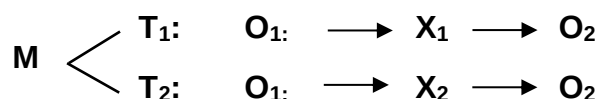
3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La investigación tiene un nivel explicativo, ya que buscó establecer las causas que influyeron en el tratamiento del agua para consumo humano en el centro poblado San Sebastián de Quera, empleando la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) y el sulfato de aluminio como coagulantes (Hernandez Sampieri & Mendoza, 2018).

3.1.3. DISEÑO

De acuerdo a Supo & Zacarías (2020), el diseño empleado en la presente investigación fue de tipo experimental – cuasi experimental, caracterizado por el control interno (mediciones pre y post) y la manipulación de variables independientes para evaluar su efecto sobre la variable dependiente.

Diseño de la investigación.



Donde:

M: Muestra de agua.

T₁: Tratamiento con semilla de tara.

T₂: Tratamiento con sulfato de aluminio.

O₁: Observación inicial (Pre test).

O₂: Observación final (Post test).

X₁: Aplicación del coagulante de semilla de tara.

X₂: Aplicación del coagulante sulfato de aluminio.

Tabla 3

Diseño de la investigación según la concentración y dosis

Concentración (%)	Dosis Aplicada (mg/L)	Tratamiento	Resultados
C1: 0.5 %	7.5	Tratamiento con semilla de tara (T1) y sulfato de aluminio (T2).	Resultados post intervención con semilla de tara y sulfato de aluminio
	10		
	12.5		
	15		
	17.5		
	20		
C2: 0.8 %	12	Tratamiento con semilla de tara (T1) y sulfato de aluminio (T2).	Resultados post intervención con semilla de tara y sulfato de aluminio
	16		
	20		
	24		
	28		
	32		
C3: 1%	15	Tratamiento con semilla de tara (T1) y sulfato de aluminio (T2).	Resultados Post intervención con semilla de tara y sulfato de aluminio
	20		
	25		
	30		
	35		
	40		

Nota. Cada tratamiento (T1 y T2) cuenta con tres concentraciones de solución de trabajo, y cada concentración cuenta con seis dosis aplicadas respectivamente, siendo ello sus repeticiones.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio es la cantidad de agua captada por el sistema de agua potable del centro poblado de San Sebastián de Quera, ubicado en el distrito de Santa María del Valle.

3.2.2. MUESTRA

El muestreo utilizado en esta investigación es no probabilístico o muestra dirigida, ya que la selección de las unidades no se realiza de manera aleatoria, sino que está basada en razones relacionadas con las características y el contexto del estudio (Hernandez Sampieri & Mendoza, 2018).

El cálculo del tamaño de la muestra se efectuó en base al volumen de agua necesario para la prueba de jarras, considerando que cada equipo de ensayo dispone de seis recipientes de 2 litros. En consecuencia, se estableció un volumen de 15 litros de muestra por cada estudio. Las muestras serán analizadas antes y después de la aplicación de los coagulantes.

Tabla 4

Número de muestras

Tratamiento	Número de muestras	Concentración	Volumen de muestras	Total de muestras
T1 Semilla de tara	M1	C1: 0.5%	15 L	6
	M2	C2: 0.8%	15 L	
	M3	C3: 1%	15 L	
T2 Sulfato de aluminio	M1	C1: 0.5%	15 L	
	M2	C2: 0.8%	15 L	
	M3	C3: 1%	15 L	

Nota. En la tabla 4 se detalla la cantidad de muestras de agua necesarias para el desarrollo de la investigación.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos, se aplicó la técnica de observación experimental, la cual se basa en examinar detalladamente cómo la manipulación de la variable independiente influye en la variable dependiente (Ñaupas, 2018). Por lo tanto, se observó el efecto que produce la aplicación de los coagulantes (semilla de tara y el sulfato de aluminio) en el tratamiento de agua para consumo humano.

3.3.2. FASE METODOLÓGICA

3.3.2.1. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO:

El punto de muestreo seleccionado fue la captación del sistema de agua potable del centro poblado de San Sebastián de Quera ubicado en lugar denominado Yanayacu y tiene las siguientes coordenadas de ubicación:

Tabla 5

Coordenadas de ubicación del lugar de muestreo

Coordenadas UTM- WGS 84 – Zona 18 L	
Este	355017
Norte	8909728
Altitud	2283 m.s.n.m

3.3.2.2. PROTOCOLO PARA LA EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

El presente protocolo establece los procedimientos y actividades a realizar en todas las etapas del proceso experimental, desde la recolección de las muestras de agua cruda, cálculo de las concentraciones, preparación de las soluciones de los coagulantes, pruebas de ensayo con equipo de jarras, medición de los parámetros fisicoquímicos y evaluación de la eficiencia de los coagulantes.

a. Materiales, insumos y equipos utilizados:

a.1 Materiales:

- ✓ Envase de 15 litros

- ✓ Espátula con extremos planos redondeados de 7 pulgadas de longitud
- ✓ Luna de reloj
- ✓ Piseta
- ✓ Vaso precipitado o Vaso Beaker de 100 ml
- ✓ Fiola de 100 ml
- ✓ Pipeta de 10 ml
- ✓ Aspirador para pipeta
- ✓ Jeringas de 10 ml y 20 ml
- ✓ Ficha de registro

a.2 Reactivos o insumos

- ✓ Sulfato de aluminio tipo A - concentración 17%
- ✓ Semilla de tara (goma extraída de la semilla de tara)
- ✓ Agua destilada

a.3 Equipos

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Agitador magnético
- ✓ Equipo de prueba de jarras
- ✓ Turbidímetro
- ✓ Multiparámetro-Colorímetro
- ✓ Potenciómetro digital
- ✓ Conductímetro

b. Recolección de muestras: Las muestras se recolectaron en la captación del sistema de abastecimiento de agua potable del C.P. San Sebastián de Quera. Este procedimiento se realizó siguiendo las disposiciones del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos, establecido mediante la R.J. N° 010-2016-ANA.

c. Obtención de los coagulantes: Los coagulantes semilla de tara y sulfato de aluminio fueron adquiridos de fuentes comerciales.

c.1. Semilla de tara: El coagulante de semilla de tara fue adquirido de la empresa Alnicolsa, especializada en

productos agroindustriales, en su presentación de goma de tara. Este producto se obtiene a través de un proceso térmico-mecánico que utiliza una molienda diferencial para separar el endospermo de la cáscara y el germen. El endospermo, que contiene un 80% de galactomanano, se muele hasta obtener partículas finas de 75 a 150 micrones, resultando en un polvo de goma de tara de color blanco amarillento (Basurto, 2001).

c.2. Sulfato de aluminio: El sulfato de aluminio utilizado como coagulante fue de tipo A, adquirido en una tienda local en su presentación granulada, con una concentración mínima del 17% de aluminio total soluble.

d. Cálculo y preparación de la concentración patrón de los coagulantes: En los ensayos experimentales, se utilizaron soluciones patrón con concentraciones del 1% de semilla de tara y 10% de sulfato de aluminio. La razón por la cual se trabajó con una concentración del 1% de la solución patrón de semilla de tara (goma de tara en polvo) es que solo se puede diluir hasta esa concentración. Al superar el 1%, la mezcla se espesa o se forman grumos, lo que impide continuar con la dilución. En cuanto al sulfato de aluminio se optó por una solución patrón al 10%, siguiendo la recomendación de CEPIS (2004), ya que a esta concentración se logra una buena solubilidad. A concentraciones mayores, el material puede no disolverse completamente y formar precipitados. Asimismo, la concentración patrón de las soluciones de los coagulantes empleados en las pruebas se calculó utilizando la fórmula de porcentaje masa/volumen:

$$\% \frac{m}{v} = \frac{\text{Masa de soluto (gr)}}{\text{Volumen de solución (ml)}} \times 100 \%$$

d.1 Cálculo y preparación de la solución patrón del coagulante semilla de tara: Para obtener la solución patrón al 1%, se realizó la dilución de 1 gramo del coagulante semilla de tara en un Vaso Beaker de 100 mililitros, usando agua destilada como diluyente.

La concentración de la solución patrón se calculó utilizando la siguiente fórmula de porcentaje masa/volumen:

$$\% \frac{m}{v} = \frac{1 \text{ gr}}{100 \text{ ml}} \times 100 = 1\%$$

d.2 Cálculo y preparación de la solución patrón del coagulante sulfato de aluminio: Para obtener la solución patrón al 10%, se realizó la dilución de 10 gramos de sulfato de aluminio en un Vaso Beaker de 100 mililitros, usando agua destilada como diluyente.

La concentración de la solución patrón se calculó utilizando la siguiente fórmula de porcentaje masa/volumen:

$$\% \frac{m}{v} = \frac{10 \text{ gr}}{100 \text{ ml}} \times 100 = 10\%$$

e. Cálculo de concentración de la solución de trabajo de los coagulantes: La concentración de la solución de trabajo de los coagulantes se preparó en tres concentraciones: 0.5%, 0.8% y 1%. Estas soluciones de trabajo se derivaron de una solución patrón de coagulante previamente calculada en el inciso anterior (1% para la semilla de tara y 10% para el sulfato de aluminio). Las concentraciones de las soluciones de trabajo se determinaron empleando la fórmula de balance de masas.

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

- Donde:
- **C1:** Dosis del coagulante (mg/L o %)
- **V1:** Volumen de dilución (ml)
- **C2:** Concentración de la solución por aplicar (mg/L o %)

- **V2:** Volumen de solución por aplicar (ml)

e.1. Cálculo de concentración de la solución de trabajo

del coagulante de semilla de tara: Para el coagulante de semilla de tara, se trabajó con tres concentraciones de solución de trabajo: 0.5%, 0.8% y 1%, las cuales fueron calculadas de la siguiente manera:

✓ **Para la solución de trabajo al 0.5%**

- Donde:

- **C1:** 0.5% (Concentración deseada)

- **V1:** 100 ml (Volumen de dilución)

- **C2:** 1% (Solución patrón)

- **V2:** Volumen de solución por aplicar

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$0.5\% * 100 \text{ ml} = 1\% * V2$$

$$V2 = 50 \text{ ml}$$

- Para preparar la solución de trabajo al 0.5%, se diluyeron 50 ml de la solución patrón del coagulante de semilla de tara en un vaso beaker de 100 ml, empleando agua destilada como diluyente.

✓ **Para la solución de trabajo al 0.8%**

- Donde:

- **C1:** 0.8 %

- **V1:** 100 ml

- **C2:** 1%

- **V2:** Volumen de solución por aplicar

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$0.8\% * 100 \text{ ml} = 1\% * V2$$

$$V2 = 80 \text{ ml}$$

- Para preparar la solución de trabajo al 0.8%, se diluyeron 80 ml de la solución patrón del coagulante de semilla de tara en un vaso beaker de 100 ml, empleando agua destilada como diluyente.

✓ **Para la solución de trabajo al 1%**

- Donde:

- **C1:** 1 %
- **V1:** 100 ml
- **C2:** 1%
- **V2:** Volumen de solución por aplicar

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$1\% * 100 \text{ ml} = 1\% * V2$$

$$V2 = 100\text{ml}$$

- La solución de trabajo al 1% se preparó utilizando directamente 100 ml de la solución patrón del coagulante de semilla de tara, que ya se encuentra a esa concentración.

e.2. Cálculo de concentración de la solución de trabajo del coagulante sulfato de aluminio: Para el coagulante sulfato de aluminio, se utilizó tres concentraciones de solución de trabajo: 0.5%, 0.8% y 1%, las cuales fueron calculadas de la siguiente manera:

✓ **Para la solución de trabajo al 0.5%**

- Donde:
- **C1:** 0.5 % (Concentración deseada)
- **V1:** 100 ml (volumen de dilución)
- **C2:** 10% (solución patrón)
- **V2:** Volumen de solución por aplicar

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$0.5\% * 100 \text{ ml} = 10\% * V2$$

$$V2 = 5\text{ml}$$

- Para preparar la solución de trabajo al 0.5%, se diluyeron 5 ml de la solución patrón del coagulante de sulfato de aluminio en un vaso beaker de 100 ml, empleando agua destilada como diluyente.

✓ **Para la solución de trabajo al 0.8%**

- Donde:
- **C1:** 0.8 %
- **V1:** 100 ml

- **C2:** 10%

- **V2:** Volumen de solución por aplicar

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$0.8\% * 100 \text{ ml} = 10\% * V2$$

$$V2 = 8 \text{ ml}$$

- Para preparar la solución de trabajo al 0.8%, se diluyeron 8 ml de la solución patrón del coagulante de sulfato de aluminio en un vaso beaker de 100 ml, empleando agua destilada como diluyente.

✓ **Para la solución de trabajo al 1%**

- Donde:

- **C1:** 1 %

- **V1:** 100 ml

- **C2:** 10%

- **V2:** Volumen de solución por aplicar

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$1\% * 100 \text{ ml} = 10\% * V2$$

$$V2 = 10 \text{ ml}$$

- Para preparar la solución de trabajo al 1%, se diluyeron 10 ml de la solución patrón del sulfato de aluminio en un vaso beaker de 100 ml, empleando agua destilada como diluyente.

f. Extracción o preparación de alícuotas de los

coagulantes: Se realizaron la extracción de alícuotas de 3 ml, 4 ml, 5 ml, 6 ml, 7 ml y 8 ml, esto de manera independiente por cada coagulante (6 alícuotas para semilla de tara y 6 alícuotas para sulfato de aluminio) las alícuotas fueron extraídas con jeringas respectivamente según el volumen mencionado.

g. Procedimiento experimental con prueba de jarras: La

prueba de jarras se efectuó de manera independiente para cada concentración (0.5%, 0.8% y 1%) de los coagulantes semilla de tara y sulfato de aluminio.

g.1.Preparación de las jarras: Se llenaron 6 jarras con el agua muestreada y se insertaron paletas de agitación en cada una de ellas, centrando y ajustando cada paleta de forma cuidadosa para asegurar un tratamiento uniforme en cada prueba. Posterior a ello se encendió el equipo y se programó una velocidad máxima por 10 segundos, a fin de generar turbulencia en la muestra.

g.2.Aplicación de dosis de coagulante: Se utilizaron seis jarras, a las que se les aplicaron alícuotas de las soluciones de trabajo del coagulante, con volúmenes de 3 ml, 4 ml, 5 ml, 6 ml, 7 ml y 8 ml, respectivamente. Este procedimiento se realizó de manera independiente para cada coagulante semilla de tara y sulfato de aluminio

g.3.Mezcla y floculación: Después de agregar el coagulante, se inició una mezcla rápida a 300 revoluciones por minuto (RPM) por 5 segundos. Posterior a ello inicio el proceso de floculación, con gradientes de velocidad de 70 RPM, 40 RPM y 20 RPM, con intervalos de 15 minutos para cada gradiente, lo que dio un total de 45 minutos de floculación. Tras la adición de coagulantes se realizó la medición del índice de Willcomb, a fin de verificar el tiempo en el que comienza a formar el primer flóculo.

g.4.Decantación: Tras concluir la fase de floculación, se retiró los agitadores de las jarras de manera cuidadosa para no generar turbulencia; para dar inicio el proceso de decantación durante 10 minutos.

g.5.Recolección de muestras para análisis: Finalizada la decantación, se extrajeron 30 ml de agua de cada jarra en frascos de plástico individuales, para su posterior análisis de turbiedad, color, pH y sólidos totales disueltos.

- h. Medición de los parámetros fisicoquímicos:** Culminado la etapa de prueba de jarras, se realizaron mediciones de los parámetros fisicoquímicos: turbidez, color, sólidos totales suspendidos y pH. Asimismo, una vez definida la dosis óptima de cada coagulante, se realizó el análisis del aluminio residual y tanino residual de cada muestra en un laboratorio acreditado ante INACAL.
- i. Evaluación de la eficiencia del coagulante:** Tras la medición de los parámetros fisicoquímicos, se calculó la concentración que mostró mayor eficiencia (dosis óptima) mediante el índice de Willcomb y el cálculo del porcentaje de remoción:
- i.1. Índice de Willcomb:** El índice de Willcomb indica, en segundos, el tiempo de formación del primer flóculo en cada jarra. Este indicador se emplea para establecer la dosis óptima de coagulante, seleccionando aquella jarra que forme el flóculo de mayor tamaño, con mejor sedimentación y menor turbidez residual (CEPIS, 2004).

Tabla 6*Índice de Floculación de Willcomb*

Índice de Floculación de Willcomb	
0	Flóculo coloidal: No se observa algún indicio de aglutinación.
2	Visible: Flóculo de tamaño muy reducido, apenas perceptible
4	Disperso: Flóculo bien formado, distribuido de forma uniforme. (Sedimenta de manera muy lenta o no sedimenta).
6	Claro: Flóculo de tamaño relativamente grande que sedimenta de forma lenta.
8	Bueno: Flóculo que logra sedimentarse con facilidad, aunque no de manera completa
10	Excelente: Flóculo que sedimenta por completo, resultando un agua transparente.

Nota. El Índice de Willcomb clasifica la eficiencia de la floculación en una escala de 0 a 10.

- ✓ **Cálculo del porcentaje de remoción:** Para determinar el porcentaje de remoción de las propiedades fisicoquímicas después de la aplicación del coagulante, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Remoción} = \left(\frac{V_{\text{inicial}} - V_{\text{final}}}{V_{\text{inicial}}} \right) \times 100$$

- Donde:

- **V inicial:** Valor inicial (Medición del parámetro fisicoquímico antes del tratamiento).
- **V final:** Valor final (Medición del parámetro fisicoquímico después del tratamiento).

3.3.3. INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se emplearon fichas de registro para la recolección de datos, documentando información sobre los puntos de monitoreo (ubicación, coordenadas, fuente de agua, número de muestra, fecha y hora) y los resultados de las pruebas de jarras, incluyendo parámetros como turbidez, color, pH, sólidos totales y temperatura. Estas fichas aseguraron un adecuado control de los datos y resultados, los cuales fueron obtenidos mediante el uso de equipos especializados, descritos a continuación.

- a. Turbidez (NTU):** La turbidez fue cuantificada utilizando un turbidímetro Hach/TL 2350, en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). El turbidímetro opera mediante un principio óptico que detecta la dispersión de luz causada por las partículas suspendidas en el agua, el detector mide esta dispersión y convierte la señal en una lectura cuantitativa en NTU. Esta medición está respaldada por el Método EPA 180.1: Determinación de Turbidez por Nefelometría, que establece los criterios y procedimientos para este análisis (HACH, 2021).
- b. Color:** El color fue medido con un colorímetro portátil multiparámetro Hach DR 900. El multiparámetro opera mediante el principio de absorbancia de luz, donde la luz atraviesa la muestra y es absorbida por las sustancias presentes, como compuestos disueltos o partículas. La cantidad de luz absorbida a longitudes de onda específicas se utiliza para calcular la intensidad del color en unidades estándar como en Unidades de Platino-Cobalto (Pt/Co) o unidades de color verdadero (UCV) (HACH, 2021).
- c. pH:** El pH del agua fue medido utilizando un potenciómetro digital OAKTON/pH 450. El cual opera mediante un electrodo especializado que detecta el potencial eléctrico generado por los iones de hidrógeno en la muestra, dicho voltaje se convierte en una lectura de pH.
- d. Sólidos disueltos totales (TDS):** Los sólidos disueltos totales (TDS) fueron medidos con un conductímetro Thermo Scientific/ORION. El cual mide la conductividad del agua a través de electrodos, lo que

permite calcular la concentración de iones disueltos en ella. A partir de esta medición, el dispositivo convierte automáticamente el valor a unidades de TDS, que se expresa en ppm o mg/L (Fisher Scientific, s.f.).

- e. **Aluminio residual:** La medición del aluminio residual se realizó a través de un laboratorio (Pacific – Control) acreditado ante INACAL. El método que utilizó para determinar el aluminio residual fue el método EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994) el cual permite analizar metales y oligoelementos en agua y residuos mediante espectrometría de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo (Pacific Control, 2024).
- f. **Taninos:** La medición del tanino residual se realizó a través de un laboratorio (Pacific – Control) acreditado ante INACAL. El método que utilizó para determinar el tanino residual fue el método A22 - Alca Determinación de taninos y no taninos solubles en extractos de materiales vegetales tánicos (Pacific Control, 2024).

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos cuantitativos fueron obtenidos mediante las pruebas de jarras y los análisis de laboratorio de las muestras de agua. Estos datos incluyen mediciones de parámetros fisicoquímicos como turbidez, color, pH, sólidos disueltos totales (TDS), aluminio residual y taninos. Para procesar esta información, los valores obtenidos se organizaron y analizaron en cuadros y gráficos descriptivos, distribuidos según las dosis de cada coagulante aplicado.

3.4.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Los datos cuantitativos se presentarán de manera organizada para facilitar su interpretación y análisis comparativo. La información se organiza en tablas que muestran los resultados obtenidos de cada coagulante. Además, se emplean gráficos de barras, líneas y radar para representar visualmente las comparaciones en la eficiencia de cada coagulante según sus dosis óptimas. Para el procesamiento y la presentación gráfica de los datos, se usó el programa Excel, que permite realizar cálculos estadísticos y generar visualizaciones precisas y detalladas, optimizando así la claridad de los resultados.

3.4.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Los resultados de cada tratamiento se representan en tablas y gráficos generados en Excel, permitiendo evaluar la efectividad de los coagulantes en cada parámetro fisicoquímico. Esta interpretación incluye el análisis de los cambios en turbidez, color, pH, TDS, aluminio residual y taninos, lo que permitirá identificar qué coagulante es más eficiente para la mejora de la calidad del agua destinada al consumo humano en el C.P. San Sebastián de Quera.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

En esta sección se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de jarras realizadas para evaluar la efectividad de los coagulantes semilla de tara y sulfato de aluminio, en el tratamiento del agua para consumo humano del C.P. San Sebastián de Quera. Se realizaron mediciones de los parámetros fisicoquímicos como turbidez, pH, color, sólidos totales disueltos, antes y después de la aplicación de cada coagulante. Además, se realizaron análisis de aluminio residual y tanino residual, en las muestras correspondientes a las dosis óptimas de cada coagulante, aquellas que mostraron mayor efectividad en la disminución de la turbiedad.

4.1.1. RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA ANTES Y DESPUÉS DE APLICAR LA SEMILLA DE TARA COMO COAGULANTE

Tabla 7

Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de aplicar la semilla de tara como coagulante a una concentración de 0,5%

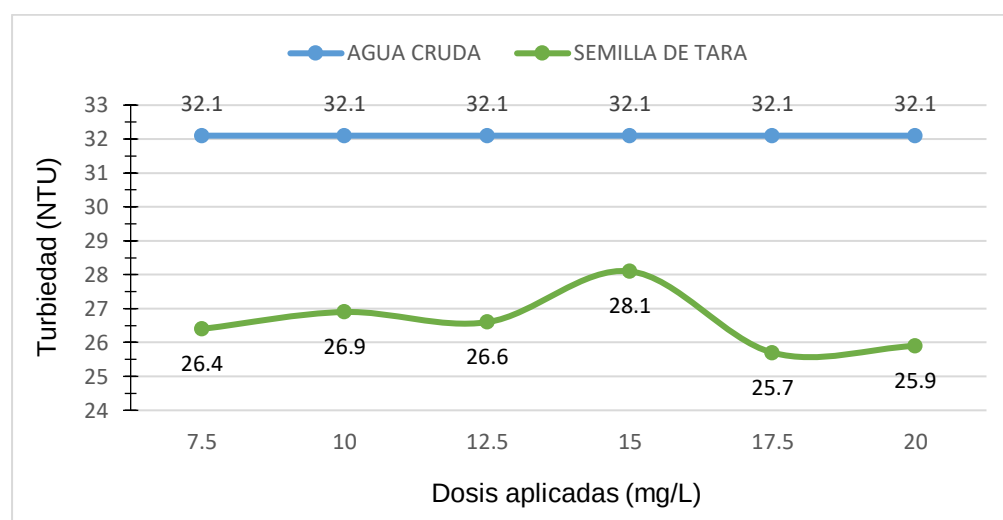
Parámetros fisicoquímicos	Antes	Después					
		J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆
		Dosis aplicada					
		3 ml	4 ml	5 ml	6 ml	7 ml	8ml
		7,5 mg/L	10 mg/L	12,5 mg/L	15 mg/L	17,5 mg/L	20 mg/L
Turbiedad (NTU)	32,1	26.4	26.9	26.6	28.1	25.7	25.9
Color (UCV)	181	175	169	171	166	152	150
pH	8,23	7,83	7,8	7,62	7,76	7,13	7,29
TDS (mg/L)	24,6	23,86	23,65	23,72	23,15	22,84	22,56
% remoción		17,76	16,20	17,13	12,46	19,94	19,31

Nota. J = número de jarras; NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos. El % de remoción corresponde a la turbiedad removida en cada dosis de coagulante.

La Tabla 7 muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua antes y post aplicación de la semilla de tara como coagulante, utilizando diferentes dosis a partir de una concentración de 0.5%. La dosis más eficiente fue de 17.5 mg/L, reduciendo la turbidez de 32.1 a 25.7 NTU, equivalente a una remoción del 19.94%. En cuanto al color inicial de 181 UCV, se observó una disminución a medida que aumentaba la dosis, alcanzando un valor de 150 UCV con una dosis de 20 mg/L. Los sólidos disueltos totales (TDS) mostraron una mayor reducción con una dosis de 20 ppm, disminuyendo de 24.6 a 22.56 mg/L. El pH también mostró una tendencia a disminuir con el incremento de la dosis, alcanzando un valor de 7.13 con 17.5 mg/L y al incrementar la concentración aumenta ligeramente.

Figura 3

Efectividad de la semilla de tara como coagulante al 0,5% de concentración en la remoción de turbidez a diferentes dosis aplicadas



Nota. El gráfico muestra los valores de turbiedad (NTU= Unidades Nefelométricas de Turbiedad) antes y después del tratamiento del agua con semilla de tara como coagulante al 0.5% de concentración, aplicando diferentes dosis. Evidenciando que la dosis más efectiva fue de 17.5 mg/L, alcanzando disminuir la turbiedad de 32.1 a 25.7 NTU, lo cual equivale un porcentaje de remoción del 19.94%.

Tabla 8

Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de la aplicación de la semilla de tara como coagulante a una concentración de 0,8%

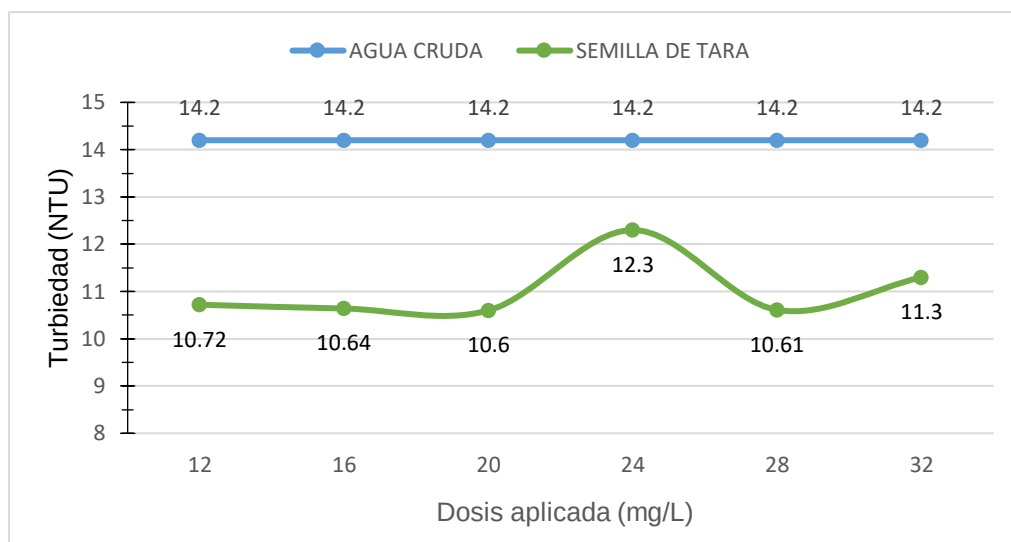
		Después					
		J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆
Parámetros fisicoquímicos	Antes	Dosis aplicada					
		3 ml	4 ml	5 ml	6 ml	7 ml	8ml
		12 mg/L	16 mg/L	20 mg/L	24 mg/L	28 mg/L	32 mg/L
Turbiedad (NTU)	14,2	10,72	10,64	10,6	12,3	10,61	11,3
Color (UCV)	93	91	86	78	65	82	81
pH	8,05	8,08	7,92	7,8	7,74	7,7	7,61
TDS (mg/L)	25,32	24,73	24,32	24,28	24,8	24,17	24,21
% remoción		24,51	25,07	25,35	13,38	25,28	20,42

Nota. J = número de jarras; NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos. El % de remoción corresponde a la turbiedad removida en cada dosis de coagulante.

La tabla 8 muestra los cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua antes y después de aplicar la semilla de tara como coagulante natural, utilizando diferentes dosis a partir de una concentración de 0.8%. La dosis más efectiva fue de 20 mg/L, alcanzando disminuir la turbiedad de 14,2 a 10,6 NTU, equivalente a una remoción del 25,35%. En razón al color inicial es 93 UCV disminuyendo a 65 UCV con una dosis de 24 mg/L y a dosis mayores el color vuelve a incrementarse ligeramente. Los sólidos disueltos totales (TDS) mostraron una mayor reducción con una dosis de 28 ppm, disminuyendo de 25,32 a 24,17 mg/L. El pH también mostró una tendencia a disminuir con el incremento de la dosis, alcanzando un valor de 7.61 con 32 mg/L.

Figura 4

Efectividad de la semilla de tara como coagulante al 0,8% de concentración en la remoción de turbidez a diferentes dosis aplicadas



Nota. El gráfico muestra los valores de turbiedad (NTU= Unidades Nefelométricas de Turbiedad) antes y después del tratamiento del agua con semilla de tara como coagulante al 0.8% de concentración, aplicando diferentes dosis. Evidenciando que la dosis adecuada fue de 20 mg/L, reduciendo la turbiedad de 14.2 a 10.6 NTU, lo que refleja un 25.35% de remoción.

Tabla 9

Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de aplicar la semilla de tara como coagulante a una concentración de 1%

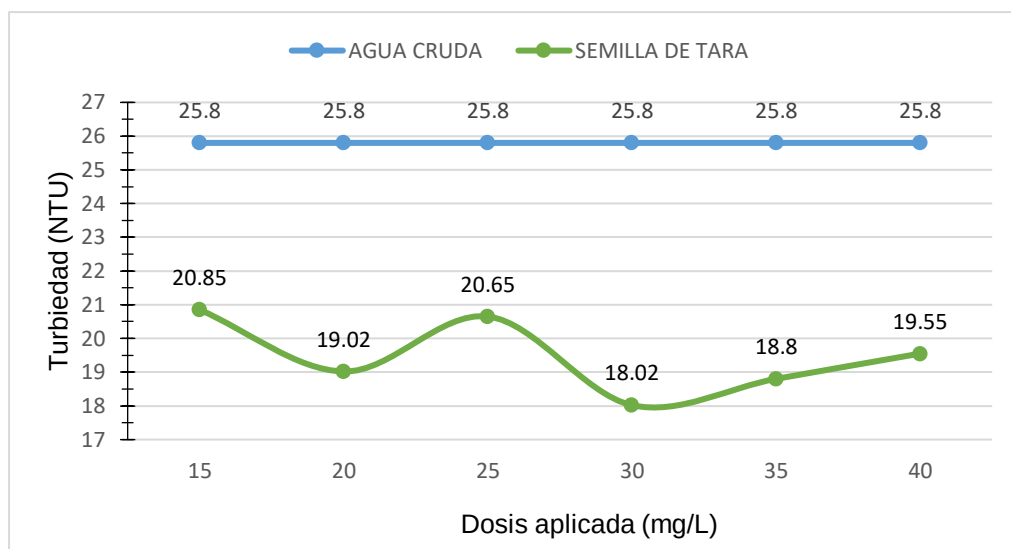
		Después					
		J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆
Parámetros fisicoquímicos	Antes	Dosis aplicada					
		3 ml	4 ml	5 ml	6 ml	7 ml	8ml
		15 mg/L	20 mg/L	25 mg/L	30 mg/L	35 mg/L	40 mg/L
Turbiedad (NTU)	25,8	20,85	19,02	20,65	18,02	18,8	19,55
Color (UCV)	132	119	124	117	125	119	123
pH	8,15	7,86	7,66	7,61	7,57	7,54	7,52
TDS (mg/L)	28,23	25,2	25,76	26,02	26,6	27,18	27,74
% remoción		19,19	26,28	19,96	30,16	27,13	24,22

Nota. J = número de jarras; NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos. El % de remoción corresponde a la turbiedad removida en cada dosis de coagulante.

La Tabla 9 presenta los cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua antes y post aplicación de la semilla de tara como coagulante, utilizando diferentes dosis a partir de una concentración de 1%. La dosis más efectiva fue de 30 mg/L, alcanzando disminuir la turbidez de 25,8 a 18,02 NTU, lo que equivale a un porcentaje de remoción del 30,16%. En razón al color inicial es 132 UCV disminuyendo a 117 UCV con una dosis de 25 mg/L y a dosis mayores el color vuelve a incrementarse ligeramente. Los sólidos disueltos totales (TDS) mostraron una mayor reducción con una dosis de 15 ppm, disminuyendo de 28,23 a 25,2 mg/L. El pH también mostró una tendencia a disminuir con el incremento de la dosis, alcanzando un valor de 7.52 con 40 mg/L.

Figura 5

Efectividad de la semilla de tara como coagulante al 1% de concentración en la remoción de turbidez a diferentes dosis aplicadas



Nota. El gráfico muestra los valores de turbiedad (NTU= Unidades Nefelométricas de Turbiedad) antes y después del tratamiento del agua con semilla de tara como coagulante al 1% de concentración, aplicando diferentes dosis. Evidenciando que la dosis más efectiva fue de 30 mg/L, alcanzando disminuir la turbiedad de 25.8 a 18.02 NTU, lo cual equivale un porcentaje de remoción del 30.16%.

4.1.2. RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DEL AGUA ANTES Y DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO COMO COAGULANTE

Tabla 10

Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de aplicar el sulfato de aluminio como coagulante a una concentración de 0,5%

		Después					
		J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆
Parámetros fisicoquímicos	Antes	Dosis aplicada					
		3 ml	4 ml	5 ml	6 ml	7 ml	8ml
		7,5 mg/L	10 mg/L	12,5 mg/L	15 mg/L	17,5 mg/L	20 mg/L
Turbiedad (NTU)	32,1	23,8	8,57	7,19	6,34	8,8	7,79
Color (UCV)	181	141	130	138	115	123	136
pH	8,23	7	6,89	6,87	6,86	6,94	7,06
TDS (mg/L)	24,6	15,88	16,27	16,57	16,88	17,19	17,51
% remoción		25,86	73,30	77,60	80,25	72,59	75,73

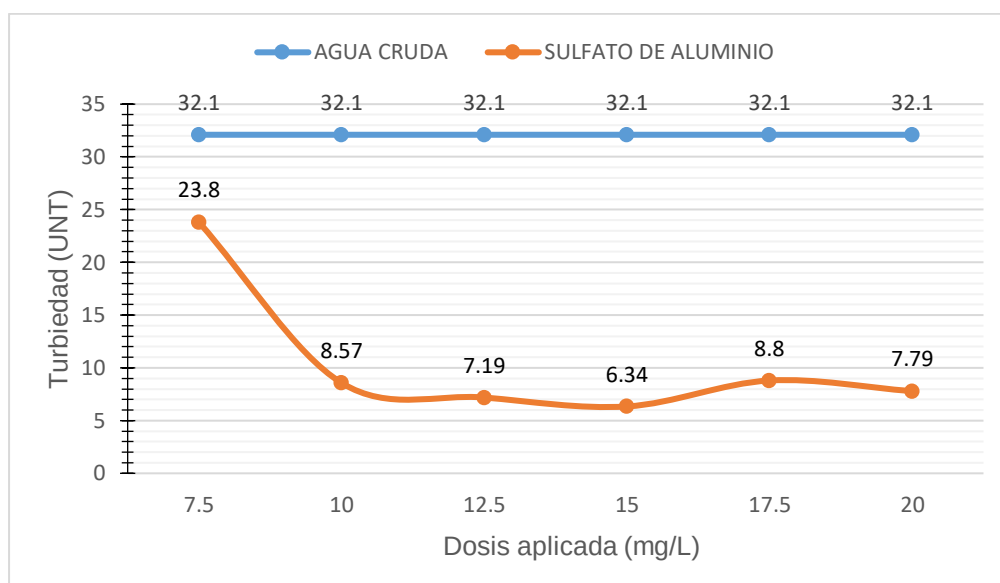
Nota. J = número de jarras; NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos. El % de remoción corresponde a la turbiedad removida en cada dosis de coagulante.

La Tabla 10 muestra los cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua antes y después de aplicar el sulfato de aluminio, utilizando diferentes dosis a partir de una concentración de 0.5%. La dosis más efectiva fue de 15 mg/L, alcanzando disminuir la turbidez de 32,1 a 6,34 NTU, lo que equivale a una eficiencia de remoción del 80,25%. En razón al color inicial es 181 UCV disminuyendo a 115 UCV con una dosis de 15 mg/L y a cantidades mayores del coagulante, el color vuelve a incrementarse ligeramente. Los sólidos disueltos totales (TDS)

mostraron una mayor reducción con una dosis de 7,5 ppm, disminuyendo de 24,6 a 15,88 mg/L. El pH se redujo a 6.86, con una dosis de 15 mg/L.

Figura 6

Efectividad del sulfato de aluminio como coagulante al 0.5% de concentración en la remoción de turbidez a diversas dosis aplicadas



Nota. El gráfico muestra los valores de turbiedad (NTU= Unidades Nefelométricas de Turbiedad) antes y después del tratamiento del agua con sulfato de aluminio como coagulante al 0.5 % de concentración, aplicando diferentes dosis. Evidenciando que la dosis más efectiva fue de 15 mg/L, alcanzando disminuir la turbiedad de 32.1 a 6.34 NTU, lo cual equivale a un porcentaje de remoción del 80.25%.

Tabla 11

Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de aplicar el sulfato de aluminio como coagulante a una concentración de 0,8%

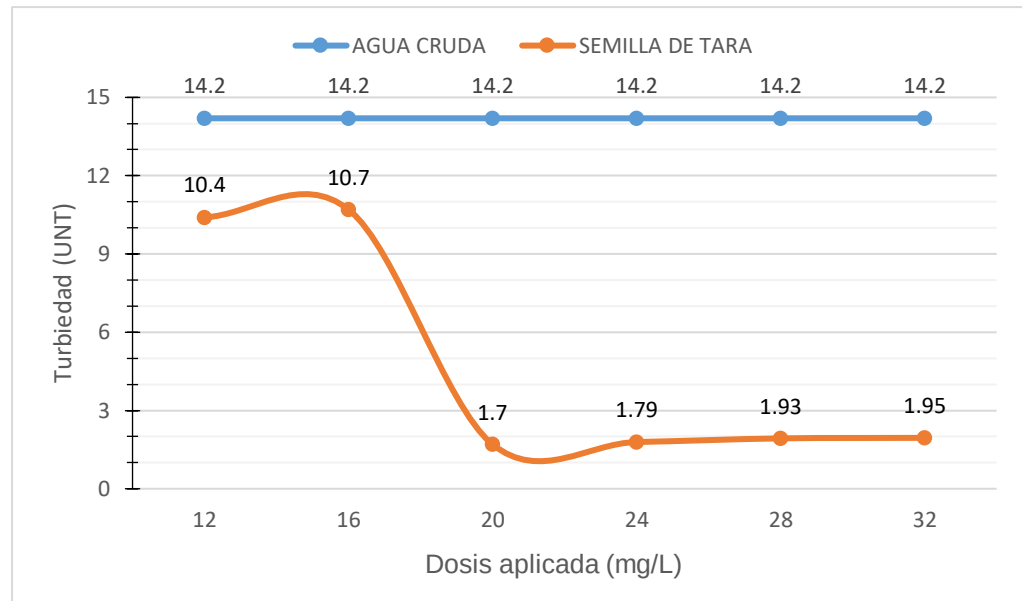
		Después					
Parámetros fisicoquímicos	Antes	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆
		Dosis aplicada					
		3 ml	4 ml	5 ml	6 ml	7 ml	8ml
		12 mg/L	16 mg/L	20 mg/L	24 mg/L	28 mg/L	32 mg/L
Turbiedad (NTU)	14,2	10,4	10,7	1,7	1,79	1,93	1,95
Color (UCV)	93	87	88	51	83	76	79
pH	8,05	7,4	7,3	6,69	6,65	6,56	6,46
TDS (mg/L)	25,32	24,91	25,27	23,88	26,45	26,71	27,64
% remoción		26,76	24,65	88,03	87,39	86,41	86,27

Nota. J = número de jarras; NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos. El % de remoción corresponde a la turbiedad removida en cada dosis de coagulante.

La Tabla 11 muestra los cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua antes y después de aplicar el sulfato de aluminio como coagulante, utilizando diferentes dosis a partir de una concentración de 0.8%. La dosis más eficiente fue de 20 mg/L, alcanzando disminuir la turbiedad de 14,2 a 1,7 NTU, lo que equivale a una eficiencia de remoción del 88,03%. En razón al color inicial es 93 UCV disminuyendo a 51 UCV con una dosis de 20 mg/L y a dosis mayores el color vuelve a incrementarse ligeramente. Los sólidos disueltos totales (TDS) mostraron una mayor reducción con una dosis de 20 ppm, disminuyendo de 25,32 a 23,88 mg/L. El pH también mostró una tendencia a disminuir con el incremento de la dosis, alcanzando un valor de 6,46 con 32 mg/L.

Figura 7

Efectividad del coagulante sulfato de aluminio al 0.8 % de concentración en la remoción de turbidez a diferentes dosis aplicadas



Nota. El gráfico muestra los valores de turbiedad (NTU= Unidades Nefelométricas de Turbiedad) antes y después del tratamiento del agua con sulfato de aluminio como coagulante al 0.8 % de concentración, aplicando diferentes dosis. Evidenciando que la dosis más efectiva fue de 20 mg/L, alcanzando disminuir la turbiedad de 14.2 a 1.7 NTU, lo que equivale un 88.03% de remoción.

Tabla 12

Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después aplicar el sulfato de aluminio como coagulante a una concentración de 1%

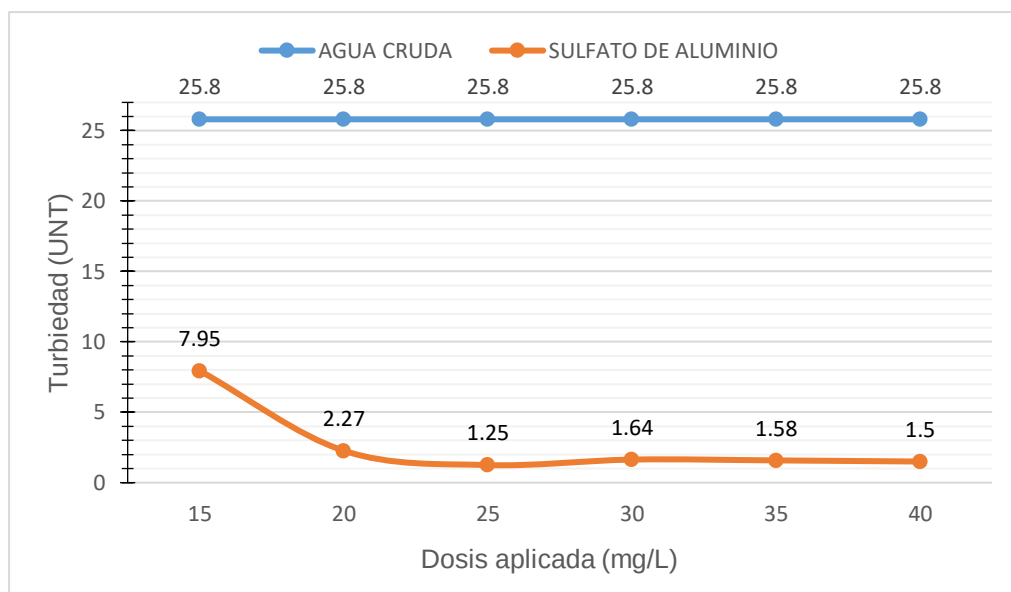
		Después					
Parámetros fisicoquímicos	Antes	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆
		Dosis aplicada					
		3 ml	4 ml	5 ml	6 ml	7 ml	8ml
		15	20	25	30	35	40
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Turbiedad (NTU)	25,8	7,95	2,27	1,25	1,64	1,58	1,5
Color (UCV)	132	111	116	80	68	81	64
pH	8,15	7,88	7,77	7,59	7,44	7,37	7,35
TDS (mg/L)	28,23	27,2	26,83	22,41	23,21	24,36	23,03
% remoción		69,19	91,20	95,16	93,64	93,88	94,19

Nota. J = número de jarras; NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos. El % de remoción corresponde a la turbiedad removida en cada dosis de coagulante.

La Tabla 12 detalla los resultados de las características fisicoquímicas del agua antes y post aplicación del sulfato de aluminio, utilizando diferentes dosis a partir de una concentración de 1%. La dosis más efectiva fue de 25 mg/L, removiendo la turbidez de 25,8 a 1,25 NTU, lo que equivale a una eficiencia de remoción del 95,16%. En razón al color inicial es 132 UCV disminuyendo a 64 UCV con una dosis de 40 mg/L y a dosis menores el color tiende a incrementarse ligeramente. Los sólidos disueltos totales (TDS) mostraron una mayor reducción con una dosis de 25 ppm, disminuyendo de 28,23 a 22,41 mg/L. El pH también mostró una tendencia a disminuir con el incremento de la dosis, alcanzando un valor de 7,35 con 40 mg/L.

Figura 8

Efectividad del sulfato de aluminio como coagulante al 1 % de concentración en la disminución de turbidez a diferentes dosis aplicadas



Nota. El gráfico muestra los valores de turbiedad (NTU= Unidades Nefelométricas de Turbiedad) antes y después del tratamiento con sulfato de aluminio como coagulante al 1 % de concentración, aplicando diferentes dosis. Evidenciando que la dosis más efectiva fue 25 mg/L, alcanzando una remoción de la turbiedad de 25.8 a 1.25 NTU, lo cual equivale un porcentaje de remoción del 95.16%.

4.1.3. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE TARA Y EL SULFATO DE ALUMINIO, SEGÚN SUS DOSIS ÓPTIMAS

Tabla 13

Evaluación de la eficiencia del coagulante semilla de tara a distintas concentraciones (0.5%, 0.8% y 1%), según la dosis óptima de cada concentración

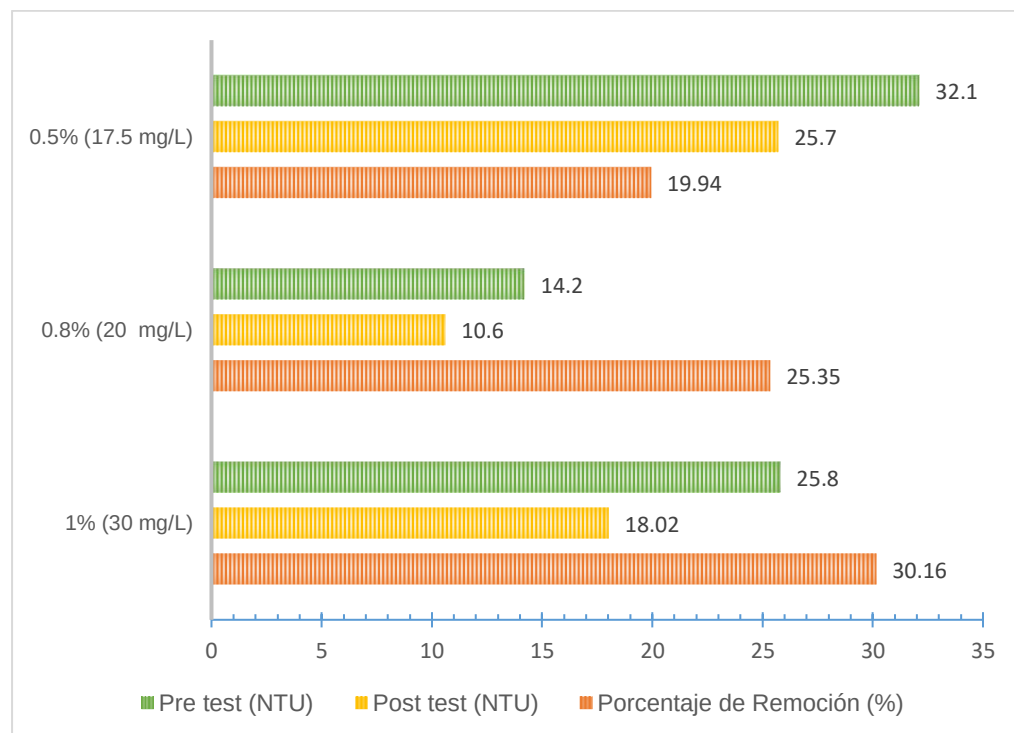
Parámetros físico químicos	Concentración: 0.5 %			Concentración: 0.8 %			Concentración: 1 %		
	Dosis óptima: 17.5 mg/l			Dosis óptima: 20 mg/l			Dosis óptima: 30 mg/l		
	Pre Test	Post Test	% Rem	Pre Test	Post Test	% Rem	Pre Test	Post Test	% Rem
Turbiedad (NTU)	32.1	25.7	19.94	14.2	10.6	25.35	25.8	18.02	30.16
Color (UCV)	181	152	16.02	93	78	16.13	132	125	5.30
pH	8.23	7.13	13.37	8.05	7.8	3.11	8.15	7.57	7.12
TDS (mg/L)	24.6	22.84	7.15	25.32	24.28	4.11	28.23	26.6	5.77

Nota. Los valores en pre test representan las mediciones antes de la aplicación de la semilla de tara como coagulante, mientras que post test representa las mediciones posteriores a su aplicación.

La tabla 13 detalla los resultados de la evaluación para determinar cuál de las tres concentraciones (0.5%, 0.8% y 1%) del coagulante semilla de tara es más efectiva u óptima. Se observa que la concentración del 1%, con una dosis de 30 mg/L, mostró ser más eficaz en la disminución de turbidez, disminuyendo los valores de 25.8 a 18.02 NTU, equivalente a un 30.16% de remoción. Por otro lado, la concentración de 0.8% fue la más eficaz en la reducción del color, logrando la mayor remoción en términos absolutos. Además, la concentración del 0.5% demostró ser la más eficiente en porcentaje de remoción de sólidos disueltos totales (TDS). Esto indica que, a concentraciones más bajas, la semilla de tara puede ser más eficiente en la eliminación de sólidos disueltos, aunque el efecto global es relativamente menor en comparación con los demás parámetros analizados.

Figura 9

Evaluación de la eficiencia de la semilla de tara en la disminución de turbidez a distintas concentraciones (0.5%, 0.8% y 1%), según la dosis óptima de cada concentración



Nota. El gráfico muestra los valores de turbiedad (NTU= Unidades Nefelométricas de Turbiedad) antes y después del tratamiento de agua utilizando diferentes concentraciones de semilla de tara (0.5%, 0.8% y 1%). Evidenciando que la dosis óptima fue de 30 mg/L a partir de una concentración de 1%, logrando reducir la turbiedad de 25.8 a 18.02 NTU, lo cual equivale un porcentaje de remoción del 30.16%.

Tabla 14

Evaluación de la efectividad del sulfato de aluminio como coagulante a diferentes concentraciones (0.5%, 0.8% y 1%), según la dosis óptima de cada concentración

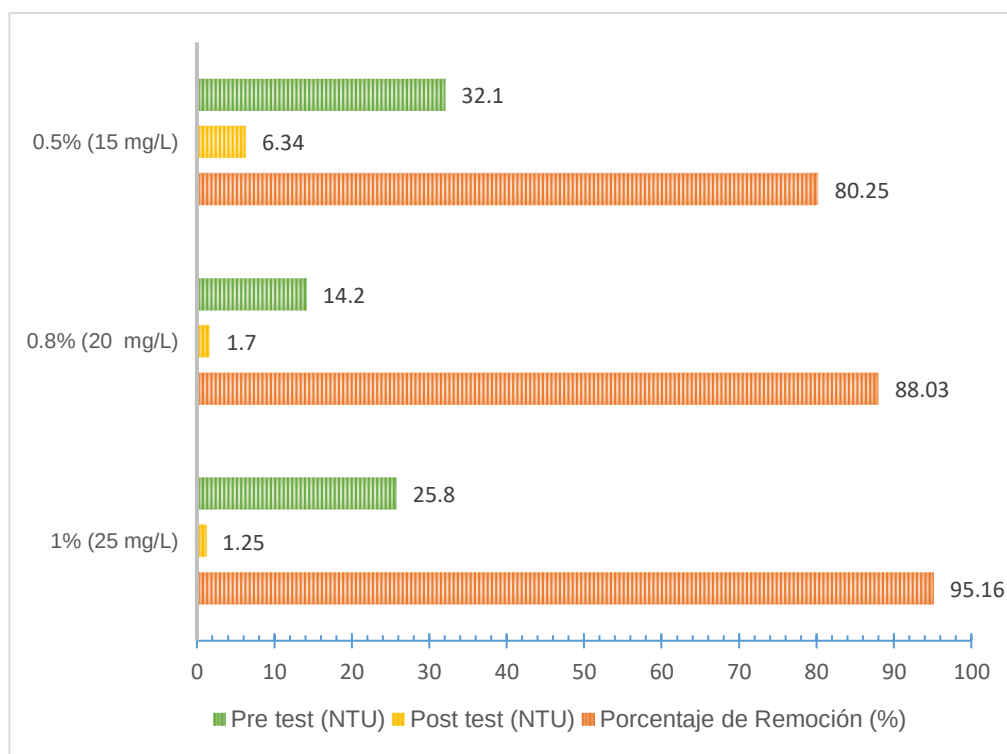
Parámetros físico químicos	Concentración: 0.5 %			Concentración: 0.8 %			Concentración: 1 %		
	Dosis óptima: 15 mg/L			Dosis óptima: 20 mg/L			Dosis óptima: 25 mg/L		
	Pre Test	Post Test	% Rem	Pre Test	Post Test	% Rem	Pre Test	Post Test	% Rem
Turbiedad (NTU)	32.1	6.34	80.25	14.2	1.7	88.03	25.8	1.25	95.16
Color (UCV)	181	115	36.46	93	51	45.16	132	80	39.39
pH	8.23	6.86	16.65	8.05	6.69	16.89	8.15	7.59	6.87
TDS (mg/L)	24.6	16.88	31.38	25.32	23.88	5.69	28.23	22.41	20.62

Nota. Los valores en pre test representan las mediciones antes de la aplicación de sulfato de aluminio como coagulante, mientras que post test representa las mediciones posteriores a su aplicación.

La tabla 14 detalla los resultados de la evaluación para determinar cuál de las tres concentraciones (0.5%, 0.8% y 1%) del coagulante sulfato de aluminio es más efectiva u óptima. Se observa que la concentración del 1%, con una dosis de 25 mg/L, mostró ser más eficaz en la reducción de la turbiedad, disminuyendo los valores de 25.8 a 1.25 NTU, equivalente a un 95.16% de remoción. Con respecto al color, la concentración de 0.8% destacó en términos absolutos para la reducción del color al reducir de 93 UCV a 51 UCV. Por otro lado, la concentración del 0.5% demostró ser la más eficiente en la remoción de sólidos disueltos totales (TDS), logrando una disminución del 31.38%, al pasar de 24.6 mg/L a 16.88 mg/L. Esto sugiere que, a concentraciones más bajas, el sulfato de aluminio puede ser más eficaz en la disminución de los TDS.

Figura 10

Evaluación de la efectividad del sulfato de aluminio como coagulante en la minimización de turbiedad a diferentes concentraciones (0.5%, 0.8% y 1%), según la dosis óptima de cada concentración



Nota. El gráfico muestra los valores de turbiedad (NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad) antes y después del tratamiento de agua utilizando diversas concentraciones de sulfato de aluminio (0.5%, 0.8% y 1%). Evidenciando que la dosis más eficaz fue de 25 mg/L a partir de una concentración de 1%, logrando reducir la turbidez de 25.8 a 1.25 NTU, equivalente a un 95.16% de remoción.

4.1.4. RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA ANTES Y DESPUÉS DE LA APLICACIÓN CONJUNTA DEL SULFATO DE ALUMINIO COMO COAGULANTE Y SEMILLA DE TARA

Tabla 15

Parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de aplicar el sulfato de aluminio como coagulante a una concentración de 1% y semilla de tara como floculante a una concentración de 0.4%

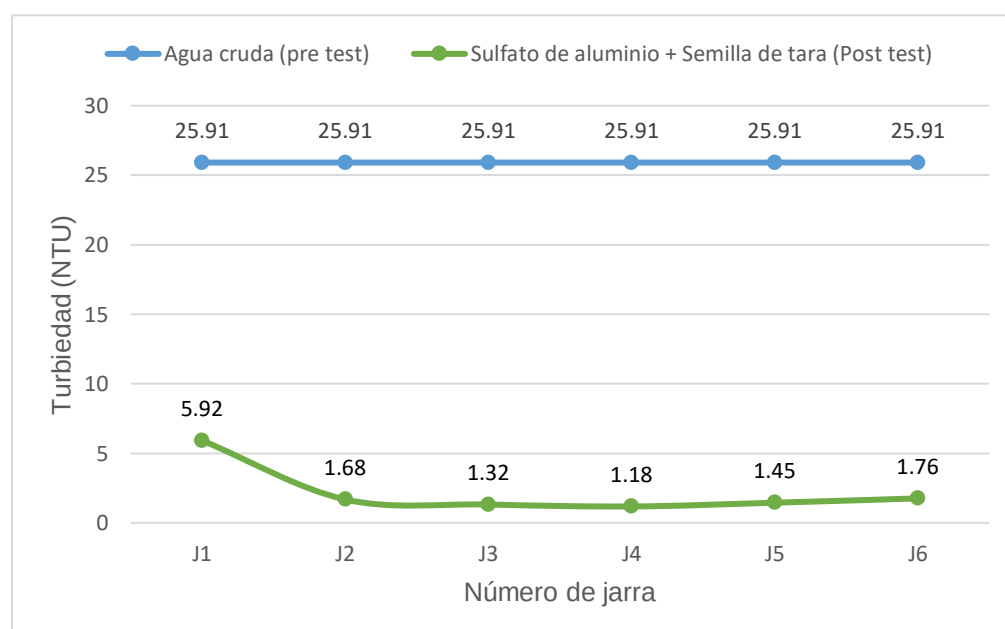
Parámetros fisicoquímicos	Antes (Pre test)	Después (Post test)					
		J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆
		Dosis de sulfato de aluminio aplicada, a partir de una solución de trabajo al 1%:					
		1 ml (5 mg/L)	2 ml (10 mg/L)	3 ml (15 mg/L)	4 ml (20 mg/L)	5 ml (25 mg/L)	6ml (30 mg/L)
		Dosis de semilla de tara aplicada, a partir de una solución de trabajo al 0.4%:					
		2 ml (4 mg/L)	2 ml (4 mg/L)	2 ml (4 mg/L)	2 ml (4 mg/L)	2 ml (4 mg/L)	2 ml (4 mg/L)
Turbiedad (NTU)	25.91	5.92	1.68	1.32	1.18	1.45	1.76
Color (UCV)	129	84	69	62	35	66	65
pH	8,09	7.59	7.55	7.49	7.43	7.37	7.31
TDS (mg/L)	28,3	25.2	25.76	26.02	26.6	27.18	27.74
% remoción		77.15	93.52	94.91	95.45	94.40	93.21

Nota. J = Número de jarras; NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos. El % de remoción corresponde a la turbiedad removida en cada dosis de coagulante.

La Tabla 15 presenta los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de aplicar conjuntamente el sulfato de aluminio al 1% como coagulante y semilla de tara al 0.4% como floculante. La dosis más efectiva fue de 20 mg/L de sulfato de aluminio y 4 mg/L de semilla de tara, alcanzando disminuir la turbidez de 25,91 a 1,15 NTU, lo que equivale a una remoción del 95.45%. En razón al color inicial es 129 UCV disminuyendo a 35 UCV utilizando la misma dosis de coagulante y floculante. Los sólidos disueltos totales (TDS) mostraron una mayor reducción con una dosis de 5 ppm de sulfato de aluminio y 4 ppm de semilla de tara, disminuyendo de 28.3 a 25.2 mg/L. El pH también mostró una tendencia a disminuir con el incremento de la dosis, alcanzando un valor de 7.31 con 30 mg/L de sulfato de aluminio y 4 mg/L de semilla de tara.

Figura 11

Eficiencia del sulfato de aluminio al 1% como coagulante y de la semilla de tara al 0,4% como floculante en la disminución de la turbiedad



Nota. El gráfico muestra los valores de turbiedad (NTU= Unidades Nefelométricas de Turbiedad) antes y después del tratamiento del agua utilizando sulfato de aluminio al 1% como coagulante y semilla de tara al 0.4% como floculante. Evidenciando que la jarra 4 con una dosis de 20 mg/L de sulfato de aluminio y 4 mg/L de semilla de tara, logó reducir la turbidez de 25.91 a 1.18 NTU, lo que equivale a una remoción del 95.45%.

4.1.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO DEL ALUMINIO Y TANINOS RESIDUAL

Según los resultados obtenidos, se estableció que las dosis más eficientes en ambos coagulantes fueron 30 mg/L para la semilla de tara y 25 mg/L para el sulfato de aluminio, en ambos casos a partir de una concentración del 1%. En función de estas dosis, se seleccionaron las muestras de la jarra que había sido tratada con la dosis óptima de coagulación correspondiente a cada coagulante. Posteriormente, dichas muestras se enviaron a un laboratorio certificado por INACAL para analizar los niveles residuales de aluminio y taninos.

Tabla 16

Resultados del análisis de aluminio residual en agua post tratamiento con sulfato de aluminio con una dosis de 25 mg/L

Parámetro	Unidad de medida	Resultados
Aluminio	mg Al L-1	<0.003

Nota. Resultados obtenidos del análisis del laboratorio Pacific – Control / Informe de Ensayo N.º 2024-0006951.

La Tabla 16 muestra el resultado del aluminio residual en el agua, con una concentración de < 0.003 mg/L. Este resultado indica que la concentración de aluminio es está por debajo de los niveles máximos permitidos según el D.S. 031-2010-SA, cuyo límite es de 0.2 mg/L. Lo que asegura que el agua satisface los estándares de calidad requeridos para el consumo humano.

Tabla 17

Resultados del análisis de taninos residuales en agua post tratamiento con semilla de tara con una dosis de 30 mg/L

Parámetro	Unidad de medida	Resultados
Tanino residual	%	0

Nota. Resultados obtenidos del análisis del laboratorio Pacific – Control / Informe de Ensayo N.º 2024-0006952.

La Tabla 17 indica que el tanino residual es del 0%, lo que confirma la ausencia de taninos en la muestra evaluada. Este resultado es crucial para cumplir con lo establecido en el D.S. 031-2010-SA, ya que la ausencia de taninos previene la generación de compuestos organoclorados, como los Trihalometanos, garantizando que el agua tratada se encuentra dentro de los niveles máximos permisibles que establece la normativa.

Tabla 18

Evaluación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos, tras la aplicación de la semilla de tara y sulfato de aluminio como coagulantes (dosis óptimas) en conformidad con el D.S. 031-2010-SA

Parámetros	Unidad de medida	Resultados / mediciones			D.S. 031-2010-SA Límites máximos permisibles	Evaluación	
		Sin tratamiento / agua cruda	Post tratamiento con semilla de tara (T1) *	Post tratamiento con sulfato de aluminio (T2) **		Tratamiento con semilla de tara	Tratamiento con sulfato de aluminio
Turbiedad	UNT	25.8	18.02	1.25	5	No Cumple	Cumple
Color ***	UCV (Pt/Co)	132	125	80	15	No Cumple	No Cumple
pH	pH	8.15	7.57	7.59	6.5-8.5	Cumple	Cumple
TDS	mg/L	28.23	26.6	22.41	1000	Cumple	Cumple
Aluminio residual	mg/L	-	-	0.003	0.2	No Aplica	Cumple
Tanino residual (Trihalometanos) ****	mg/L	-	0	-	1	Cumple	No Aplica

* La dosis óptima de semilla de tara fue de 30 mg/L, obtenida a partir de una concentración del 1%.

** La dosis óptima del sulfato de aluminio fue de 25 mg/L, obtenida a partir de una concentración del 1%.

*** El resultado del color corresponde a una prueba de jarras, que reproduce los procesos de coagulación y floculación. Para que el agua sea distribuida para el consumo humano, es necesario que pase por etapas adicionales, como la sedimentación y la filtración, donde el color podrá ser removido en mayor porcentaje.

**** El D.S. 031-2010-SA no incluye el tanino residual como un parámetro específico dentro de los LMP; sin embargo, se sabe que los taninos pueden formar compuestos organoclorados, como los trihalometanos, los cuales sí están contemplados en dicho decreto, por lo que se evaluó este parámetro.

La tabla 18 presenta los datos de la evaluación de las características fisicoquímicas del agua, tras aplicar las dosis óptimas de semilla de tara y sulfato de aluminio como coagulantes, en conformidad con el D.S. 031-2010-SA. Se observa que el tratamiento con sulfato de aluminio es altamente efectivo en la reducción de turbidez, disminuyendo de 25.8 UNT en el agua cruda a 1.25 UNT, cumpliendo con el límite de 5 UNT, mientras que la semilla de tara solo reduce la turbidez a 18.02 UNT, sin alcanzar el estándar requerido. Ambos tratamientos mantienen el pH dentro del rango normativo (6.5-8.5), con resultados de 7.57 (semilla de tara) y 7.59 (sulfato de aluminio). En cuanto a los sólidos disueltos totales (TDS), ambos tratamientos cumplen ampliamente el límite de 1000 mg/L, alcanzando valores de 26.6 mg/L y 22.41 mg/L, respectivamente. Respecto al color, aunque el sulfato de aluminio logra una mayor reducción (de 132 UCV a 80 UCV) en comparación con la semilla de tara (125 UCV), ninguno de los tratamientos cumple con el límite de 15 UCV. Sin embargo, es importante señalar que la planta de potabilización de agua del C.P. San Sebastián de Quera cuenta con un filtro lento de arena, que permitirá reducir el color del agua y cumplir con el D.S. 031-2010-SA en esta etapa. Además, el sulfato de aluminio cumple con el límite de aluminio residual, registrando 0.003 mg/L, muy por debajo del estándar de 0.2 mg/L. Finalmente, el tratamiento con semilla de tara no genera tanino residual que podrían generar compuestos organoclorados como los trihalometanos, manteniéndose en 0 mg/L dentro del límite permitido de 1 mg/L.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para contrastar las hipótesis planteadas, utilizaremos los resultados de las mediciones ejecutadas antes y después de la intervención con cada coagulante (sulfato de aluminio y semilla de tara). A través de un análisis comparativo y descriptivo, determinaremos cuál de los dos coagulantes es más efectivo como coagulante en el procesamiento del agua potable. El análisis se centrará en los valores obtenidos de cada parámetro fisicoquímico (turbidez, color, pH y TDS), considerando sus dosis óptimas de cada coagulante.

4.2.1. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

Ha: El sulfato de aluminio es más eficiente que la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante, en el tratamiento del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, Huánuco 2024.

Ho: El sulfato de aluminio no es más eficiente que la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante, en el tratamiento del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, Huánuco 2024.

Tabla 19

Comparación de la eficiencia de la semilla de tara al 1% y el sulfato de aluminio al 1%, según la dosis óptima de cada coagulante

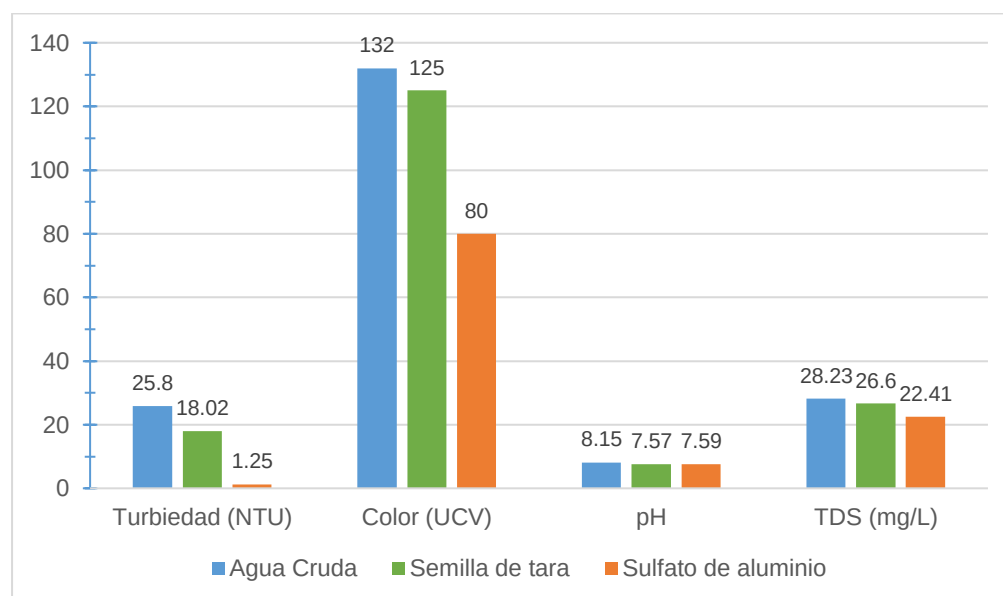
Parámetros fisicoquímicos	Antes (Pre test)	Después (post test)			
		Semilla de tara al 1%		Sulfato de aluminio al 1%	
		Dosis óptima (30 mg/L)	Porcentaje de Remoción (%)	Dosis óptima (25 mg/L)	Porcentaje de Remoción (%)
Turbiedad (NTU)	25.8	18.02	30.16 %	1.25	95.16 %
Color (UCV)	132	125	5.30 %	80	39.39 %
pH	8.15	7.57	7.12 %	7.59	6.87 %
TDS (mg/L)	28.23	26.6	5.77 %	22.41	20.62 %

Nota. NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos.

La Tabla 19 muestra que el sulfato de aluminio, con una concentración del 1% y una dosis de 25 mg/L, fue más efectivo que la semilla de tara al disminuir la turbidez de 25.8 a 1.25 NTU, alcanzando una remoción de 95.16%; mientras que la semilla de tara, a una concentración de 1% con una dosis de 30 mg/L, logró una remoción de 30.16%, reduciendo de 25.8 a 18.02 UNT. En cuanto al color, la semilla de tara tuvo una remoción del 5.30%, en contraste con el 39.39% del sulfato de aluminio, lo que resalta la superioridad de este último en este parámetro. En cuanto al pH se mantuvo estable en ambos casos, con valores de 7.57 para la semilla de tara y 7.59 para el sulfato de aluminio. Por último, la eliminación de sólidos totales disueltos (TDS) fue del 5.77% para la semilla de tara y 7.97% para el sulfato de aluminio, confirmando que, aunque ambos coagulantes presentan una efectividad limitada, el sulfato de aluminio es el más eficaz en los parámetros analizados.

Figura 12

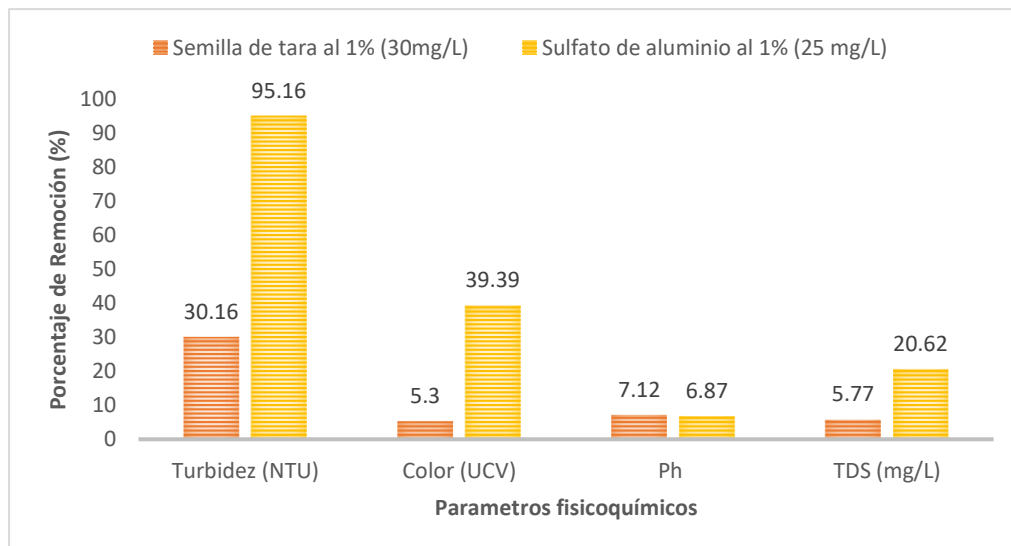
Comparación de parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación del coagulante de semilla de tara al 1% y el sulfato de aluminio al 1%, según la dosis más efectiva de cada coagulante



Nota. El gráfico presenta los valores de los parámetros fisicoquímicos antes y tras la aplicación del coagulante de semilla de tara al 1% y el sulfato de aluminio al 1%, utilizando la dosis más efectiva de cada coagulante.

Figura 13

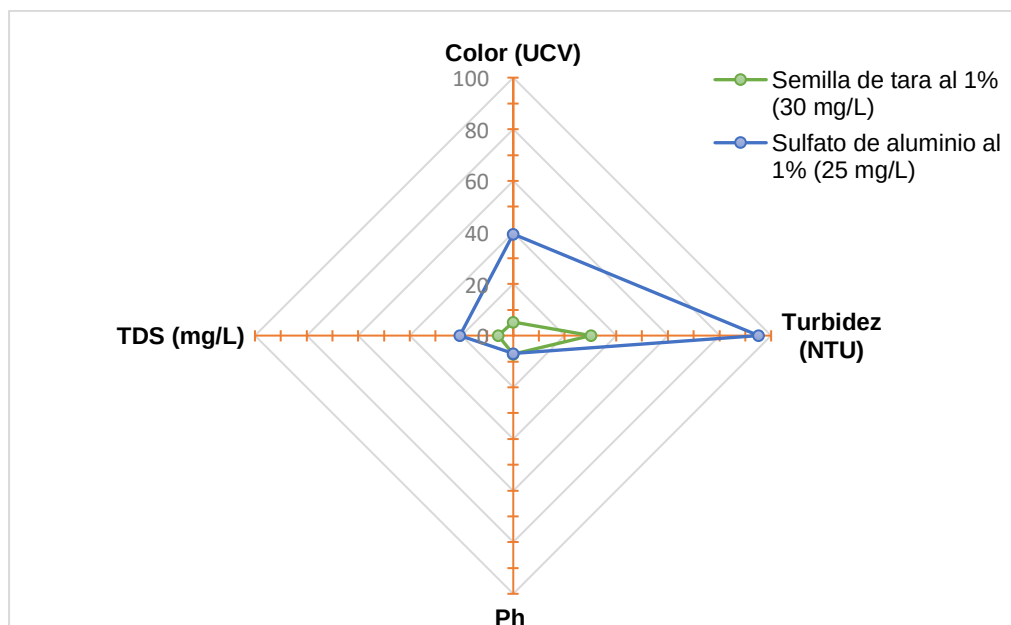
Comparación de la efectividad del coagulante de semilla de tara y sulfato de aluminio, según dosis óptima, en la remoción de parámetros fisicoquímicos del agua



Nota. NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos.

Figura 14

Comparación de eficiencia entre semilla de tara y sulfato de aluminio como coagulante



Nota. El gráfico muestra la eficiencia de los coagulantes semilla de tara al 1% y sulfato de aluminio al 1%, en la remoción de diferentes parámetros fisicoquímicos del agua, según la dosis más efectiva de cada coagulante.

NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos.

El análisis comparativo de los resultados obtenidos afirma que el sulfato de aluminio es más efectivo en la reducción de turbidez, color y TDS en comparación con la semilla de tara. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

4.2.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

4.2.2.1. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS - E1

HE1: Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, mejoran después de la aplicación de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante.

HE01: Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, no mejoran después de la aplicación de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante.

Tabla 20

Evaluación de la efectividad del coagulante de semilla de tara al 1% en la mejora de los parámetros fisicoquímicos del agua, utilizando la dosis óptima

Parámetros fisicoquímicos	Antes (Pre test)	Después (post test)	
		Semilla de tara al 1%	
		Dosis óptima (30 mg/L)	Porcentaje de Remoción (%)
Turbiedad (NTU)	25.8	18.02	30.16 %
Color (UCV)	132	125	5.30 %
pH	8.15	7.57	7.12 %
TDS (mg/L)	28.23	26.6	5.77 %

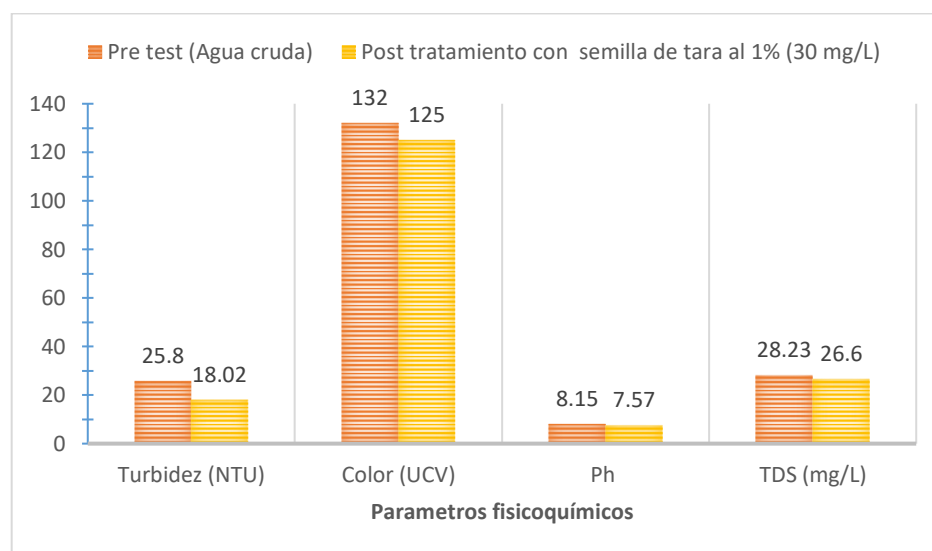
Nota. NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos.

La tabla 20 muestra los cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua antes y después de aplicar la semilla de tara a una concentración de 1%, con una dosis óptima de 30 mg/L. Los datos muestran una moderada reducción de la turbidez, pasando de 25.8 a 18.02 NTU, con un porcentaje de efectividad del

30.16%, en el caso del color mostró una efectividad de 5.30%. En cuanto a la remoción de los TDS, la eficiencia fue del 5.77%, lo que indica una capacidad de clarificación parcial. La ligera reducción del pH hacia niveles más neutros es favorable en términos de potabilización.

Figura 15

Efectividad del coagulante de semilla de tara al 1% en la optimización de los parámetros fisicoquímicos del agua, utilizando la dosis óptima



Nota. NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos.

Los resultados demuestran la efectividad de la semilla de tara al 1% como coagulante para mejorar los parámetros fisicoquímicos del agua, utilizando una dosis de 30 mg/L. Esto se refleja en la reducción de la turbiedad de 25.8 a 18.02 NTU, mejorando así la claridad del agua. En cuanto al color y los sólidos disueltos totales (TDS), la disminución es menos notable. Además, se observó una reducción del pH de 8.15 a 7.57, acercándose al rango neutro, lo que es favorable para tratamientos posteriores, como la desinfección, al permitir que desinfectantes como el cloro actúen de manera más eficiente. Por tanto, el coagulante de semilla de tara tiene potencial para optimizar las condiciones del agua, aunque la disminución de algunos parámetros sea moderada. En virtud a ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

4.2.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS – E2

HE2: Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, mejoran después de la aplicación del sulfato de aluminio como coagulante.

HE02: Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, no mejoran después de la aplicación del sulfato de aluminio como coagulante.

Tabla 21

Evaluación de la efectividad del coagulante sulfato de aluminio al 1% en la optimización de los parámetros fisicoquímicos del agua, utilizando la dosis óptima

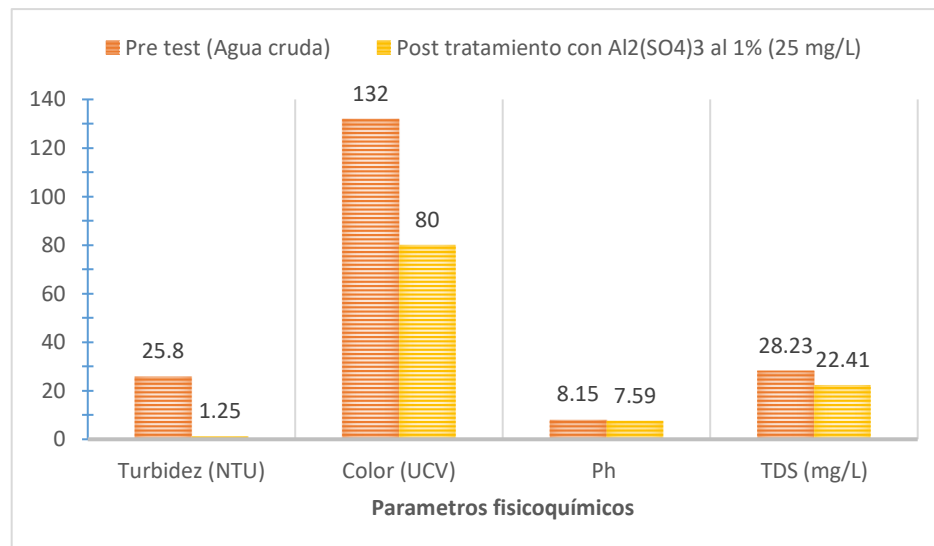
Parámetros fisicoquímicos	Antes (Pre test)	Después (post test)	
		Sulfato de aluminio al 1%	
		Dosis óptima (25 mg/L)	Porcentaje de Remoción (%)
Turbiedad (NTU)	25.8	1.25	95.16 %
Color (UCV)	132	80	39.39 %
pH	8.15	7.59	6.87 %
TDS (mg/L)	28.23	22.41	20.62 %

Nota. NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos.

La tabla 21 muestra los cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua antes y post aplicación del sulfato de aluminio una concentración de 1%, con una dosis óptima de 25 mg/L. Los datos muestran una remoción significativa de la turbiedad, pasando de 25.8 a 1.25 NTU, con un porcentaje de efectividad del 95.16%, en el caso del color mostró una efectividad de 39.39%. Con respecto a la reducción de los TDS, la eficiencia fue del 6.87%, lo que indica una capacidad de clarificación parcial. La ligera reducción del pH hacia niveles más neutros es favorable en términos de potabilización.

Figura 16

Efectividad del coagulante sulfato de aluminio al 1% en la optimización de los parámetros fisicoquímicos del agua, utilizando la dosis óptima



Nota. NTU = Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UCV = Unidades de Color Verdadero; TDS = Total de Sólidos Disueltos.

Los resultados demuestran que el sulfato de aluminio, a una concentración del 1% y una dosis de 25 mg/L, demostró ser un coagulante altamente efectivo, logrado reducir la turbiedad de 25.8 a 1.25 UNT, mejorando así significativamente la claridad del agua. En cuanto al color y los sólidos disueltos totales (TDS), la disminución es menos notable. Además, se observó una reducción del pH de 8.15 a 7.59, acercándose al rango neutro, lo que es favorable para tratamientos posteriores, como la desinfección, al permitir que desinfectantes como el cloro actúen de manera más eficiente. Por tanto, el coagulante de sulfato de aluminio tiene potencial para optimizar las condiciones del agua. En virtud a ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio corroboran los hallazgos de Meza et al. (2018) sobre la semilla de Moringa oleífera y el sulfato de aluminio, demuestra que, aunque ambos coagulantes naturales (tara y Moringa) reducen la turbidez del agua, su eficacia no supera la del sulfato de aluminio. En mi investigación, la semilla de tara alcanzó una remoción de turbidez del 30,16% con una concentración del 1% y una dosis de 30 mg/L (Tabla 9). Por su parte, el sulfato de aluminio alcanzó una remoción máxima del 95,16% con una concentración del 1% y una dosis de 25 mg/L (Tabla 12). De manera similar, Meza et al. reportaron que la Moringa oleífera redujo la turbidez a 20,6 NTU a una dosis de 750 mg/L, pero no fue tan eficiente como el sulfato de aluminio. Aunque los coagulantes naturales no igualan la eficacia del sulfato de aluminio, su baja toxicidad y la posibilidad de usarlos como alternativas sostenibles en áreas rurales destacan su potencial, especialmente en regiones donde los coagulantes químicos no son fácilmente accesibles.

La investigación de Crespo (2021) sobre la efectividad del hidroxiclورو de aluminio y el sulfato de aluminio en la coagulación del agua en la planta de tratamiento Mahuarcay, comparada con los resultados de mi investigación, revela hallazgos consistentes y complementarios. Crespo demostró que el hidroxiclورو de aluminio removi6 un 97,70% de turbidez, mientras que el sulfato de aluminio alcanz6 el 90,54%, mostrando una notable eficiencia en ambos casos. En mi investigación, el sulfato de aluminio alcanz6 una remoci6n de turbidez del 95,16% con una concentraci6n de 1%, con una dosis de 25 mg/L (Tabla 12), lo cual es similar a los valores reportados por Crespo. Ambas investigaciones coinciden en que el uso de sulfato de aluminio disminuye el pH del agua tratada, requiriendo ajustes para evitar acidez en el agua potable. Estos resultados sugieren que, si bien el sulfato de aluminio es efectivo en la disminuci6n de la turbiedad y color, existen alternativas como el hidroxiclورو de aluminio que pueden ser a6n m6s eficientes en ciertos contextos, lo que resalta la necesidad de considerar m6ltiples factores al elegir coagulantes para el tratamiento de agua.

La investigación de Nolasco (2020) sobre la aplicación de goma de tara en los procesos de coagulación y floculación para tratar el agua del río Chumbao, comparada con los resultados del estudio sobre la semilla de tara, ofrece datos relevantes para la discusión. Nolasco reportó una remoción de turbidez del 81% al utilizar 300 mg/L de goma de tara, lo que es comparable con nuestra investigación, donde la semilla de tara mostró un porcentaje de remoción similar de turbiedad en concentraciones probadas, alcanzando hasta 30,16% de remoción. Ambos estudios respaldan la eficiencia de la tara como coagulante en el proceso de purificación del agua. Sin embargo, en relación al sulfato de aluminio, que en nuestra investigación alcanzó una remoción de hasta el 95,16%, la tara tiene una eficiencia inferior. Esto sugiere que, aunque la tara es una alternativa natural y menos tóxica, el sulfato de aluminio sigue siendo más efectivo en la reducción de la turbiedad y color. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar tanto la eficacia como la sostenibilidad ambiental al seleccionar coagulantes para el procesamiento de agua potable.

En el estudio de Torres (2019) sobre la comparación de la efectividad de la goma de tara y el sulfato de aluminio en la optimización de la calidad del agua del dren 2210, concluyó que el sulfato de aluminio, a una dosis de 30 ml, demostró una mayor efectividad en la disminución de la turbidez y también mostró mejores resultados en la reducción de DBO y DQO en comparación con la goma de tara. En relación con el estudio sobre la comparación entre la semilla de tara y el sulfato de aluminio como coagulantes en el tratamiento del agua de San Sebastián de Quera, se observa una tendencia similar: el sulfato de aluminio mostró un mejor desempeño en la reducción de la turbidez y otros parámetros fisicoquímicos, especialmente a concentraciones de 0.8% y 1%, mientras que la semilla de tara mostró una eficiencia menor pero aún considerable. Estos hallazgos coinciden con los resultados de Torres, sugiriendo que, aunque la tara es una opción natural factible, el sulfato de aluminio sigue siendo más efectivo en la potabilización del agua, especialmente en cuanto a la disminución de turbidez.

En el estudio de Ccora y Curusma (2021) sobre la efectividad de la semilla de tara como coadyuvante de coagulación en la potabilización del agua en la EPS EMAPA Huancavelica, concluyeron que la semilla de tara, utilizada en dosis óptima de 5 g/2 L, logró reducir significativamente la turbidez del agua, alcanzando resultados de 41.5 a 2.79 NTU, respectivamente, sin alterar significativamente el pH del agua. Estos hallazgos indican que la semilla de tara es un coadyuvante de coagulación eficiente para mejorar la calidad del agua potable, con un desempeño significativo en la reducción de la turbidez. Comparando estos hallazgos con la investigación en San Sebastián de Quera, donde también se evaluó la semilla de tara frente al sulfato de aluminio, se observan similitudes en la capacidad de la tara para reducir la turbidez, aunque en nuestro estudio el sulfato de aluminio mostró una mayor eficiencia general. Sin embargo, al igual que en el trabajo de Ccora y Curusma, se destaca que la semilla de tara sigue siendo una opción prometedora como coadyuvante de coagulación, especialmente en escenarios donde se buscan alternativas menos tóxicas.

En la investigación de Duran (2021) sobre el Efecto de penca de tuna combinada con semilla de moringa como coagulante natural para la disminución de la turbiedad del agua destinada al consumo humano en el centro poblado de Vichaycoto, se concluyó que la aplicación conjunta de ambos coagulantes resultó ser más eficiente, logrando una reducción de la turbidez del 97.2% en comparación con su uso independiente o por separado. De manera similar en este estudio sobre la comparación entre la semilla de tara y el sulfato de aluminio como coagulantes en el tratamiento del agua de San Sebastián de Quera, se determinó que el sulfato de aluminio al 1%, como coagulante, fue más efectivo que la semilla de tara al usar de manera individual, alcanzando un porcentaje de remoción de turbidez del 95.16% y de color del 39.39% a una dosis de 25 mg/L. Sin embargo, la combinación del sulfato de aluminio al 1% a una concentración de 20 mg/L como coagulante primario y la semilla de tara al 0.4% con una concentración de 4 mg/L como floculante, tuvo un desempeño superior (tabla 15), logrando una remoción de turbidez del 95.44% y de color del 72.86%. Estos resultados evidencian que la semilla de tara actúa de manera más efectiva como floculante al combinarse

con un coagulante primario como el sulfato de aluminio. Esto sugiere que su uso conjunto representa una alternativa una opción viable y ambientalmente amigable, mejorando significativamente la calidad del agua tratada.

CONCLUSIONES

- ✓ De acuerdo con los objetivos planteados, se concluye que tanto la semilla de tara como el sulfato de aluminio tienen efectos positivos en la optimización de la calidad del agua. Sin embargo, el sulfato de aluminio se destaca como el coagulante más efectivo para el tratamiento de agua en el C.P. San Sebastián de Quera. La semilla de tara, aunque efectiva, muestra limitaciones frente al sulfato de aluminio, y podría considerarse como una opción alternativa en contextos donde se priorice un enfoque más sostenible y menos agresivo para el medio ambiente.
- ✓ El análisis comparativo demostró que el sulfato de aluminio es más efectivo que la semilla de tara en la reducción de turbidez, color y TDS. Puesto que la semilla de tara alcanzó una remoción del 30,16% en turbidez con una dosis de 30 mg/L a partir de una concentración del 1%; mientras que el sulfato de aluminio logró una remoción de 95,16% en turbidez con una dosis de 25 mg/L a partir de una concentración del 1%.
- ✓ La aplicación de la semilla de tara como coagulante natural mostró mejoras en los parámetros fisicoquímicos evaluados, según el D.S. 031-2010-SA. La turbidez se redujo de 25.8 a 18.02 NTU con una dosis de 30 mg/L, lo que refleja un efecto positivo en su disminución, aunque no cumple con el límite normativo de 5 NTU. El color disminuyó de 132 UCV a 125 UCV, evidenciando una mejora en la claridad del agua, aunque aún supera el límite permitido de 15 UCV. Cabe mencionar que estos resultados corresponden a pruebas de jarras que reproducen los procesos de coagulación y floculación, requiriendo el proceso de filtración para optimizar la disminución del color. Por otro lado, los sólidos totales disueltos (TDS) se redujeron a 26.6 mg/L, cumpliendo con el límite de 1000 mg/L. El pH experimentó una ligera disminución de 8.15 a 7.57, manteniéndose dentro del rango normativo permitido, que es de 6.5-8.5. Finalmente, el tratamiento con semilla de tara no generó taninos residuales que podrían generar compuestos organoclorados como los trihalometanos.

- ✓ La aplicación de sulfato de aluminio como coagulante mostró mejoras en los parámetros fisicoquímicos evaluados, según el D.S. 031-2010-SA. La turbidez se redujo de 25.8 a 1.25 NTU con una dosis de 25 mg/L, cumpliendo con el límite establecido de 5 NTU. Con respecto al color del agua se redujo de 132 UCV a 80 UCV, aunque no alcanzo el límite requerido por la normativa de 15 UCV. Es importante señalar que estos resultados corresponden a pruebas de jarras que reproducen los procesos de coagulación y floculación, siendo necesario el proceso de filtración para optimizar la reducción del color. Asimismo, los sólidos totales disueltos (TDS) se redujeron a 22.41 mg/L cumpliendo ampliamente con el límite permitido de 1000 mg/L. El pH experimentó una ligera disminución de 8.15 a 7.59, manteniéndose dentro del rango normativo permitido, que es de 6.5-8.5. Finalmente, el aluminio residual registrado fue de 0,003 mg/L, muy por debajo del estándar de 0,2 mg/L.

RECOMENDACIONES

- ✓ Fomentar la investigación y el uso de la semilla de tara en comunidades rurales como un coagulante accesible y menos tóxico, especialmente donde los recursos económicos son limitados.
- ✓ Explorar y ampliar la investigación sobre el uso de otros coagulantes naturales que sean eficaces y sostenibles, considerando alternativas que puedan complementar o mejorar los resultados obtenidos con la semilla de tara y el sulfato de aluminio.
- ✓ Ampliar la investigación sobre la semilla de tara como floculante, enfocándose en su combinación con coagulantes como el sulfato de aluminio, cloruro férrico y otros coagulantes primarios. A fin de determinar con mayor precisión las condiciones óptimas de uso, como dosis óptima, el pH del agua, entre otros factores. Esta línea de investigación podría contribuir significativamente a desarrollar soluciones más sostenibles y eficientes en el tratamiento del agua.
- ✓ Desarrollar e implementar estudios enfocados en la aplicación de tecnologías de tratamiento de agua en el C.P. de San Sebastián de Quera, que integren los procesos de coagulación y floculación, con el fin de reducir la turbidez y, a través de ello, garantizar el abastecimiento de agua segura a la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amazon Andes . (28 de abril de 2020). *Beneficios de la Tara*. Obtenido de Amazon Andes : <https://www.amazon-andes.com/es/tara-usos-beneficios-propiedades/>
- Andía, Y. (abril de 2000). Obtenido de Tratamiento de agua: Coagulación Floculación: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/538681-r-j-010-2016->
- Baeza, E. (16 de Noviembre de 2016). *Calidad del Agua*. Obtenido de Biblioteca del COngreso Nacional de Chile/BCN: <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>
- Basurto, L. (14 de octubre de 2001). *Goma de Tara*. Obtenido de Alnicolsa: <https://taninos.tripod.com/goma.htm>
- Ccora, R., & Curasma, N. (2021). *Eficiencia de la goma de la semilla de tara (Caesalpinia spinosa) como ayudante de coagulación en el tratamiento de agua potable de la EPS Emapa Huancavelica [Tesis para optar el título de ingeniero ambiental y sanitario; Universidad Nacional de Hvca]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4059>
- CEPIS. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano - Aspectos Fisicoquímicos de la Calidad del Agua*. Obtenido de Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS: https://www.ingenieriasanitaria.com.pe/pdf/manual1/tomo1/ma1_tomo1_indice.pdf
- CEPLAN. (19 de Enero de 2023). *Perú: Alto riesgo de vulnerabilidad debido a crisis del agua*. Obtenido de Nota de Prensa - Centro Nacional de Planeamiento Estratégico - Plataforma del Estado Peruano: <https://www.gob.pe/institucion/ceplan/noticias/690049-peru-alto-riesgo-de-vulnerabilidad-debido-a-crisis-del-agua>
- Cerna, A. (2020). *Optimización de las dosis de alúmina en diferentes valores de Ph y turbidez iniciales para la remoción de turbidez en el agua de*

- consumo humano de la UNAS [Tesis para optar el grado de Mestría en Ciencias en Agroecología; UNAS]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/items/30236b69-803e-4b57-959d-53f4660903c4>*
- Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. (M. T. Noriega, Ed.) *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial* N° 29, 153-170. Obtenido de [http://fresno.ulima.edu.pe/sf/sf_bdfde.nsf/OtrosWeb/Ing29Tratamiento/\\$file/07-ingenieria-calidad-CHULLUNCUY.pdf](http://fresno.ulima.edu.pe/sf/sf_bdfde.nsf/OtrosWeb/Ing29Tratamiento/$file/07-ingenieria-calidad-CHULLUNCUY.pdf)
- Coral, D., & Dalila, S. (2021). *Determinación de riesgo en el centro poblado San Sebastián de Quera, distrito Santa María del Valle, Huánuco 2020 [Tesis para optar el título de ingeniero ambiental;UPN]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27539>*
- Crespo Argudo, V. D. (2021). *Análisis comparativo entre el hidroxiclورو de aluminio y sulfato de aluminio como alternativa coagulante en la planta de tratamiento de agua potable “Mahuarca” en la ciudad de Azogues [Tesis de Maestría, Universidad Estatal de Milagro - Ecuador]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/handle/123456789/7009>*
- Duran, D. (2021). *Efecto de penca de tuna (opuntia ficus indica) con semilla de moringa (moringa oleifera) como coagulante natural para disminuir la turbidez del agua en el reservorio de la Jass del centro poblado de Vichaycoto, Huánuco - 2021 [Tesis para optar el título]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2949>*
- Ecológico, P. (Enero de 2009). *Perú Ecológico TARA (Caesalpinia spinosa). Obtenido de Perú Ecológico : https://www.peruecologico.com.pe/flo_tara_1.htm*
- Escalante, E., & Caro, A. (2002). *ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE DATOS EN SPSS* (Primera Edición ed.). (U. d. Educación., Ed.) Chile.
- Etecé, E. (5 de agosto de 2021). *Agua Potable - Concepto, obtención y características. Obtenido de Concepto: <https://concepto.de/agua-potable/>*

- Fisher Scientific. (s.f.). *Thermo Scientific-Conductividad/TDS/resistividad/salinidad/temp.* Obtenido de Fisher Scientific: <https://www.fishersci.es/shop/products/orion-star-a322-conductivity-portable-meter/p-4529312>
- Flowen. (6 de Agosto de 2020). *Turbidez en el agua.* Obtenido de Flowen: <https://flowen.com.pe/turbidez-en-el-agua/>
- Galvis, M., Cynthia, O., & Yesid, R. (junio de 2011). *Coagulantes naturales de origen vegetal.* Obtenido de Monografias.com : <https://www.monografias.com/trabajos85/coagulantes-naturales-origen-vegetal/coagulantes-naturales-origen-vegetal>
- Garcia, B., Arnal, J., & Sancho, M. (2 de julio de 2017). *Uso de coagulantes naturales.* Obtenido de I International Conference on Water and Sustainability: <https://icws.upc.edu/en/shared/plantilla-presentacionsv2-coagulantes-congreso.pdf>
- HACH. (Marzo de 2021). *Turbidímetro con lámpara de tungsteno TL2300.* Obtenido de HACH: <https://es.hach.com/turbidimetro-con-lampara-de-tungsteno-tl2300-epa-0-a-4000-ntu/product-details?id=50908021205>
- Herba Zest. (24 de Febrero de 2021). *Tara .* Obtenido de Herba Zest: <https://www.herbazest.com/es/hierbas/tara>
- Hernandez Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA.* Mexico: McGraw Hill.
- Industria Sulfurica - ISUSA. (30 de abril de 2016). *Sulfato de Aluminio.* Obtenido de Isusa: <http://www.isusa.com.uy/producto/sulfato-de-aluminio-en-polvo-super-fino>
- INEI. (Junio de 2020). *Formas de acceso al agua y saneamiento básico.* Obtenido de Boletín informativo, Lima – Perú. - INEI: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf
- Maceira, A., & Gonzales, P. (agosto de 2020). *Que es el agua.* Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua>
- Mallqui, M., & Witting, J. C. (2023). *Informe de monitoreo de calidad de agua.* Santa Maria del Valle.

- Meza et al. (13 de Marzo de 2018). *Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de Moringa oleífera en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico*. Obtenido de Dialnet.: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6340617>
- Ministerio de Salud. (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>
- Naciones Unidas. (18 de Marzo de 2019). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Naciones Unidas - Noticias ONU: <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452891>
- Nolasco, G. (2020). *Goma de tara (Caesalpinia Spinosa) y su efecto en los procesos de coagulación-floculación en el tratamiento de las aguas del río Chumbao, Andahuaylas – Apurímac [Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Tecnológica de los Andes]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14512/276>
- Nolte, M. (5 de Junio de 2020). *Perú: La problemática del acceso al agua potable en asentamientos humanos en la periferia de Lima*. Obtenido de National Geographic: <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2020/06/problematica-del-acceso-al-agua-potable-lima-peru>
- Ñaupas, H. e. (2018). *Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (5a. Edición ed.). Bogota: Ediciones de la U.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA. (2015). *Instrumentos básicos para la Fiscalización Ambiental*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sial-sialtrujillo/archivos/public/docs/4686.pdf>
- Pacific Control. (2024). *Informe de ensayo N° 2024-0006951*. Villa El Salvador - Lima.
- Pujol, R. (06 de Abril de 2022). *Tratamiento del agua potable - Sistemas de purificación de agua para uso doméstico*. Obtenido de caloryfrio.com: <https://www.caloryfrio.com/bano-agua/tratamiento-del-agua-potable-sistemas-purificacion-agua-uso-domestico.html>
- Sierra et al. (9 de Agosto de 2019). *Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando médula de banano como coagulante*. Obtenido de

Revista UIS Ingenierías, 18(4), 131-138:
<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/9750/9877>

Supo, J., & Zacarías, H. (2020). *Metodología de la investigación científica* (Tercera Edición ed.). Arequipa: BIOESTADISTICO EEDU EIRL.

Torres, A. (2019). *Comparación de la eficiencia de goma de (Caesalpinia spinosa) y sulfato de aluminio para mejorar la calidad del agua del Dren 2210 [Tesis para optar el título de ingeniero ambiental; Universidad Cesar Vallejo; Chiclayo – Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/50302>

Vasquez, M. (2019). *Diseño de la Operación de Clarificación empleando la Moringa como Coagulante y Floculante Natural para la reducción de la turbidez del agua [Tesis para optar el título de ingeniero industrial, Universidad Nacional Hermilio Valdizan - UNHEVAL]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13080/5919>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Espinoza Chahua, Y. (2025). *Comparación de la eficiencia de la semilla de tara (Caesalpinia spinosa) y del sulfato de aluminio como coagulante, en el tratamiento del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, Huánuco 2024*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	POBLACION Y MUESTRA
Problema general: ¿Qué coagulante será más eficiente en el tratamiento de agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera; semilla de tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>) o sulfato de aluminio?	General: Determinar la eficiencia de la semilla de tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>) y del sulfato de aluminio como coagulante, en el tratamiento del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, Huánuco 2024.	General: Hi: El sulfato de aluminio es más eficiente que la semilla de tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>) como coagulante, en el tratamiento del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, Huánuco 2024.	Variable independiente: Semilla de tara y sulfato de aluminio.	Semilla de tara y sulfato de aluminio	Concentración de solución de trabajo	Población: Cantidad de agua captada por el sistema de agua potable del centro poblado de San Sebastián de Quera, ubicado en el distrito de Santa María del Valle, Huánuco.
			Variable dependiente: Tratamiento de agua para consumo humano.	Parámetros fisicoquímicos	Dosis óptima	
					Porcentaje de remoción	
					Turbiedad	
					Color	
					pH	
					Sólidos Disueltos Totales	
					Aluminio Residual	
					Tanino residual	

**Problemas
Específicos:**

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del agua destinada al consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, antes y después de la aplicación de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante?
- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del agua destinada al consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, antes y después de la aplicación del sulfato de aluminio como coagulante?

**Objetivos
Específicos:**

- Describir las características fisicoquímicas del agua para consumo humano en el centro poblado San Sebastián de Quera, antes y después de la aplicación de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante.
- Describir las características fisicoquímicas del agua para consumo humano en el centro poblado San Sebastián de Quera, antes y después de la aplicación del sulfato de aluminio como coagulante.

**Hipótesis
Específicas:**

- HE1:** Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, mejoran después de la aplicación de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) como coagulante.
- HE2:** Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano del centro poblado San Sebastián de Quera, mejoran después de la aplicación del sulfato de aluminio como coagulante.

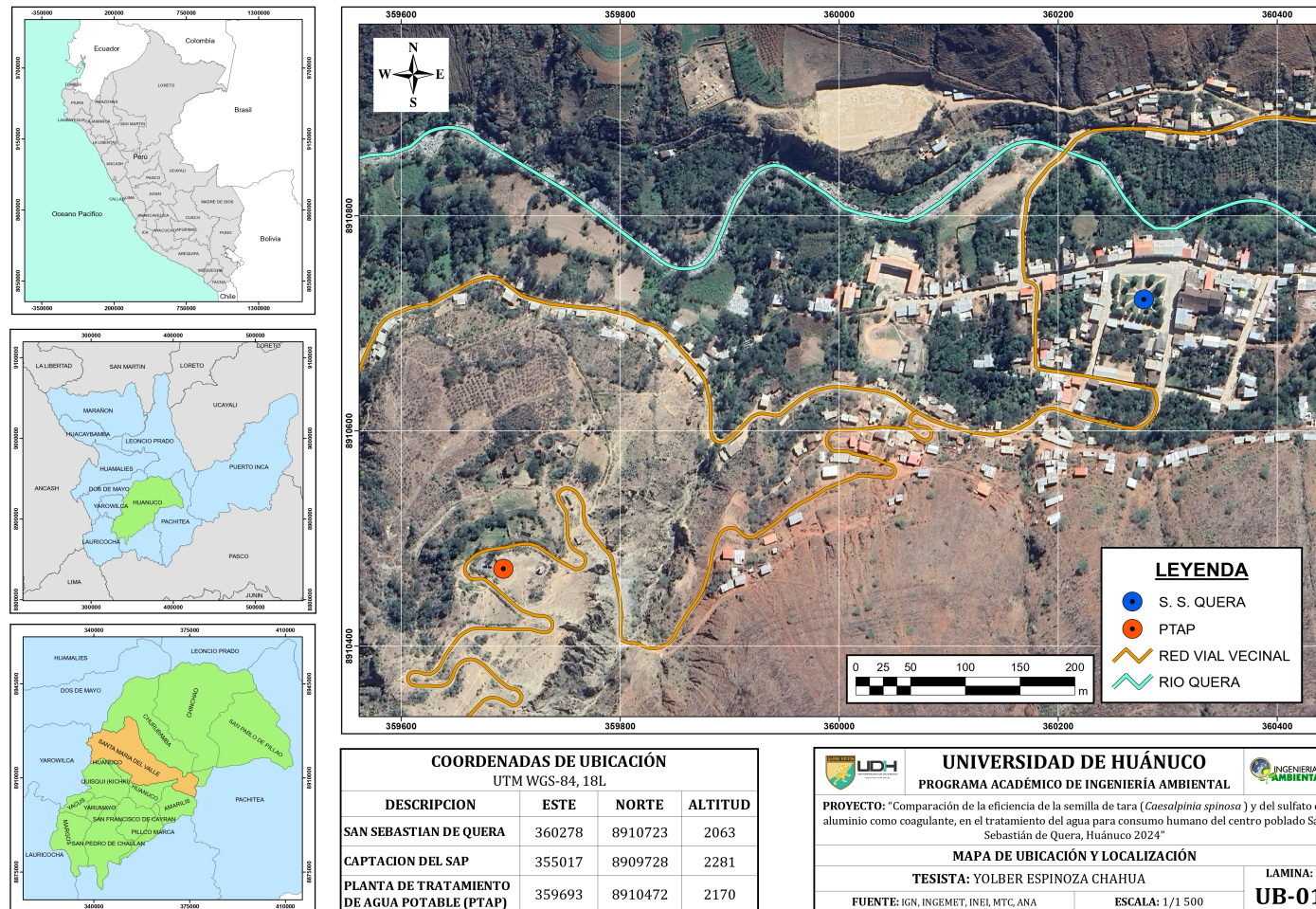
Muestra:

El muestreo utilizado en la presente investigación es la no probabilístico o muestra dirigida, puesto que la selección de las unidades no depende de la probabilidad, sino de razones relacionadas con las características y contexto de la investigación (Hernandez Sampieri & Mendoza, 2018).

Se trabajo con una muestra de 15 litros de agua por cada estudio. Las muestras fueron analizadas antes y después de la aplicación de los coagulantes.

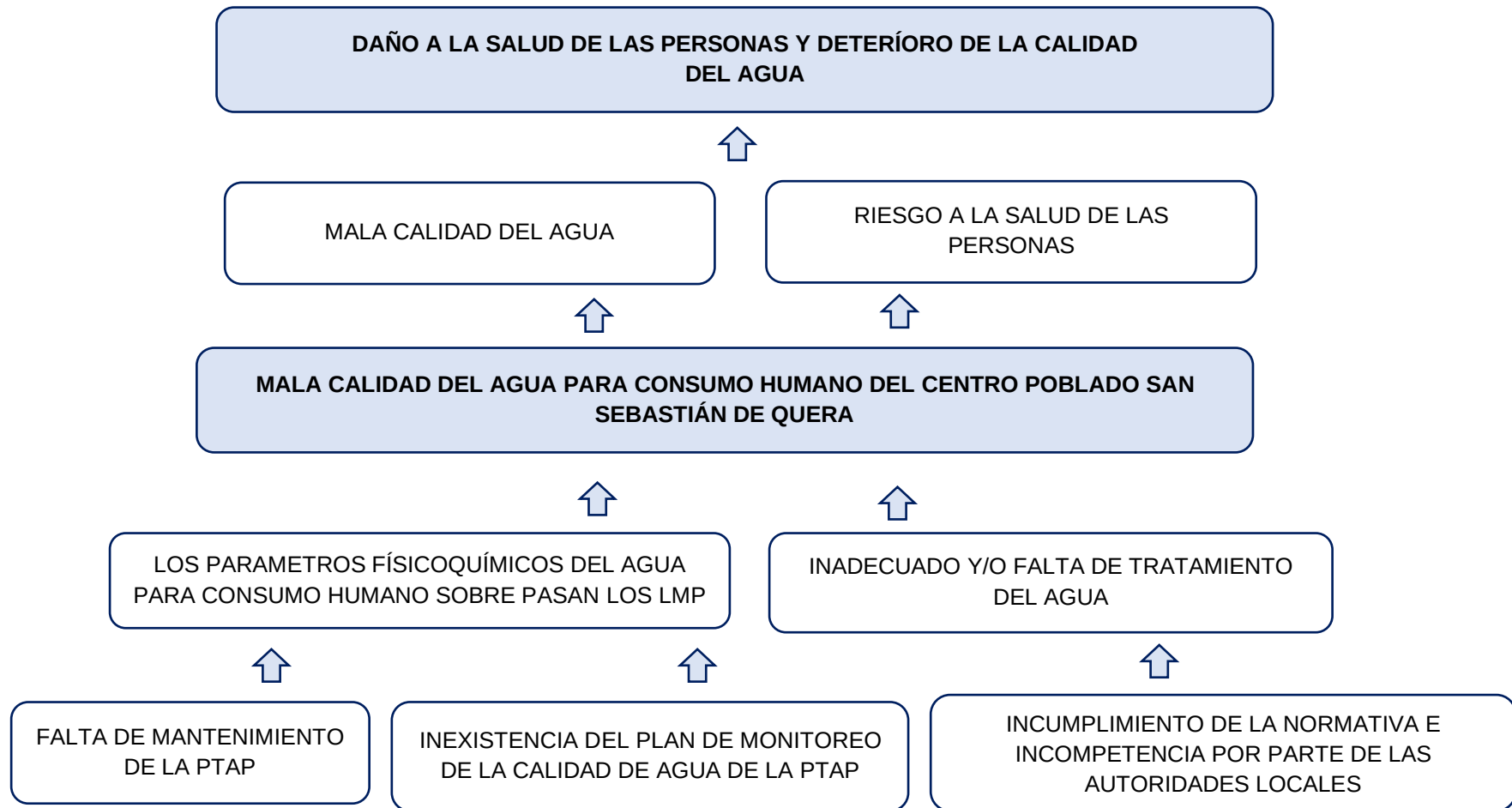
ANEXO 2

UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



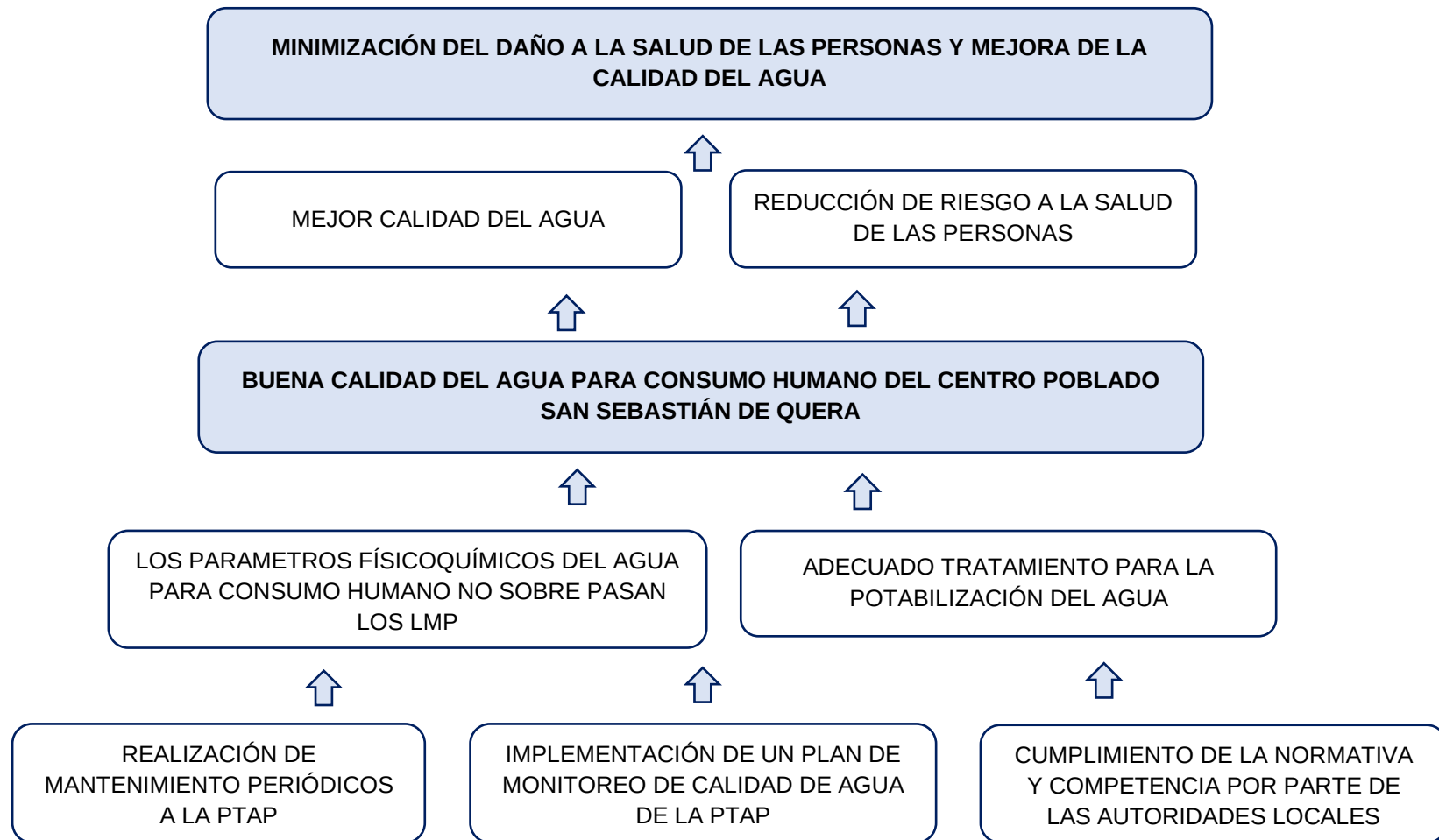
ANEXO 3

ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO



ANEXO 4

ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 5

FICHA DE REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

Nombre del cuerpo de agua Río Quera
Clasificación del cuerpo de agua: Categoría 3
(Categorizado de acuerdo a la R.J.N°202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: —

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: RQUER 1
(Según lo indicado en el ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción: C.P. San Sebastián de Quera / Yanayacu
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad: Trocha Carrozable
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad: —
(Describir el tramo del río o quebrada o la bahía o zona de laguna o mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo: Proyecto de Investigación
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante,)

Reconocimiento del Entorno: —
(Indicar referencias topográficas que permiten el fácil reconocimiento del punto en campo)

UBICACIÓN

Distrito:	Provincia:	Departamento
<u>Santa María del Valle</u>	<u>Huánuco</u>	<u>Huánuco</u>

Localidad: San Sebastián de Quera

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: ☒ Proyección UTM
☐ Geográficas

Norte/Latitud: <u>8909728</u>	Zona: <u>18</u>	(17, 18 o 19; para UTM solamente)
Este/Longitud: <u>355017</u>	Altitud: <u>2283</u>	(metros sobre el nivel del mar)

Croquis de Ubicación del Punto de Monitoreo (referencia)

—

Fotografía: (tomada a un mínimo de 20 mts. De distancia del punto de monitoreo)

—

Elaborado por: Yolber Espinoza Chahu

Fecha: 11/04/2024

ANEXO 6

FICHA DE REGISTRO DE PRUEBA DE JARRAS

FICHA DE REGISTRO DE PRUEBA DE JARRAS

PRUEBA N° 01 - SEMILLA DE TARRA AL 0.5%

FECHA: 11/04/2024

PARÁMETROS	DOSIFICACIÓN				OBSERVACIONES		AGUA DECANTADA			
	MEZCLA RAPIDA				VOLUMEN DE JARRAS		FLOCULACIÓN		DECANTACIÓN	
	Tiempo: 5 seg				2000 ml		Tiempo Floc: 15 min		Tiempo Dec: 10 min	
Velocidad: 300 RPM				Velocidad: 70 RPM						
						Velocidad: 40 RPM				
						Velocidad: 20 RPM				
N° Jarra	Tratamiento con semilla de tara		Tratamiento con sulfato de aluminio		Tiempo de floculación (seg)	Indice de Wilcomb	Resultados de parametros - post tratamiento			
	Concentración de solución trabajo:		Concentración de solución trabajo:				Turbiedad	Color	pH	TDS
	ml	mg/L	ml	mg/L						
1	3	7.5			35	2	26.4	175	7.83	23.86
2	4	10			33	2	26.9	169	7.8	23.65
3	5	12.5			25	4	26.6	171	7.62	23.72
4	6	15			30	4	28.1	166	7.76	23.15
5	7	17.5			25	4	25.7	152	7.13	22.84
6	8	20			23	4	25.9	150	7.29	22.56

INDICE DE FLOCULACIÓN DE WILLCOMB	
0	Flóculo coloidal: Ningún signo de aglutinación.
2	Visible: Flóculo muy pequeño, casi imperceptible
4	Disperso: Flóculo bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
6	Claro: Flóculo de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud
8	Bueno: Flóculo que se deposita fácil pero no completamente
10	Excelente: Flóculo que se deposita completamente, dejando el agua cristalina

Medición de agua cruda	
Turbiedad	32.1
Color	181
Ph	8.23
TDS	24.6



FICHA DE REGISTRO DE PRUEBA DE JARRAS

PRUEBA N° 02 - SEMILLA DE TAPA AL 0.8 %

FECHA: 09/05/2024

PARÁMETROS	DOSIFICACIÓN				OBSERVACIONES		AGUA DECANTADA			
	MEZCLA RAPIDA				VOLUMEN DE JARRAS		FLOCULACIÓN		DECANTACIÓN	
	Tiempo: 5 seg				2000 ml		Tiempo Floc: 15 min		Tiempo Dec: 10 min	
	Velocidad: 300 RPM						Velocidad: 70 RPM			
						Velocidad: 40 RPM				
						Velocidad: 20 RPM				
N° Jarra	Tratamiento con semilla de tara		Tratamiento con sulfato de aluminio		Tiempo de floculación (seg)	Indice de Wilcomb	Resultados de parametros - post tratamiento			
	Concentración de solución trabajo:	0.8-1	Concentración de solución trabajo:	—			Turbiedad	Color	pH	TDS
	ml	mg/L	ml	mg/L						
1	3	12			33	2	10.72	91	8.08	24.73
2	4	16			33	2	10.64	86	7.92	24.32
3	5	20			25	4	10.6	78	7.8	24.28
4	6	24			35	2	12.3	65	7.74	24.8
5	7	28			25	4	10.61	82	7.7	24.17
6	8	32			25	4	11.3	81	7.61	24.21

INDICE DE FLOCULACIÓN DE WILLCOMB	
0	Flóculo coloidal: Ningún signo de aglutinación.
2	Visible: Flóculo muy pequeño, casi imperceptible
4	Disperso: Flóculo bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
6	Claro: Flóculo de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud
8	Bueno: Flóculo que se deposita fácil pero no completamente
10	Excelente: Flóculo que se deposita completamente, dejando el agua cristalina

Medición de agua cruda	
Turbiedad	14.2
Color	93
Ph	8.05
TDS	25.32



FICHA DE REGISTRO DE PRUEBA DE JARRAS

PRUEBA N° 03- SEMILLA DE TAPA AL 1%.

FECHA: 16/05/2024

PARÁMETROS	DOSIFICACIÓN				OBSERVACIONES		AGUA DECANTADA			
	MEZCLA RAPIDA				VOLUMEN DE JARRAS		FLOCULACIÓN		DECANTACIÓN	
	Tiempo: 5 seg				2000 ml		Tiempo Floc: 15 min		Tiempo Dec: 10 min	
	Velocidad: 300 RPM						Velocidad: 70 RPM			
						Velocidad: 40 RPM				
						Velocidad: 20 RPM				
N° Jarra	Tratamiento con semilla de tara		Tratamiento con sulfato de aluminio		Tiempo de floculación (seg)	Indice de Wilcomb	Resultados de parametros - post tratamiento			
	Concentración de solución trabajo:	1%	Concentración de solución trabajo:	—			Turbiedad	Color	pH	TDS
	ml	mg/L	ml	mg/L						
1	3	15			38	2	20.85	119	7.86	25.2
2	4	20			35	4	19.02	124	7.66	25.76
3	5	25			33	4	20.65	117	7.61	26.02
4	6	30			28	6	18.02	125	7.57	26.6
5	7	35			33	4	18.8	119	7.54	27.18
6	8	40			36	2	19.55	123	7.52	27.74

INDICE DE FLOCULACIÓN DE WILLCOMB	
0	Flóculo coloidal: Ningún signo de aglutinación.
2	Visible: Flóculo muy pequeño, casi imperceptible
4	Disperso: Flóculo bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
6	Claro: Flóculo de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud
8	Bueno: Flóculo que se deposita fácil pero no completamente
10	Excelente: Flóculo que se deposita completamente, dejando el agua cristalina

Medición de agua cruda	
Turbiedad	25.8
Color	132
Ph	8.15
TDS	28.23



FICHA DE REGISTRO DE PRUEBA DE JARRAS

PRUEBA N° 01 - SULFATO DE ALUMINIO AL 0.5% FECHA: 11/04/2024

PARÁMETROS	DOSIFICACIÓN				OBSERVACIONES		AGUA DECANTADA				
	MEZCLA RAPIDA				VOLUMEN DE JARRAS		FLOCULACIÓN		DECANTACIÓN		
	Tiempo: 5 seg Velocidad: 300 RPM				2000 ml		Tiempo Floc: 15 min		Tiempo Dec: 10 min		
							Velocidad: 70 RPM				
								Velocidad: 40 RPM			
								Velocidad: 20 RPM			
N° Jarra	Tratamiento con semilla de tara		Tratamiento con sulfato de aluminio		Tiempo de floculación (seg)	Indice de Wilcomb	Resultados de parametros - post tratamiento				
	Concentración de solución trabajo:	—	Concentración de solución trabajo:	0.5 %			Turbiedad	Color	pH	TDS	
	ml	mg/L	ml	mg/L							
1			3	7.5	33	4	23.8	141	7	15.88	
2			4	10	28	6	8.57	130	6.89	16.27	
3			5	12.5	28	6	7.19	138	6.87	16.57	
4			6	15	21	8	6.34	115	6.86	16.88	
5			7	17.5	23	6	8.8	123	6.94	17.19	
6			8	20	28	6	7.79	136	7.06	17.51	

INDICE DE FLOCULACIÓN DE WILLCOMB	
0	Flóculo coloidal: Ningún signo de aglutinación.
2	Visible: Flóculo muy pequeño, casi imperceptible
4	Disperso: Flóculo bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
6	Claro: Flóculo de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud
8	Bueno: Flóculo que se deposita fácil pero no completamente
10	Excelente: Flóculo que se deposita completamente, dejando el agua cristalina

Medición de agua cruda	
Turbiedad	32.1
Color	181
Ph	8.23
TDS	24.6



FICHA DE REGISTRO DE PRUEBA DE JARRAS

PRUEBA N° 02 - SULFATO DE ALUMINIO AL 0.8 %

FECHA: 09/05/2024

PARÁMETROS	DOSIFICACIÓN				OBSERVACIONES		AGUA DECANTADA			
	MEZCLA RAPIDA				VOLUMEN DE JARRAS		FLOCULACIÓN		DECANTACIÓN	
	Tiempo: 5 seg				2000 ml		Tiempo Floc: 15 min		Tiempo Dec: 10 min	
	Velocidad: 300 RPM						Velocidad: 70 RPM			
						Velocidad: 40 RPM				
						Velocidad: 20 RPM				
N° Jarra	Tratamiento con semilla de tara		Tratamiento con sulfato de aluminio		Tiempo de floculación (seg)	Indice de Wilcomb	Resultados de parametros - post tratamiento			
	Concentración de solución trabajo:	—	Concentración de solución trabajo:	0.8 %			Turbiedad	Color	pH	TDS
	ml	mg/L	ml	mg/L						
1			3	12	35	4	10.4	87	7.4	24.91
2			4	16	36	4	10.7	88	7.3	25.27
3			5	20	30	6	1.7	51	6.69	23.88
4			6	24	23	8	1.79	83	6.65	26.45
5			7	28	28	6	1.93	76	6.56	26.71
6			8	32	28	6	1.95	79	6.46	27.64

INDICE DE FLOCULACIÓN DE WILLCOMB	
0	Flóculo coloidal: Ningún signo de aglutinación.
2	Visible: Flóculo muy pequeño, casi imperceptible
4	Dísperso: Flóculo bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
6	Claro: Flóculo de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud
8	Bueno: Flóculo que se deposita fácil pero no completamente
10	Excelente: Flóculo que se deposita completamente, dejando el agua cristalina

Medicion de agua cruda	
Turbiedad	14.2
Color	93
Ph	8.05
TDS	25.32



FICHA DE REGISTRO DE PRUEBA DE JARRAS

PRUEBA N° 03 - SULFATO DE ALUMINIO AL 1%.

FECHA: 16/05/2024

PARÁMETROS	DOSIFICACIÓN				OBSERVACIONES		AGUA DECANTADA				
	MEZCLA RAPIDA				VOLUMEN DE JARRAS		FLOCULACIÓN		DECANTACIÓN		
	Tiempo: 5 seg				2000 ml		Tiempo Floc: 15 min		Tiempo Dec: 10 min		
	Velocidad: 300 RPM						Velocidad: 70 RPM				
						Velocidad: 40 RPM					
						Velocidad: 20 RPM					
Nº Jarra	Tratamiento con semilla de tara		Tratamiento con sulfato de aluminio		Tiempo de floculación (seg)	Indice de Wilcomb	Resultados de parametros - post tratamiento				
	Concentración de solución trabajo:	—	Concentración de solución trabajo:	1 - 1.			Turbiedad	Color	pH	TDS	
	ml	mg/L	ml	mg/L							
1			3	15	35	4	7.95	111	7.88	27.2	
2			4	20	24	8	2.27	116	7.77	26.83	
3			5	25	18	8	1.25	80	7.59	22.41	
4			6	30	20	6	1.64	68	7.44	23.21	
5			7	35	20	6	1.58	81	7.37	24.36	
6			8	40	20	6	1.5	64	7.35	23.03	

INDICE DE FLOCULACIÓN DE WILLCOMB	
0	Flóculo coloidal: Ningún signo de aglutinación.
2	Visible: Flóculo muy pequeño, casi imperceptible
4	Disperso: Flóculo bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
6	Claro: Flóculo de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud
8	Bueno: Flóculo que se deposita fácil pero no completamente
10	Excelente: Flóculo que se deposita completamente, dejando el agua cristalina

Medición de agua cruda	
Turbiedad	25.8
Color	132
Ph	8.15
TDS	28.23



FICHA DE REGISTRO DE PRUEBA DE JARRAS

PRUEBA

Semilla de Tara y Sulfato de aluminio

FECHA: 16/05/2024

PARÁMETROS	DOSIFICACIÓN				OBSERVACIONES		AGUA DECANTADA				
	MEZCLA RAPIDA				VOLUMEN DE JARRAS		FLOCULACIÓN		DECANTACIÓN		
	Tiempo: 5 seg				2000 ml		Tiempo Floc: 15 min		Tiempo Dec: 10 min		
	Velocidad: 300 RPM						Velocidad: 70 RPM				
						Velocidad: 40 RPM					
						Velocidad: 20 RPM					
N° Jarra	Tratamiento con semilla de tara		Tratamiento con sulfato de aluminio		Tiempo de floculación (seg)	Indice de Wilcomb	Resultados de parametros - post tratamiento				
	Concentración de solucion trabajo:		Concentración de solucion trabajo:				Turbiedad	Color	pH	TDS	
	ml	mg/L	ml	mg/L							
1	2	4	1	5	36	4	5.92	84	7.59	25.2	
2	2	4	2	10	33	6	1.68	69	7.55	25.76	
3	2	4	3	15	25	8	1.32	62	7.49	26.02	
4	2	4	4	20	25	8	1.18	35	7.43	26.6	
5	2	4	5	25	28	6	1.45	66	7.37	27.18	
6	2	4	6	30	30	6	1.76	65	7.31	27.74	

INDICE DE FLOCULACIÓN DE WILLCOMB	
0	Flóculo coloidal: Ningún signo de aglutinación.
2	Visible: Flóculo muy pequeño, casi imperceptible
4	Disperso: Flóculo bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
6	Claro: Flóculo de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud
8	Bueno: Flóculo que se deposita fácil pero no completamente
10	Excelente: Flóculo que se deposita completamente, dejando el agua cristalina

Medicion de agua cruda	
Turbiedad	25.91
Color	129
Ph	8.09
TDS	28.3



114

ANEXO 8

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA SEMILLA DE TARA COMO COAGULANTE

ALNICOLSA

MAQUINARIAS Y PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES

<http://taninos.tripod.com>

Callao-Ventanilla-Perú

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TARA GUM ALNICOLSA

	Especificación Técnica	Resultados Lote 2023
COLOR:	Blanco	Blanco
OLOR:	Inodora	Inodora
HUMEDAD:	Máximo 13 %	9.73%
GALACTOMANANOS:	Mínimo 85%	86.04%
PROTEINAS (N x 5.7):	Máximo 3.00%	2.02%
GRASAS:	Máximo 0.75%	0.41%
CENIZAS:	Máximo 1.5%	0.90%
INSOLUBLES EN ÁCIDO:	Máximo 2%	0.90%
pH:	5 – 7.5	6.75
PLOMO:		No detectable
ARSÉNICO:	Máximo 5 ppm	No detectable
MERCURIO:	Máximo 3 ppm	No detectable
CADMIO:	Máximo 1 ppm	No detectable
TOTAL, DE METALES PESADOS (Cu + Zn):	Máximo 1 ppm	No detectable
ALMIDONES:	Máximo 20 ppm	1.25 ppm
VISCOSIDAD:	No detectable	No detectable
	5000 – 6800 cps	5500cps

(Solución al 1 %, Brookfield RVDVE, 25 °C, 20 RPM, spindle #4)

GRANULOMETRÍA:

MESH	200	150	100
MICROMETER	75u	106u	150u
% OF PASSING TROUGH MESH	40%	93%	100%

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Aerobios Mesófilos:	< 250 ufc/g	< 100 ufc/gr
Mohos y Levaduras:	< 100 ufc/g	< 100 ufc/gr
E. Coli y Coliformes:	Negativo	< Negativo
Salmonella:	Negativo	< Negativo

Presentación: Sacos de papel con bolsa interior de polietileno de 25 Kg.

Tiempo de vida útil: 2 años

Condiciones de Almacenamiento: Lugar fresco, seco y ventilado alejado de fuentes de luz y olores. Mantener el producto herméticamente cerrado.

Ingrediente: Endospermo de la Semilla de Tara (*Caesalpinia spinosa*).

Usos: Aditivo alimentario natural, utilizado como: espesante, gelificante, estabilizador, aglomerante en productos lácteos, confitería, bebidas, cereales, tratamiento de agua potable o coagulante, etc.

E-mail: alnicolsa@gmail.com
RUC: 10256491139

Telefax (511) 5530981
Móvil: 990258715

ANEXO 9

RESULTADOS DEL MONITOREO DEL SISTEMA DE AGUA DEL MES DE MAYO DEL 2023

GOBIERNO REGIONAL
HUANUCO

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA MARÍA DEL VALLE
DIRECCION REGIONAL DE SALUD DE HUANUCO
RED DE SALUD HUANUCO
MICRO RED SANTA MARIA DEL VALLE
"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO".

20 JUN 2023

Exp. N°: 4512 Hora: 10:45
Firma: [Firma] Folios: 16

Santa María del Valle, 17 de Junio del 2023.

OFICIO N° 498-23 GR/HCO-DRS-HCO-RS - HCO-JMRSMV- MMO

SR. WILSON MANUEL PALOMINO CLAUDIO.

ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA MARÍA DEL VALLE.

ATENCION: AREA TECNICA MUNICIPAL

ASUNTO: Resultados del monitoreo del sistema de agua correspondiente al mes de mayo de 2023.

De mi especial consideración.

Es grato dirigirme a Usted para saludarlo cordialmente y hacer de su conocimiento que en el marco de las competencias de sector salud, la Micro Red de Salud Santa María del Valle a través de la Oficina de Saneamiento Ambiental del C.S. Santa María del Valle, realizó el monitoreo de la calidad de agua para consumo humano en los sistemas correspondientes a la jurisdicción de la Microrred de Santa María del Valle del mes de mayo, cuyo cuadro de resultados adjunto al presente.

Informamos a usted de los resultados obtenidos, manifestándole que los sistemas que no contienen cloro son considerados como agua **NO SEGURA**, para el consumo humano por lo que recomendamos el uso y control de cloro en reservorio para ser consumida como agua segura.

Sin otro particular, es propicia la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración.

Atentamente



[Firma]
Maribel Malqui Ortega
MEDICO CIRUJANO
CMP 51565

MUNICIPALIDAD DISTRITAL
SANTA MARIA DEL VALLE
ÁREA TÉCNICA MUNICIPAL

21 JUN. 2023

RECIBIDO

Exp. N°: 193 Hora: 10:30 am
Firma: [Firma] Folios: 16

ADJUNTO:

Cuadro de resultados.

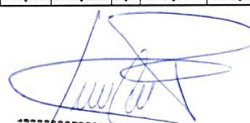
Copias de resultados de análisis bacteriológicos y parasitológicos

INFORME DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA CORRESPONDIENTE AL MES DE MAYO

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

RED DE SALUD HUÁNUCO - 2022						Parámetro		Microbiológico				Parasitológico	CALIFICACION
N°	Provincia	Distrito	IPRESS	Centro Poblado	Punto de muestreo	cloro	Turb.	Coliformes Fecales	Coliformes Totales	E. Coli	Bact. Heterotróficas	Helmintos	
STA. M. DEL VALLE						PARAMETROS NORMALES							
1	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	SAN JOSE CAYRAN	CD	0.7	0						APTA
2	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	ZANJAPAMPA	CD	0.9	0						APTA
3	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	GOLLAYHUASI	CD	0.9	0						APTA
4	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	SAN PABLO DE BORUNDA	CD	0.9	0						APTA
5	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	SAN AGUSTIN DE CEDRONIYOG	CD	0.9	0						APTA
6	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	SANTA ISABEL	CD	0.9	0						APTA
7	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	SANTA ROSA DE SIRABAMBA	CD	0.9	0						APTA
8	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. STA.M. VALLE	SANTA MARIA DEL VALLE	CD	0.6	0						APTA
9	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. STA.M. VALLE	TAULLIGAN	CD	0.3	0					0	NO SEGURA
10	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. STA.M. VALLE	HUAYRAURCA	CD	0.7	0					0	APTA
11	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. STA.M. VALLE	CASHA	CD	0.7	0						APTA
12	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. STA.M. VALLE	MARCOPATA	CD	0	5					0	NO APTA
13	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. STA.M. VALLE	LA DESPENSA	CD	0	3						NO APTA
14	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. STA.M. VALLE	SAN JUAN DE MARAMBUO	CD	0.5	0						APTA
15	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. STA.M. VALLE	MIRACHI	CD	0.5	0						APTA
16	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. STA.M. VALLE	SANTA ROSA DE MARAMBUO	CD	0.5	0						APTA
17	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. LLACSA	SAN MIGUEL DE LLACSA	CD	0	0						NO APTA
18	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. LLACON	SANTIAGO DE LLACON (LLACON)	CD	0.5	0						APTA
19	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. LLACON	SAN SEBASTIAN DE GORAMARCA	CD	0.4	0.72						NO SEGURA
20	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. LLACON	SAN FELIPE	CD	0	1.5						NO APTA
21	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. TBO. SAN JOSÉ	TAMBO DE SAN JOSE (SAN JOSE DE	CD	0.1	1	0	0	0	98		APTA
22	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. TBO. SAN JOSÉ	KILICSHA	CD	0	1	0	0	0	104	0	NO APTA
23	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. QUERA	SEÑOR DE LOS MILAGROS GARBANZ	CD	0.1	0						NO SEGURA
24	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. QUERA	SAN PEDRO DE MACHA	CD	0.2	0						NO SEGURA
25	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. QUERA	JATUN PUCRO	CD	1	0						APTA
26	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. QUERA	SAN SEBASTIAN DE QUERA	CD	0	8					0	NO APTA
27	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. LLACON	SAN ISIDRO DE VISAG	CD	0.4	1						NO SEGURA
28	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. LLACON	SAN ASUNCION DE RACCHECANCHA	CD	0.4	0.5						NO SEGURA
29	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. RATACOCHA	SANTA CRUZ DE RATACOCHA	CD	0.83	0						APTA
30	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	MARIAN	CD	0.9	0						APTA
31	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. MITOQUERA	MITOQUERA (SAN MIGUEL DE MITO	CD	0.5	0						APTA
32	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. POMACUCHO	SAN JUAN DE LLIHUARI	CD	0.4	0.3					0	NO SEGURA
33	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. POMACUCHO	POMACUCHO	CD	0.6	0						APTA
34	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. POMACUCHO	SANTA ROSA DE SALVIA	CD	1.7	0					0	APTA
35	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. INGENIO BAJO	INGENIO BAJO	CD	0	2						NO APTA
36	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. CHOQUECANCHA	SAN PEDRO DE CHOQUECANCHA	CD	0.6	0					0	APTA
37	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. PACHABAMBA	PACRO YUNCAN	CD	0.8	0					0	APTA
38	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. PACHABAMBA	HUANQUILLA	CD	1	0					0	APTA
39	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. PACHABAMBA	PACHABAMBA	CD	0.5	0	0	0	0	12		APTA
40	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. PACHABAMBA	YAYUNA	CD	0.5	0					0	APTA
41	HUÁNUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. PACHABAMBA	HUAGRACANCHA	CD	0.6	0.47					0	
PARAMETROS OBSERVADOS						15	1	0	0	0	0	0	
MONITOREO MENSUAL					41								

INDICADOR II - FED: Monitoreo de centros poblados con sistemas de abastecimiento de agua al 100 %.


Juan Carlos Witting Poma
MEDICO VETERINARIO
CNPV N° 10230

ANEXO 10

RESULTADOS DEL MONITOREO DEL SISTEMA DE AGUA DEL MES DE ABRIL DEL 2023



DIRECCION REGIONAL DE SALUD DE HUANUCO
RED DE SALUD HUANUCO
MICRO RED SANTA MARIA DEL VALLE
"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO".



OFICIO N° 34723 GR/HCO-DRS-HCO-RS - HCO-JMRSMV- MMO

SR. WILSON MANUEL PALOMINO CLAUDIO.

ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA MARÍA DEL VALLE.

ATENCION: AREA TECNICA MUNICIPAL

ASUNTO: Resultados del monitoreo del sistema de agua correspondiente al mes de abril de 2023.

De mi especial consideración.

Es grato dirigirme a Usted para saludarlo cordialmente y hacer de su conocimiento que en el marco de las competencias de sector salud, la Micro Red de Salud Santa María del Valle a través de la Oficina de Saneamiento Ambiental del C.S. Santa María del Valle, realizó el monitoreo de la calidad de agua para consumo humano en los sistemas correspondientes a la jurisdicción de la Microrred de Santa María del Valle del mes de abril, encontrándose los siguientes resultados:



MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO -MES DE ABRIL

M.R SANTA MARIA DEL VALLE						Parámetro							CALIFICACION
N°	Provincia	Distrito	IPRESS	Centro Poblado	Punto de muestreo	cloro	Turb.	Coliformes Fecales	Coliformes Totales	E. Coli	Bact. Heterotróficas	Parasitología	
STA. M. DEL VALLE						PARAMETROS NORMALES	24						
1	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	SAN JOSE CAYRAN	C.D (V. INTERMEDIA)	0.7	0						SEGURA
2	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	ZANJAMPAMPA	C.D (V. INTERMEDIA)	0.7	0						SEGURA
3	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	GOLLAYHUASI	C.D (V. INTERMEDIA)	0.7	0						SEGURA
4	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	SAN PABLO DE BORUNDA	C.D (V. INTERMEDIA)	0.8	0						SEGURA
5	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	SAN AGUSTIN DE CEDRONIYOG	C.D (V. INTERMEDIA)	0.6	0						SEGURA
6	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	SANTA ISABEL	C.D (V. INTERMEDIA)	0.7	0						SEGURA
7	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	SANTA ROSA DE SIRABAMBA	C.D (V. INTERMEDIA)	0.9	0						SEGURA
8	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. ST.A.M. VALLE	SANTA MARIA DEL VALLE	C.D (V. INTERMEDIA)	0.9	0						SEGURA
9	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. ST.A.M. VALLE	TAULLIGAN	C.D (V. INTERMEDIA)	0.5	0						SEGURA
10	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. ST.A.M. VALLE	HUAYRAURCA	C.D (V. INTERMEDIA)	0.6	0						SEGURA
11	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. ST.A.M. VALLE	CASHA	C.D (V. INTERMEDIA)	0.5	1						SEGURA
12	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. ST.A.M. VALLE	MARCOPIATA	C.D (V. INTERMEDIA)	0.5	0						SEGURA
13	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. ST.A.M. VALLE	LA DESPENSA	C.D (V. INTERMEDIA)	0	1						NO SEGURA
14	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. ST.A.M. VALLE	SAN JUAN DE MARAMBUO	C.D (V. INTERMEDIA)	0.5	0.33						SEGURA
15	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. ST.A.M. VALLE	MIRACHI	C.D (V. INTERMEDIA)	0.6	0						SEGURA
16	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. ST.A.M. VALLE	SANTA ROSA DE MARAMBUO	C.D (V. INTERMEDIA)	0.6	0.77						SEGURA
17	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. LLACSA	SAN MIGUEL DE LLACSA	C.D (V. INTERMEDIA)	0.5	0						SEGURA
18	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. LLACON	SANTIAGO DE LLACON (LLACON)	C.D (V. INTERMEDIA)	0.4	0.3						NO ADECUADA
19	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. LLACON	SAN SEBASTIAN DE GORAMARCA	C.D (V. INTERMEDIA)	0.3	0.6						NO ADECUADA
20	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. LLACON	SAN FELIPE	C.D (V. INTERMEDIA)	0	1.5						NO SEGURA
21	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. TBO. SAN JOSÉ	TAMBO DE SAN JOSE (SAN JOSE DE TAMBO)	C.D (V. INTERMEDIA)	0.6	0						SEGURA
22	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. TBO. SAN JOSÉ	KILICSHA	C.D (V. INTERMEDIA)	0	0						NO SEGURA
23	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. QUERA	SEÑOR DE LOS MILAGROS GARBANZO HUANI HUARI	C.D (V. INTERMEDIA)	0	0						NO SEGURA
24	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. QUERA	SAN PEDRO DE MACHA	C.D (V. INTERMEDIA)	0	0						NO SEGURA
25	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. QUERA	JATUN PUCRO	C.D (V. INTERMEDIA)	1	0						SEGURA
26	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	C.S. QUERA	SAN SEBASTIAN DE QUERA	C.D (V. INTERMEDIA)	0	9						NO SEGURA
27	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. LLACON	SAN ISIDRO DE VISAG	C.D (V. INTERMEDIA)	0.3	2.2						NO ADECUADA
28	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. LLACON	SAN ASUNCION DE RACCHE CANCHA	C.D (V. INTERMEDIA)	0.3	6						NO ADECUADA
29	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. RATACOCHA	SANTA CRUZ DE RATACOCHA	C.D (V. INTERMEDIA)	0.5	0	0	0	0	86		SEGURA
30	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. SIRABAMBA	MARIAN	C.D (V. INTERMEDIA)	0.7	0						SEGURA
31	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. MITOQUERA	MITOQUERA (SAN MIGUEL DE MITO)	C.D (V. INTERMEDIA)	0.5	0						SEGURA
32	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. POMACUCHO	SAN JUAN DE LLUHUARI	C.D (V. INTERMEDIA)	0.9	10.9						SEGURA
33	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. POMACUCHO	POMACUCHO	C.D (V. INTERMEDIA)	0.5	0.55						SEGURA
34	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. POMACUCHO	SANTA ROSA DE SALVIA	C.D (V. INTERMEDIA)	1.2	10						SEGURA
35	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. INGENIO BAJO	INGENIO BAJO	C.D (V. INTERMEDIA)	0	4	0	0	0	388		NO SEGURA
36	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. CHOQUECANCHA	SAN PEDRO DE CHOQUECANCHA	C.D (V. INTERMEDIA)	0	2	30	44	24	281		NO SEGURA
37	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. PACHABAMBA	PACRO YUNCAN	C.D (V. INTERMEDIA)	0	0	25	59	14	205		NO SEGURA
38	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. PACHABAMBA	HUANQUILLA	C.D (V. INTERMEDIA)	0.1	0	0	0	0	121		NO SEGURA
39	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. PACHABAMBA	PACHABAMBA	C.D (V. INTERMEDIA)	0	0	0	0	0	110		NO SEGURA
40	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. PACHABAMBA	YAYUNA	C.D (V. INTERMEDIA)	0	1	0	0	0	213		NO SEGURA
41	HUANUCO	STA. M. DEL VALLE	P.S. PACHABAMBA	HUAGRACANCHA	C.D (V. INTERMEDIA)	0	0	0	0	0	252		NO SEGURA
PARAMETROS OBSERVADOS						17	4	2	2	2	0	0	

MONITOREO MENSUAL	41
-------------------	----

INDICADOR II - FED: Monitoreo de centros poblados con sistemas de abastecimiento de agua al 100 %.

ANEXO 11

RESULTADOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-074



INFORME DE ENSAYO N° 2024-0006951



Razón social del cliente: ESPINOZA CHAHUA YOLBER RUC: 10741616845
Domicilio legal del cliente: HUANUCO Cotización: 2024-3656

Producto declarado: Agua Para Uso y Consumo Humano / Agua Potable
Número de Muestras: 02
Presentación: Frasco de plástico / Una (01) unidad de 500 mL y Una (01) unidad de 1L
Procedencia: P-03: Agua Post tratamiento con Sulfato de Aluminio - $Al_2(SO_4)_3$
Condición de la muestra: Refrigerada
Muestreado por: El Cliente
Procedimiento de muestreo: No Aplica
Plan de muestreo: No Aplica
Fecha y hora de muestreo: 2024-05-16 - 14:10
Coordenadas: 361754E - 8901337N - Zona: No Aplica
Punto de muestreo: P-03 / Agua Post tratamiento
Fecha de recepción de la muestra: 2024-05-17 - 07:30:00
Código de Muestra: 2024-0006951
Fecha de inicio de análisis: 2024-05-17
Fecha de término de análisis: 2024-05-25
Fecha de emisión: 2024-05-27

Físico Químicos				
Análisis	L.D.M	L.C.M	Unidad	Resultados
Color verdadero	1	3	UC Pt/Co	<3
Aluminio	0,0012	0,003	mg Al L-1	<0,003

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<="= Menor que el L.C.M

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Color verdadero	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24th Ed. 2023 Color. Spectrophotometric - Single-Wavelength Method (Proposed)
Aluminio	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 (1994) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry-1994

"SMEWW-APHA-AWWA-WEF": American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation

"EPA": Agencia de Protección Ambiental

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01/V06, 2023.07.18

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control SAC
Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
(+511) 660 2323

Página 1 de 2
JE/CYP/CYP

INFORME DE ENSAYO N° 2024-0006951



Observaciones

-Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"La información contenida en este informe está basada en pruebas de laboratorio y observaciones realizadas por Pacific Control S.A.C. - Laboratorio. La muestra fue enviada por el cliente sólo para análisis.

Pacific Control S.A.C. Laboratorio. No es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente".


 **QUÍM. CELINO YAHUANA
PALACIOS**
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL SAC
CQP 1543

FIN DE DOCUMENTO

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-15-01/V06, 2023.07.18

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control SAC
Panamericana Sur Km 23.5- Santa
Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 -
Villa el Salvador
(+511) 660 2323

Página 2 de 2
JE/CYP/CYP

INFORME DE ENSAYO N° 2024-0006952


Razón social del cliente: ESPINOZA CHAHUA YOLBER **RUC:** 10741616845
Domicilio legal del cliente: HUANUCO **Cotización:** 2024-3656

Producto declarado: Agua Para Uso y Consumo Humano / Agua Potable
 Número de Muestras: 02
 Presentación: Frasco de plástico / Dos (02) unidades de 500 mL.
 Procedencia: P-02: Agua Post tratamiento con Semilla de Tara
 Condición de la muestra: Refrigerada
 Muestreado por: El Cliente
 Procedimiento de muestreo: No Aplica
 Plan de muestreo: No Aplica
 Fecha y hora de muestreo: 2024-05-16 - 14:10
 Coordenadas: 361754E - 8901337N - Zona: 18L
 Punto de muestreo: P-02 / Agua Post tratamiento
 Fecha de recepción de la muestra: 2024-05-17 - 07:30:00
 Código de Muestra: 2024-0006952
 Fecha de inicio de análisis: 2024-05-20
 Fecha de término de análisis: 2024-05-28
 Fecha de emisión: 2024-05-28

Físico Químicos				
Análisis	L.D.M	L.C.M	Unidad	Resultados
Color verdadero	1	3	UC Pt/Co	<3
Taninos (*)	---	---	%	0.0

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Color verdadero	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24th Ed. 2023 Color. Spectrophotometric - Single-Wavelength Method (Proposed)
Taninos	Método A22 - Alca Determinación de taninos y no taninos solubles en extractos de materiales vegetales tánicos.

"SMEWW-APHA-AWWA-WEF": American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
 FR-13-15-01/ V06, 2023.07.18

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
 Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control SAC
 Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
 (+511) 660 2323

Página 1 de 2
 JE/CYP/CYP

INFORME DE ENSAYO N° 2024-0006952



Observaciones

-Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"La información contenida en este informe está basada en pruebas de laboratorio y observaciones realizadas por Pacific Control S.A.C. - Laboratorio. La muestra fue enviada por el cliente sólo para análisis.

Pacific Control S.A.C. Laboratorio. No es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente".




**QUIM. CELINO YAHUANA
PALACIOS**
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL SAC
CQP 1543

FIN DE DOCUMENTO

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-15-01/ V06, 2023.07.18

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control SAC
Panamericana Sur Km 23.5- Santa
Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 -
Villa el Salvador
(+511) 660 2323

Página 2 de 2
JE/CYP/CYP

ANEXO 12

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1

Recolección de muestra de agua de la captación del sistema de agua potable del centro poblado de San Sebastián de Quera



Fotografía 2

Dilución de los coagulantes mediante un agitador magnético



Fotografía 3

Extracción de la solución madre de semilla de tara para la preparación de las soluciones de trabajo al 0.5%, 0.8% y 1%



Fotografía 4

Extracción de la solución madre de sulfato de aluminio para la preparación de las soluciones de trabajo al 0.5%, 0.8% y 1%



Fotografía 5

Extracción de alícuotas de las soluciones de trabajo de 3 ml, 4 ml, 5 ml, 6 ml, 7 ml y 8 ml



Nota. Se extrajeron alícuotas de 3 ml, 4 ml, 5 ml, 6 ml, 7 ml y 8 ml de las soluciones de trabajo con jeringas para su posterior aplicación en cada jarra. Este procedimiento se realiza de manera independiente para cada coagulante (semilla de tara y sulfato de aluminio).

Fotografía 6

Llenado de las jarras con el agua muestreada



Nota. Una vez finalizado el llenado de las jarras, se enciende el equipo de prueba de jarras y posterior a ello adicionar el coagulante.

Fotografía 7

Adición del coagulante a cada jarra en diferentes dosis



Nota. Después de encender el equipo de prueba de jarras, se agregaron las alícuotas de 3 ml, 4 ml, 5 ml, 6 ml, 7 ml y 8 ml a cada jarra, respectivamente. Este procedimiento se realizó de manera independiente para cada coagulante (semilla de tara y sulfato de aluminio).

Fotografía 8

Formación de flóculos.



Nota. Una vez culminada la adición del coagulante, se da inicio a la formación de flóculos.

Fotografía 9

Decantación de los flóculos



Nota. Una vez culminada el proceso de floculación, se da inicio a la decantación de los flóculos.

Fotografía 10

Medición de los parámetros fisicoquímicos



Nota. Una vez culminada el proceso de coagulación, floculación y decantación, se realiza la medición de los parámetros fisicoquímicos.

Fotografía 11

Toma de muestras para análisis de tanino y aluminio residual



Nota. Una vez culminada la medición de los parámetros fisicoquímicos, se realizó la toma de muestras de la jarra con mayor eficiencia en la remoción de la turbidez, para determinar, a través de un laboratorio acreditado ante INACAL, la presencia de taninos y aluminio residual

Fotografía 12

Supervisión del asesor del proyecto de investigación

