

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación de la dosis óptima de Moringa como
coagulante-floculante en el tratamiento de agua
del manantial Tumpa Puquio-Huancavelica**

Anthony Bautista Rodríguez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Felipe Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Oscar Paul Huari Vila
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 29 de mayo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE MORINGA COMO COAGULANTE - FLOCULANTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUA DEL MANANTIAL TUMPA PUQUIO - HUANCVELICA", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Anthony Bautista Rodríguez, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 15 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

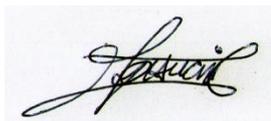
- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 20) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Oscar Paul Huari Vila
Asesor de tesis

ASESOR

Dr. Oscar Paul Huari Vila

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Continental, por darme la oportunidad de continuar con mis estudios académicos profesionales y completar mi tesis de grado.

Al Dr. Oscar Paul Huari Vila en virtud de su inestimable ayuda, así como su orientación en el transcurso de todo el proceso de investigación. Su experiencia y conocimientos me han sido de gran ayuda para avanzar en mi trabajo y alcanzar los objetivos propuestos.

Al Mg. Marino Bautista Vargas por su apoyo emocional durante los momentos de estrés y dudas. Tus palabras de aliento y tu fe en mis habilidades me han dado la confianza necesaria para perseverar y superar obstáculos en el camino. Tu presencia constante ha sido un faro de luz en mi trayectoria, recordándome que siempre puedo contar contigo. Hoy, al culminar este trabajo de investigación, quiero reconocerte como un pilar fundamental en mi vida y como un ejemplo de dedicación y perseverancia. Tus logros personales y académicos me inspiran a seguir persiguiendo mis sueños y a nunca conformarme con menos de lo que soy capaz de lograr.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres Marino Bautista Vargas y Feliciano Rodríguez Aguirre, también a mi hermano Emanuel Jesús Bautista Rodríguez. Como una muestra de mi profundo agradecimiento y reconocimiento por su apoyo y motivación incondicional que han sido pilares fundamentales en mi camino académico para lograr mis objetivos profesionales que me he trazado en la vida.

Desde el inicio, han sido mis compañeros y confidentes, siempre dispuestos a escuchar mis ideas y brindarme valiosas perspectivas. Sus sabidurías y conocimientos en diferentes áreas han sido una fuente inagotable de inspiración para mí, impulsándome a ir más allá de mis límites y desafiando mis propias creencias. A través de nuestras conversaciones llenas de entusiasmo, han alimentado mi curiosidad intelectual y me han instado a profundizar en los temas que más me apasionan. La capacidad que tienen para entender y analizar situaciones complejas me ha ayudado a enriquecer mi investigación y a abordar los desafíos con una mente abierta y creativa.

Por todo esto y mucho más, dedico este trabajo a mis padres y hermano. Que estas páginas sean un tributo a nuestra unión como familia y a la influencia positiva que han tenido en mi desarrollo académico y personal.

ÍNDICE

ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I.....	13
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	13
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	13
1.1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.1.2. Problema general.....	14
1.1.3. Problemas específicos	14
1.2. Objetivos.....	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos	15
1.3. Justificación	15
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	16
1.4.1. Hipótesis general	16
1.4.2. Hipótesis específico	16
1.4.3. Variables.....	17
1.4.3.1. Variable Independiente.....	17
1.4.3.2. Variable Dependiente	17
1.4.3.3. Matriz de operacionalización de las variables.....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes del problema.....	19
2.1.1. Antecedentes internacionales	19

2.1.2.	Antecedentes nacionales	20
2.1.3.	Antecedentes locales	22
2.2.	Fundamento teórico	24
2.2.1.	Moringa Oleífera	24
2.2.2.	Moringa como sustancia coagulante natural	26
2.2.3.	Proceso fisicoquímico de coagulación–floculación	27
2.2.4.	Componentes activos de la Moringa Oleífera en la coagulación	27
2.2.5.	Moringa Oleífera en la purificación de agua	27
2.2.6.	Potabilización del agua	28
2.2.7.	Parámetros fisicoquímicos del agua.....	28
2.2.7.1.	Turbidez	28
2.2.7.2.	Sólidos Disueltos Totales (SDT)	28
2.2.7.3.	Color	28
2.2.7.4.	Olor	29
2.2.7.5.	Sabor	29
2.2.7.6.	Dureza Total.....	29
2.2.7.7.	pH	30
2.2.7.8.	Alcalinidad	30
2.2.7.9.	Conductividad eléctrica	30
2.2.7.10.	Cloruros.....	30
2.2.7.11.	Sólidos en suspensión.....	31
2.2.7.12.	Oxígeno Disuelto	31
2.2.8.	Límite Máximo Permisible (LMP).....	31
2.2.9.	Teoría de la doble capa eléctrica	32
2.3.	Términos básicos	32
2.4.	Marco legal	38
CAPÍTULO III		39
METODOLOGÍA		39
3.1.	Métodos y alcance de la investigación	39

3.1.1.	Método y tipo de investigación	39
3.1.2.	Nivel de investigación	39
3.1.3.	Alcance de la investigación	39
3.2.	Diseño de la investigación.....	39
3.3.	Población y muestra.....	40
3.3.1.	Población	40
3.3.2.	Muestra.....	40
3.3.3.	Muestreo.....	40
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
3.4.1.	Ubicación	40
3.4.2.	Técnicas de recolección de datos	42
3.4.3.	Equipos.....	42
3.5.	Procedimientos de la investigación	43
3.6.	Análisis estadístico.....	44
3.7.	Flujograma del procedimiento de la investigación	46
CAPÍTULO IV.....		47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		47
4.1.	Resultados y análisis de la información.....	47
4.2.	Prueba de Análisis de regresión de la Turbidez por Dosis de Moringa Oleífera	47
4.3.	Prueba de Análisis de regresión de Sólidos Disueltos Totales por Dosis de Moringa Oleífera	50
4.4.	Prueba de Análisis de regresión de Conductividad por Dosis de Moringa Oleífera	53
4.5.	Discusión	57
CONCLUSIONES		61
RECOMENDACIONES.....		62
BIBLIOGRAFÍA.....		63
ANEXOS		72
Anexo 1.	Matriz de consistencia.....	72

Anexo 2. Límite Máximo Permisible (LMP) de parámetros de calidad organoléptica	73
Anexo 3. Ficha de obtención de datos de parámetros fisicoquímicos	74
Anexo 4. Tiempos usados en el agitador	74
Anexo 5. Resultados de laboratorio	75
Anexo 6. Resultado del análisis fisicoquímico del preanálisis	76
Anexo 7. Evidencia fotográfica.....	77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Matriz de operacionalización de las variables</i>	18
Tabla 2.	<i>Clasificación taxonómica</i>	25
Tabla 3.	<i>Propiedades de la Moringa Oleífera</i>	26
Tabla 4.	<i>Diseño de investigación</i>	39
Tabla 5.	<i>Ubicación geográfica</i>	40
Tabla 6.	<i>Ubicación política</i>	40
Tabla 7.	<i>Datos de las Dosis de Moringa y Turbidez</i>	47
Tabla 8.	<i>Prueba de distribución normal de las Dosis de Moringa y Turbidez usando Shapiro-Wilk</i>	47
Tabla 9.	<i>Correlación de Pearson de la Turbidez</i>	48
Tabla 10.	<i>Durbin-Watson para la Turbidez</i>	48
Tabla 11.	<i>Resumen del modelo de la Turbidez</i>	48
Tabla 12.	<i>ANOVA de la Turbidez</i>	49
Tabla 13.	<i>Coeficientes de la Turbidez</i>	49
Tabla 14.	<i>Datos de las dosis de Moringa y Sólidos Disueltos Totales</i>	50
Tabla 15.	<i>Prueba de distribución normal de las dosis de Moringa y Sólidos Disueltos Totales usando Shapiro-Wilk</i>	50
Tabla 16.	<i>Correlación de Pearson de los Sólidos Disueltos Totales</i>	51
Tabla 17.	<i>Durbin-Watson para los Sólidos Disueltos Totales</i>	51
Tabla 18.	<i>Resumen del modelo de los Sólidos Disueltos Totales</i>	52
Tabla 19.	<i>ANOVA de los Sólidos Disueltos Totales</i>	52
Tabla 20.	<i>Coeficientes de los Sólidos Disueltos Totales</i>	52
Tabla 21.	<i>Datos de las dosis de Moringa y Conductividad</i>	53
Tabla 22.	<i>Prueba de distribución normal de las dosis de Moringa y Conductividad usando Shapiro-Wilk</i>	54
Tabla 23.	<i>Correlación de Pearson de la Conductividad</i>	54
Tabla 24.	<i>Durbin-Watson para la Conductividad</i>	55
Tabla 25.	<i>Resumen del modelo de la Conductividad</i>	55
Tabla 26.	<i>ANOVA de la Conductividad</i>	55
Tabla 27.	<i>Coeficientes de la Conductividad</i>	56
Tabla 28.	<i>Límite Máximo Permisible (LMP)</i>	73
Tabla 29.	<i>Ficha de obtención de datos</i>	74
Tabla 30.	<i>Tiempos en el agitador OS20-S</i>	74
Tabla 31.	<i>Resultado del análisis fisicoquímico del preanálisis</i>	76
Tabla 32.	<i>Resultado del análisis fisicoquímico del agua con dosis de Moringa</i>	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de Moringa Oleífera	25
Figura 2. Vaina seca y semillas de Moringa Oleífera.....	25
Figura 3. Constitución de una partícula coloidal.	32
Figura 4. Localización de la zona de muestreo	41
Figura 5. Histograma normalidad de la Turbidez	47
Figura 6. Diagrama de regresión de las Dosis de Moringa y Turbidez.....	50
Figura 7. Histograma normalidad de los Sólidos Disueltos Totales	51
Figura 8. Diagrama de regresión de las dosis de Moringa y Sólidos Disueltos Totales	53
Figura 9. Histograma de normalidad de la Conductividad	54
Figura 10. Diagrama de regresión de las dosis de Moringa y Conductividad	56

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en el Manantial Tumpa Puquio, ubicado en la comunidad de Choclococha - Pomacocha, en la provincia de Acobamba, Huancavelica. Su objetivo principal fue evaluar la dosis óptima de *Moringa* como coagulante y floculante natural en el tratamiento de agua del manantial. Se recolectaron muestras de agua del manantial y se sometieron a pruebas de jarras con tres dosis diferentes de *Moringa* (8 g, 10 g, 12 g). Luego, se realizó un análisis fisicoquímico de las muestras tratadas con las diferentes dosis de *Moringa*, así como de una muestra de testigo sin *Moringa*. Los datos obtenidos fueron analizados mediante modelos estadísticos y se evaluaron con respecto a los Límites Máximos Permisibles (LMP) fijados por el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. 031-2010-SA)”. Finalmente, se encontró que las dosis de *Moringa Oleífera* influyen significativamente en la turbidez (hasta un 87.8%), los sólidos disueltos totales (hasta un 98.1%), y la conductividad (hasta un 98.2%). La dosis más efectiva de *Moringa Oleífera* identificada en este estudio fue de 8 g/L.

Palabras clave: *Moringa Oleífera*, coagulante, floculante, fisicoquímico, LMP.

ABSTRACT

This research was developed in the Tumpa Puquio Spring, located in the community of Choclococha - Pomacocha, in the province of Acobamba, Huancavelica. Its main objective was to evaluate the optimal dose of *Moringa* as a natural coagulant and flocculant in spring water treatment. Spring water samples were collected and jar tested with three different doses of *Moringa* (8 g, 10 g, 12 g). Then, a physicochemical analysis was carried out on the samples treated with the different doses of *Moringa*, as well as a control sample without *Moringa*. The data obtained were analyzed using statistical models and were evaluated with respect to the Maximum Permissible Limits (MPL) set by the “Regulation of the Quality of Water for Human Consumption (D.S. 031-2010-SA)”. Finally, it was found that the doses of *Moringa Oleifera* significantly influence turbidity (up to 87.8%), total dissolved solids (up to 98.1%), and conductivity (up to 98.2%). The most effective dose of *Moringa Oleifera* identified in this study was 8 g/L.

Keywords: *Moringa Oleifera*, coagulant, flocculant, physicochemical, MPL.

INTRODUCCIÓN

Este estudio se desarrolló en el Manantial Tumpa Puquio, ubicado dentro de la comunidad Choclococha, situado en la provincia de Acobamba, Huancavelica. La creciente demanda de agua potable en la comunidad Choclococha ha aumentado anualmente debido al incremento de la población. En la actualidad, la comunidad carece de una instalación dedicada al tratamiento del agua para consumo humano. El propósito principal de este estudio es mejorar la calidad del agua y ponerla a disposición de la población para su consumo.

Hasta el momento de la realización de este estudio, el suministro de agua para la comunidad provenía del Manantial Tumpa Puquio y se filtraba utilizando métodos tradicionales con filtros de piedra. Estos filtros ayudaban a eliminar contaminantes de gran tamaño, como ramas, hojas e insectos. Posteriormente, el agua se distribuía a través de la red de abastecimiento sin someterse a ningún proceso de tratamiento para hacerla potable.

En este estudio, se investigó el uso de *Moringa* triturada como método de tratamiento de agua, enfocándose en las etapas de coagulación y floculación para reducir los sólidos disueltos totales (SDT) y la turbidez, con el objetivo de mantener la sostenibilidad y la eficiencia energética para preservar las fuentes de agua.

Se recolectaron muestras del manantial y se realizaron ensayos de jarras en el área de ensayos con tres dosis diferentes de *Moringa* (8 g, 10 g, 12 g). Luego, se llevó a cabo un análisis fisicoquímico y estadístico de los datos para determinar la dosis óptima de *Moringa* en el procesamiento del agua del Manantial Tumpa Puquio, comparando los hallazgos con los Límites Máximos Permisibles (LMP) fijados por el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. 031-2010-SA)”.

Además, se evaluó la influencia y la eficacia del polvo del grano de *Moringa Oleífera* como coagulante y floculante en la etapa de potabilización del agua en la comunidad de Choclococha, Acobamba, Huancavelica.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La disponibilidad de recursos hídricos para el consumo humano es un desafío significativo que va más allá del simple aumento de la población. Este recurso vital ha disminuido debido a la urbanización, la explotación excesiva y la contaminación, lo que ha tenido un impacto notable en la calidad del agua utilizada por las comunidades (1).

El acceso a agua limpia y potable es esencial para la salud, así como para el desarrollo social y económico, y representa un desafío global importante (2). Aunque el agua cubre la mayor parte de la superficie de la Tierra, solo el 2,5% de ella es agua dulce; de esta cantidad, solo el 0,3% está disponible para el consumo humano (3).

Con una población mundial en rápido crecimiento que se estima alcance los 9,7 mil millones para el año 2050 (4), se espera un aumento en la demanda de agua potable de calidad. Además, los cambios climáticos están afectando tanto a la accesibilidad como a la idoneidad del agua. Paralelamente, las acciones antropogénicas, como la agricultura, la industria y la urbanización, están ejerciendo una presión cada vez mayor sobre los recursos hídricos naturales (5). En numerosos países, especialmente en áreas rurales y marginadas, existe una falta de acceso a agua limpia y segura para el consumo humano, lo que obliga a la población a depender de fuentes de agua contaminadas o de calidad deficiente (6). Esta situación se ve agravada por la carencia de infraestructuras adecuadas y la insuficiente financiación de proyectos relacionados con el agua y el saneamiento. Las consecuencias de la escasez de agua potable incluyen graves problemas de salud, como enfermedades diarreicas, infecciones y desnutrición, lo que a su vez afecta negativamente al desarrollo económico y social de las comunidades. Por lo tanto, es crucial tomar medidas urgentes para abordar este problema y garantizar un acceso equitativo a agua potable de calidad para todos. En los últimos años, esta problemática ha empeorado en el Perú debido al crecimiento rápido de la población y al incremento exponencial de la demanda de agua potable. Además, la disponibilidad cada vez menor de fuentes naturales de agua plantea preocupaciones sobre la adecuada gestión y suministro de agua potable para la población (7).

La disposición al agua potable es indispensable para el desarrollo y el bienestar humano (8). Sin embargo, en diversas partes del mundo, como el Centro Poblado Choclococha en Acobamba, Huancavelica, Perú. La idoneidad del líquido vital potable es deficiente. En lugar de someterse a un tratamiento adecuado, el agua extraída de fuentes naturales se consume directamente, lo que ha provocado la presencia de agentes patógenos y un aumento de los problemas gastrointestinales, especialmente en niños y ancianos. Esta situación afecta gravemente la salud y el nivel de vida de la población local. Por tanto, el propósito de esta investigación es evaluar la dosis óptima de Moringa como sustancia orgánica de coagulación y floculación en el tratamiento del agua del Manantial Tumpa Puquio. Este estudio presenta una posible solución sostenible y eficaz para mejorar la calidad y la seguridad del suministro de agua en el Centro Poblado Choclococha de Acobamba, Huancavelica, con el objetivo de garantizar el bienestar y la salud pública.

1.1.2. Problema general

¿Cuál será la dosis óptima de Moringa como coagulante y floculante natural en el tratamiento de agua del Manantial Tumpa Puquio de la comunidad Choclococha, Acobamba - Huancavelica?

1.1.3. Problemas específicos

- PE1.** ¿Cuál será la dosis óptima de la semilla de *Moringa Oleífera* triturada para minimizar la turbidez del agua del Manantial Tumpa Puquio?
- PE2.** ¿Cuál será la dosis óptima de la semilla de *Moringa Oleífera* triturada como coagulante y floculante natural para reducir los sólidos disueltos totales del agua del Manantial Tumpa Puquio?
- PE3.** ¿Cuál es la influencia de la semilla de *Moringa Oleífera* triturada sobre la conductividad del agua del Manantial Tumpa Puquio?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la dosis óptima de Moringa como coagulante y floculante natural en el tratamiento de agua en el Manantial Tumpa Puquio de la comunidad Choclococha, Acobamba – Huancavelica.

1.2.2. Objetivos específicos

- OE1** Determinar la dosis óptima de la semilla de *Moringa Oleífera* triturada para minimizar la turbidez del agua del Manantial Tumpa Puquio.
- OE2** Determinar la dosis óptima de la semilla de *Moringa Oleífera* triturada como coagulante y floculante natural para reducir los sólidos disueltos totales del agua del Manantial Tumpa Puquio.
- OE3** Evaluar la influencia de la semilla de *Moringa Oleífera* triturada sobre la conductividad del agua del Manantial Tumpa Puquio.

1.3. Justificación

Económica:

La estrategia económica de potabilización del agua mediante Moringa en polvo mejora el grado de salubridad del agua, haciéndola apropiada para el consumo humano (9). Esta tecnología puede ayudar a reducir las cargas económicas asociadas a la potabilización del agua y los costos de salud relacionados con el consumo de agua contaminada. Esto; a su vez, puede elevar los niveles de vida tanto de las personas como de las comunidades en general (10).

Ambiental:

El uso de Moringa en polvo para la potabilización del agua es una alternativa que tiene la capacidad de potenciar significativamente la sostenibilidad medioambiental. En primer lugar, la Moringa es un arbusto de crecimiento vertiginoso y bajo mantenimiento que sirve como suministro fiable de materia prima fundamental para crear Moringa en polvo (11). Además, la potabilización de agua con polvo de Moringa es una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente (12), en comparación con otras tecnologías de purificación de aguas que requieren grandes cantidades de energía y generan residuos contaminantes. Asimismo, cuando el agua se trata con polvo de Moringa, se necesitan menos productos químicos agresivos para su purificación. Muchos métodos de purificación del agua utilizan productos químicos como el cloro, que pueden ser perjudiciales para el bienestar humano y el entorno natural si se utilizan de manera inadecuada (13).

Social:

La técnica de purificación del agua con Moringa tiene la capacidad de mejorar significativamente el bienestar de los individuos y comunidades de todo el mundo. La falta de abastecimiento de agua potable es un grave inconveniente

que afecta a numerosas comunidades, especialmente en los países en desarrollo, y puede tener graves implicaciones en la salud y el bienestar social (14).

La potabilización del agua con Moringa en polvo puede elevar la idoneidad del líquido vital y adecuarla para el consumo de las personas, disminuyendo así la incidencia de enfermedades derivadas del líquido vital contaminadas y mejorando la salud general de la gente. Además, esta tecnología tiene la capacidad de elevar los niveles de vida de las personas y reducir la pobreza al proporcionar abastecimiento de agua potable (15).

La utilización de Moringa en polvo para purificar el agua ofrece una solución sostenible y duradera para mejorar el suministro de agua potable en áreas remotas y rurales. Esta estrategia puede ser implementada y gestionada por las propias comunidades locales, utilizando recursos naturales renovables y tecnología de bajo costo. Esto no solo promueve la participación comunitaria, sino que también impulsa el desarrollo social al involucrar a los habitantes en el proceso de garantizar un acceso seguro al agua (15).

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis general

La semilla de *Moringa Oleífera* triturada tendrá influencias significativas sobre reducción de la turbidez, los sólidos disueltos totales y la conductividad del agua del Manantial Tumpa Puquio al aplicar la dosis óptima.

1.4.2. Hipótesis específico

HE1. La semilla de *Moringa Oleífera* triturada minimizará de manera significativa la turbidez del agua del Manantial Tumpa Puquio al aplicar la dosis óptima, mostrando una disminución en los niveles de la turbidez.

HE2. La semilla de *Moringa Oleífera* triturada reducirá de manera significativa los sólidos disueltos totales del agua del Manantial Tumpa Puquio al aplicar la dosis óptima, mostrando una disminución en los niveles de sólidos disueltos totales.

HE3. La semilla de *Moringa Oleífera* triturada tendrá una influencia significativa sobre la conductividad del agua del Manantial Tumpa Puquio al aplicar la dosis óptima, mostrando una disminución en los niveles de conductividad.

1.4.3. Variables

1.4.3.1. Variable Independiente

Dosis de *Moringa Oleífera* g/L.

Dimensiones:

- Físico.
- Químico.

1.4.3.2. Variable Dependiente

Tratamiento de agua.

Dimensiones:

- Parámetros Físicos (Turbidez, Sólidos Disueltos Totales, Conductividad).

1.4.3.3. Matriz de operacionalización de las variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Definición conceptual	Indicador	Unidad de medida	Tipo de variable
Independiente: Dosis de <i>Moringa Oleífera</i> g/L.	Físico	Compuestos activos responsables de las propiedades coagulantes.	Dosis de semilla de <i>Moringa Oleífera</i> triturada.	gramos	Cuantitativa continua
	Químico	Compuestos químicos coagulantes que facilitan la clarificación del agua durante el tratamiento.			
Dependiente: Tratamiento de agua.	Turbidez	Propiedad óptica de un líquido que se refiere a la cantidad de partículas suspendidas en él que dispersan la luz (16).	Concentración inicial y final de la turbidez.	UNT	Cuantitativa continua
	Sólidos Disueltos Totales	Suma de todas las sustancias sólidas que se encuentran en forma disuelta en un líquido, generalmente agua (17).	Concentración inicial y final de los sólidos disueltos totales.	mg/L	
	Conductividad	La conductividad eléctrica se refiere a la capacidad del agua para conducir la electricidad debido a la presencia de iones disueltos, como sales minerales (16).	Concentración inicial y final de la conductividad.	µmho/cm	

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

El propósito de la investigación titulada “Evaluación del biocoagulante extraído de la semilla de moringa (*M. Oleífera*) como coadyuvante en el proceso de coagulación para el tratamiento de aguas superficiales en la cuenca río Molino (Popayán-Cauca)”, fue determinar la eficacia coagulante proveniente de los granos de *Moringa Oleífera* en conjunto con el sulfato de aluminio en la clarificación de aguas en la subcuenca del río Molino. El estudio comparó la efectividad de una mezcla de la dupla de coagulación: sulfato de aluminio químico y el coagulante orgánico natural *Moringa Oleífera*, durante el proceso de depuración de aguas residuales del río Molino en Popayán. Se realizaron varias pruebas físicas y químicas, incluyendo oxígeno disuelto, turbidez, pH, conductividad eléctrica, coliformes totales y *Escherichia coli*, para evaluar la calidad del agua. Se utilizó el software ICATESTE para determinar un valor de contaminación de 0,811, lo que indica una alta contaminación del agua. Los coagulantes se extrajeron y mezclaron en dos procesos, cada uno con tres dosis diferentes, y se efectuó un ensayo de coagulación. El modelo de investigación consistió en 3 conjuntos de ensayo de jarras. En el primer set, el coagulante químico y el coagulante natural se usaron individualmente. En el segundo set, ambos coagulantes se mezclaron para tratar una muestra de agua de baja turbidez. En el tercer set, la mezcla se repitió usando una muestra de agua de alta turbidez. Los resultados mostraron que la combinación más efectiva para la remoción de contaminantes en condiciones de calor fue una dosis de 5 mg/L de sulfato de aluminio y 10 g/L de *Moringa Oleífera*. Sin embargo, durante las estaciones lluviosas, la dosis de *Moringa Oleífera* necesitaba aumentarse a 20 g/L para lograr una eficiencia de eliminación del 98,3 % (18). Esta información fue crucial para la tesis, ya que contribuyó a establecer los parámetros analizados, como la turbidez y la conductividad, con el fin de medir la idoneidad del líquido vital.

En el estudio “Utilization of *Moringa oleifera* as Natural Coagulant for Water Purification”, en lugar de emplear coagulantes químicos para el tratamiento del agua, se exploró el uso de coagulantes naturales de origen vegetal. Esta investigación destacó el potencial de los coagulantes naturales en la reducción

de la turbidez del agua. Se optó por analizar el grano de *Moringa Oleífera* evaluando su pH, tiempo de acción y dosificación, y se determinó que los coagulantes naturales son menos efectivos en aguas muy alcalinas. Además, la agitación y el tiempo son factores clave en la eficiencia de la coagulación. Se fijó que la dosis adecuada es de 10 g/L de *Moringa Oleífera*, con un pH de 4. Se concluyó que los coagulantes naturales tienen una gran capacidad para eliminar la turbidez y podrían sustituir a los compuestos de coagulación de origen sintético en el saneamiento del agua (19). Este hallazgo contribuyó a la tesis al proponer el uso principal de los granos de Moringa para abordar la turbidez del líquido vital, coincidiendo en que los compuestos de coagulación orgánicos presentan un rendimiento inferior a la de los químicos.

El estudio titulado “Revisión sobre clarificación del agua y el uso de semillas de moringa, *Moringa oleífera Lam*”, destaca la importancia de la depuración del líquido vital en los procesos de saneamiento, ya sea utilizando sustancias inorgánicas u orgánicas. Se enfoca específicamente en los granos de Moringa, extraídas del árbol *Moringa oleífera*, como una alternativa para la depuración y eliminación de sólidos finos en suspensión. La revisión bibliográfica abarca investigaciones en español, inglés y portugués, recopiladas de diversas bases de datos. Se enfatiza el potencial de las semillas de Moringa para el saneamiento del líquido vital, subrayando su privilegio de no generar desechos nocivos peligrosos en contraste con el sulfato de aluminio, comúnmente usado como agente coagulante en la potabilización del agua (20). Este estudio previo fue relevante para la tesis al sugerir la idea de utilizar coagulantes naturales para reducir la turbidez y aclarar el agua del Manantial Tumpa Puquio.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En el estudio “Aplicación del polvo de moringa (*Moringa Oleífera*) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética”, se planteó como finalidad principal evaluar la efectividad del polvo de Moringa triturada como agente coagulante en la eliminación de la turbidez del agua sintética. Inicialmente, se extrajo el aceite de las semillas utilizando la técnica Soxhlet con hexano al 95% como solvente. La eficiencia de remoción se evaluó en agua sintética con ciento cincuenta, trescientos y seiscientos UNT utilizando dosis desde 5, 10, 20 y 40 ppm y tamaños de semilla de Moringa en polvo de 100 y 140 μm . También se realizó un experimento para la eliminación de la turbidez utilizando una combinación de (50%) de Moringa en polvo y otros (50%) del

producto sulfato de aluminio. Se utilizó el test de jarras para llevar a cabo las pruebas experimentales, que consistió en 4 unidades con una duración de 60 segundos a 200 revoluciones por minuto y 900 segundos a 40 revoluciones por minuto. Los rendimientos mostraron una eliminación de turbidez del 98% con la dosificación de 40 ppm de grano de Moringa en partículas finas. Se percibió que la mezcla de Moringa en polvo junto al sulfato de aluminio no presentó cambios significativos con respecto a eliminar la turbidez. Se terminó concluyendo que, la semilla de Moringa en polvo tiene una alta eficiencia para la eliminación de la turbidez y puede ser utilizada como una opción económica para tratar agua con alta turbidez (21). Este estudio previo fue relevante para la tesis al introducir la metodología para cuantificar la cantidad más eficaz de grano de Moringa en partículas finas. Además, se destacó la similitud en los parámetros analizados en el laboratorio, como la turbidez.

La tesis titulada “Influencia de un Sistema de Ecotratamiento de Agua Potable para Mejorarla Calidad del Agua de Consumo Humano, Nazca –2021”, se enfocó en calcular el impacto de un sistema de tratamiento ecológico del líquido vital para fortalecer su idoneidad para el consumo de la gente en Nazca. El estudio evaluó el desempeño del tratamiento de agua ecológico con el objetivo de elevar el nivel de vida de la población, utilizando semillas de Moringa como coagulante orgánico. Se recolectaron muestras (20 litros) de agua de dos reservorios, buscando muestras que excedieran los niveles establecidos por la norma técnica del D.S N° - 031-2010-S.A. Luego se mezcló el coagulante con las muestras de agua, utilizando dosis de un gramo por litro, dos gramos por litro, cuatro gramos por litro, seis gramos por litro, ocho gramos por litro y diez gramos por litro, encontrando que la dosificación óptima es de ocho gramos por litro, logrando una mejora del 72% en la calidad del agua, en comparación con la dosis de 1g/L, que solo logró un 47% de eficiencia (22). Este estudio previo fue relevante para la tesis en términos metodológicos, ya que en el laboratorio se analizaron parámetros similares utilizando diferentes dosificaciones de semillas de Moringa triturada. Además, proporcionó la idea de utilizar un coagulante natural para tratar el agua destinada al consumo humano, así como información sobre los tiempos de coagulación y sedimentación de los flóculos formados.

En el estudio “Efectividad de la semilla *Moringa Oleífera* como biocoagulante para el pre tratamiento de agua, provincia de Ilo, Moquegua”, se abordó el problema del agua turbia del río Osmore, particularmente durante las

temporadas de estiaje y avenida, y su impacto en los residentes del valle Ilo, quienes utilizan estas aguas sin un pretratamiento previo para el riego de cultivos y consumo humano. Frente a este escenario, se llevó a cabo una investigación que propuso el uso de sustancias biodegradables de fácil aplicación, centrándose en el grano de Moringa como un biocoagulante para el agua turbia del río Osmore. Tras evaluar su composición, se determinó que contenía un 38.46% de proteínas y un 35.37% de grasas, y se realizó un proceso de desgrasado para mejorar su eficacia como biocoagulante. Se realizaron diversos tratamientos utilizando el biocoagulante, incluyendo un grupo de control, utilizando un diseño bifactorial y evaluando varios parámetros, principalmente el grado de depuración de turbidez como medida de respuesta. Los resultados mostraron que la mejor dosificación durante la temporada de avenida fue de 1.35 ml, con un tiempo de sedimentación de 30 minutos, mientras que, durante la temporada de estiaje, la dosis óptima fue de 0.2 ml, con un tiempo de sedimentación de 60 minutos. Se logró una eficiente depuración de la turbidez en ambos casos, alcanzando valores máximos de hasta el 97.73% durante el periodo creciente. Sin embargo, la remoción de la turbidez fue menor durante la temporada de estiaje. Además, se observó que el uso del biocoagulante no tuvo un impacto significativo en los niveles de pH y temperatura, ya que se mantuvieron dentro de los estándares permitidos (23). Este estudio previo fue fundamental para la tesis al proporcionar la metodología para reducir la turbidez del agua mediante el uso de sustancias biocoagulantes naturales, así como también ofreció tiempos de sedimentación de referencia.

2.1.3. Antecedentes locales

En el trabajo titulado “Evaluación del efecto de la semilla de *Moringa Oleífera* en la reducción de turbidez y E. coli en el proceso de coagulación para el tratamiento de aguas naturales del Río Shullcas”, se analizó cómo los granos de *Moringa Oleífera* influyen en la disminución de lo turbio y la presencia de la bacteria *Escherichia coli* durante el tratamiento del agua proveniente del río Shullcas. Se empleó un diseño experimental factorial de 3 al cuadrado para evaluar la dosis del agente de coagulación a partir de los granos de Moringa y el tiempo de mezcla rápida. Los resultados revelaron que las cantidades de 5 mg/L, 10 mg/L y 15 mg/L de coagulante derivado de las semillas de *Moringa Oleífera* lograron reducciones de turbidez del 78.7%; 75.19% y 82.10% respectivamente, junto con un notable control de la bacteria *Escherichia coli*. Asimismo, se observó que los espacios temporales de mezcla acelerada de treinta segundos, sesenta

segundos y noventa segundos (30, 60, 90 s) también influyeron en la depuración de lo turbio y la inhibición de microorganismos como *Escherichia coli*. En conclusión, se determinó que una cantidad de reactivo coagulador de 15 mg/L y un tiempo de mezcla rápida de 60 s demostraron ser altamente efectivos en el proceso de tratamiento (24). Este estudio previo influyó en la decisión de estudiar y utilizar los granos de *Moringa* con la finalidad de reducir la turbiedad mediante el proceso de coagulación.

En la tesis titulada “Eficiencia de la semilla de *Moringa (Moringa Oleífera)* para el tratamiento de las aguas superficiales del Río Shullcas durante el periodo 2018”, se evaluó la eficacia de la *Moringa* como coagulante en el proceso físico-químico de las corrientes superficiales hídricas del río Shullcas. La metodología empleada fue experimental puro y cumplió con los requisitos para ser contemplada en el diseño factorial. Se examinaron los parámetros físicos de pH, nivel de conductividad eléctrica, concentración de sólidos disueltos y el nivel de turbidez. Los hallazgos muestran que la efectividad de eliminación de los granos de *Moringa Oleífera* desempeñando el papel de sustancia coaguladora ecológica osciló entre el 89% y el 96% en cuanto al valor de lo turbio, entre el 32% y el 36% en sólidos disueltos, y sin variación significativa en pH y conductividad. El tratamiento número 3, con dosificación de 10 ml/L de *Moringa Oleífera*, fue estimado como el idóneo y confirmado mediante el ensayo de ANOVA y Duncan. La dosis adecuada presentó variaciones estadísticamente significativas en los parámetros evaluados. En general, se constató que la *Moringa Oleífera* es competente en la depuración de lo turbio en las corrientes superficiales hídricas del río Shullcas (25). Este estudio previo fue relevante para la tesis al proporcionar la metodología experimental utilizada, ya que abordó áreas de investigación similares y compartió objetivos afines.

La tesis titulada “Determinación de la dosis y concentración óptima del coagulante de *Moringa Oleífera* en la clarificación del agua de la quebrada Taczanapampa de la ciudad de Huancavelica”, planteó la finalidad de descubrir la medida y proporción ideal del coagulador ecológico proveniente de la *Moringa* para purificar el agua de la quebrada Taczanapampa en Huancavelica. Para lo cual, se recolectaron diez muestras de agua y se evaluó la turbidez de cada una. A través del ensayo de jarras, se simuló de manera convencional las etapas de potabilización del agua, incluyendo mezcla acelerada, coagulación, floculación y terminando con la sedimentación. Se llevaron a cabo pruebas utilizando

diferentes cantidades y concentraciones del coagulante, determinando los valores óptimos para cada muestra de agua. Los resultados revelaron que la medida ideal se localiza en 2 medidas: valores inferiores a cincuenta unidades nefelométricas de turbidez (UNT), con concentraciones entre diez miligramos por cada litro y cincuenta miligramos por cada litro, mientras que para turbideces entre cincuenta unidades nefelométricas de turbidez (UNT) y ciento cincuenta unidades nefelométricas de turbidez (UNT), las concentraciones óptimas oscilan entre treinta miligramos por cada litro y cien miligramos por cada litro. En cuanto a la proporción idónea para turbideces inferiores a ciento cincuenta unidades nefelométricas de turbidez (UNT), se sitúa en el intervalo de dos a tres por ciento. Se concluyó que el resultado encontrado respalda las hipótesis teóricas planteadas en este estudio (26). Este estudio previo fue crucial para la tesis al aplicar la metodología del ensayo de jarras en el laboratorio, lo que permitió evaluar la dosis óptima de semilla de Moringa triturada, simulando las etapas convencionales para el tratamiento del agua.

2.2. Fundamento teórico

2.2.1. Moringa Oleífera

La *Moringa Oleífera* es una especie vegetal caducifolia, como se muestra en la *Figura 1*, perteneciente a la familia Moringaceae, como se detalla en la Tabla 2, con un crecimiento rápido y acelerado. Su tallo es delgado y tuberoso, con hojas de color azul verdoso, y se destaca por su abundante producción de frutos y hojas. Originaria de la India, esta planta también se encuentra en el suroeste de Asia, suroeste y noroeste de África, así como en Madagascar, contándose hasta 13 especies conocidas. La *Moringa Oleífera* es capaz de resistir largos periodos de tiempo y puede tolerar soluciones con pH entre 4.5 y 8, aunque prefiere un pH ligeramente ácido o neutro para su crecimiento óptimo. Además, es adaptable a diversas condiciones y puede vivir hasta 20 años, alcanzando alturas de 5 a 10 metros en poco tiempo. Considerada muy versátil, esta planta puede producir alimentos a partir de varios de sus componentes vegetativos, como hojas, tallos, flores, semillas y frutos, todos ellos ricos en grasas, minerales, vitaminas, hidratos de carbono, fibra, fenoles y pepitas con alto valor nutritivo. Además, otro uso de la semilla que se observa en la *Figura 2* es purificar el agua, mientras que su ácido acético natural puede servir como abono orgánico (27).

Clasificación taxonómica:

Tabla 2. *Clasificación taxonómica*

Nombre común	: Moringa
Nombre científico	: <i>Moringa Oleífera</i>
Reino	: Plantae
Subreino	: Tracheobionta
Filo	: Magnoliophyta
Clase	: Manoliopsida
Sub clase	: Dilleniidae
Orden	: Capparales
Familia	: Moringaceae
Género	: Moringa
Especie	: <i>Moringa oleífera</i>

Nota: Tomada de la publicación *Eficiencia de la moringa en el proceso de potabilización de agua* de los autores Calsín J, Fernández R, Payehuanca M (15).

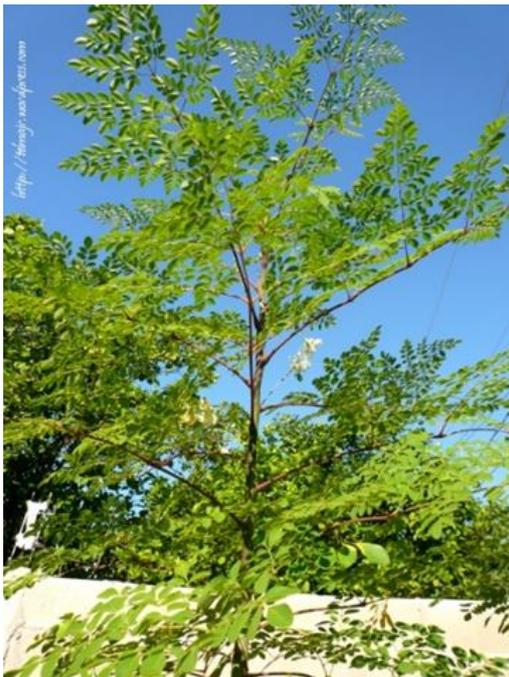


Figura 1. Árbol de *Moringa Oleífera*



Figura 2. Vaina seca y semillas de *Moringa Oleífera*

Nota: Tomada de (28).

La semilla de *Moringa Oleífera* tiene las siguientes propiedades:

Ndabigengesere y Narasiah (1998) (29) realizaron un estudio acerca de las propiedades del extracto crudo de semillas de Moringa, tanto descascaradas como no descascaradas, como se observa en la Tabla 3. Utilizando semillas provenientes de Burundi, África Central, llevaron a cabo un proceso que consistió en moler las semillas hasta obtener un polvo fino. A continuación, se extrajeron los aceites vegetales mediante el uso de éter de petróleo como solvente. Posteriormente, los componentes activos relacionados con el coagulador fueron obtenidos del grano triturado, empleando una proporción específica de polvo a agua de grifo (5 g de polvo en 100 ml de agua). La calidad de estos concentrados puros de Moringa fue evaluada a través de análisis realizados mediante los Métodos Estándares (30).

Tabla 3. *Propiedades de la Moringa Oleífera*

Parámetro	Semilla descascarada	Semilla no descascarada
pH	6.4	5.8
Conductividad (Umho cm-1)	1500.0	1700.0
Alcalinidad (mg L-1 CaCO3)	246.0	60.0
Ca ²⁺ (mg L-1)	14.5	15.2
Mg ²⁺ (mg L-1)	47.9	63.6
Na ⁺ (mg L-1)	13.4	24.4
K ⁺ (mg L-1)	49.9	63.6
Fe ³⁺ (mg L-1)	3.0	5.0
Cl ⁻ (mg L-1)	19.0	11.0
SO ₄ ²⁻ (mg L-1)	9.0	8.0
NO ₃ ⁻ (mg L-1)	110.0	140.0
PO ₄ ³⁻ (mg L-1)	208.0	187.0
Carbonato orgánico total – TOC (mg L-1)	4760.0	3678.0
Demanda Química de Oxígeno (mg L-1)	15000.0	9630.0
Nitrógeno total Kjeldahl	1193.0	802.0

Nota: Tomada de Ndabigengesere y Narasiah - 1998 (29), referenciado por Alejo, E y Flores, B. - 2021 (22).

2.2.2. Moringa como sustancia coagulante natural

La semilla de Moringa se destaca como uno de los mejores coaguladores ecológicos, empleado para aclarar diversas clases de agua que presentan diferentes niveles de turbidez, gracias a su componente activo. Se caracteriza por ser una partícula catiónica con un nivel isoeléctrico que oscila entre 10 y 11, y una masa molecular aproximada de 13 unidades por cada 1000 Daltons (kDa).

Debido a su notable concentración de proteínas altamente solubles, baja masa molecular y carga catiónica, actúa como un imán cuando se expone al agua turbia, atrayendo organismos nocivos como bacterias, limo, arcilla, y otros. Como resultado, se produce coagulación y floculación, que pueden eliminarse fácilmente mediante sedimentación o filtración (31).

2.2.3. Proceso fisicoquímico de coagulación–floculación

Se produce por una desestabilización química en las partículas coloidales (las cuales son sustancias existentes en el agua), producidas cuando se neutralizan y contrarrestan las fuerzas que evitan que estas se unan. Con la coagulación las partículas desestabilizadas se unen y forman gránulos que se sedimentan de manera fácil (32). Este proceso consiste en mezclar agua con algún aditivo químico, con el propósito de sedimentar los coloides y los flóculos existentes. Como consecuencia de ello, la reacción de estas partículas consigue la adsorción del coagulador sintético, que desorganizan las estructuras coloidales, quienes se recubren electroquímicamente con una doble capa eléctrica que sirve como agente estabilizador del sistema (33).

2.2.4. Componentes activos de la Moringa Oleífera en la coagulación

No son más que proteínas cargadas positivamente con capacidad para disolverse en agua. Varios estudios llegaron a la conclusión de que la proteína natural tiene un diámetro de 13 kDa y subdivisiones aproximadas de 6,5 kDa (34).

2.2.5. Moringa Oleífera en la purificación de agua

Las vainas y semillas de la especie vegetal conocida como *Moringa Oleífera* son útiles en el proceso de depuración por su concentración de polielectrolito catiónico, una sustancia eficaz en la depuración del agua que elimina eficazmente el aspecto turbio. Las semillas de Moringa tienen grandes concentraciones de proteínas catiónicas que neutralizan y absorben lo turbio del líquido vital, por medio de la agrupación de estructuras coloidales; el cual ayuda a la remoción por medio del filtrado. En este sentido, la Moringa puede contribuir al proceso de tratamiento del agua (35).

2.2.6. Potabilización del agua

El proceso de tratar el agua para consumo de la gente sin que suponga una amenaza a su salud se conoce como potabilización del agua. El agua potabilizada puede utilizarse tanto para comer como para preparar alimentos (36).

2.2.7. Parámetros fisicoquímicos del agua

2.2.7.1. Turbidez

Es la señal de la facultad del sol que busca penetrar en el agua. Está ocasionada por materiales suspendidos de arcilla, cal, materia orgánica y otras sustancias. La turbidez del agua es prácticamente inevitable, lo cual dificulta su detección (16).

2.2.7.2. Sólidos Disueltos Totales (SDT)

SDT o TDS, como se conocen en inglés, son la suma de todos los minerales del agua (también conocidos como sales o iones). En el léxico de los especialistas hídricos, los SDT son igual o equivalente a la salinidad del líquido elemento, la unidad de medida es en mg/l o ppm. En el líquido elemento se encuentran los siguientes minerales o sólidos: calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, carbonatos y bicarbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, dureza (carbonato de calcio y magnesio), etc. (17).

2.2.7.3. Color

Las piedras, tierra, arcilla y la arena, añaden pigmentación al agua, que lo hace deseable por factores aparentes más que sanitarias. El reflejo del agua se compara con soluciones incoloras o discos de vidrio coloreados en términos de color. Una unidad de variedad es equivalente al tono producido por una solución de 1 mg/L de platino (Cloroplatinato de potasio ($K_2 PtCl_6$)) (16).

Se clasifica en lo siguiente:

- **Color aparente:** producido por sólidos disueltos y suspendidos.
- **Color verdadero:** medido al filtrar la muestra hídrica.

Este parámetro se categoriza en un rango de 0 (transparente) a 70 colores. El líquido elemento puro es incoloro, o no hay unidades de color.

2.2.7.4. Olor

Como sustancia natural, el agua carece de sensaciones olfativas, pero su olor puede utilizarse para estimar su calidad, estado y proceso, incluso cuando esta región contiene ciertos parámetros y posibilidades con expectativas en cuanto a la calidad del agua. Existen aromas distintivos que pueden utilizarse para determinar el origen o la fuente del aroma (37).

2.2.7.5. Sabor

El sabor es un parámetro organoléptico que puede indicar la pureza del agua. La presencia de un sabor metálico en H₂O puede deberse a la acidez o a una concentración elevada de hierro o magnesio. Si el sabor del agua es químico, indica la presencia de pesticidas químicos u otros productos. Si el sabor es salado, puede indicar la presencia de una cantidad importante de sal, y si el sabor del agua es parecido al del ají, puede indicar la presencia de minerales de calcio disueltos en el agua (38).

2.2.7.6. Dureza Total

Es un término empleado para comunicar la condición del agua profundamente mineralizada. Algunas cuestiones de los minerales disueltos son, por ejemplo, la cal se acumula en los conductos de agua caliente al vapor y causa problemas al lavar con limpiador (16).

Las partículas de (Ca²⁺); (Mg²⁺) calcio y magnesio respectivamente, ocasionan la gran mayoría de la dureza del agua. Entran a las fuentes hídricas por el roce con el suelo y las rocas, especialmente los por las zonas calcáreas (16).

Estas partículas están disponibles en forma de “bicarbonatos, sulfatos y, en algunos casos, como nitratos y cloruros”. Existen 2 formas:

- **Dureza temporal:** causados por carbonatos y bicarbonatos, su eliminación es por ebullición, y
- **Dureza permanente:** permanece después del proceso de ebullición, ocasionado por sulfatos y cloruros.

El agua con cantidades de más de trescientos miligramos por litro de dureza es considerado dura en general, y con cantidades de menos de setenta y cinco miligramos por litro es blanda.

Según una perspectiva de bienestar, una dureza de hasta 500 mg/L está permitida, sin embargo, más que eso podría causar un impacto purgativo. La Dureza Total medida con el método titulométrico con EDTA normalmente se expresa en CaCO_3 (mg/L) (16).

2.2.7.7. pH

El pH del agua es una manera de medir si una solución acuosa es ácida o alcalina. Se utiliza una escala numérica del 0 al 14, en el cual 7 se considera neutral. Un pH de menos de 7 señala que el líquido es ácido, por otro lado, un pH de más de 7 señala que es básica. El pH del agua puede cambiar por algunas partículas de sustancias disueltas, gases y la actividad de seres vivos. Normalmente, el agua pura tiene un pH cercano a 7, pero puede ser alterado por ácidos, bases o contaminantes. (16).

2.2.7.8. Alcalinidad

Es el potencial reductor del agua para la acidez. Alude a la presencia de sales de carbonato, bicarbonatos e hidróxidos. Cuantificado en mg/L de carbonato de calcio. Se denomina también "límite amortiguador del agua", ya que permite que el agua se oponga a los cambios de pH tras la expansión del corrosivo (39).

2.2.7.9. Conductividad eléctrica

La CE del agua es la proporción del potencial a una respuesta para desplazar un impulso eléctrico. Por lo que el flujo eléctrico es transportado a través de partículas suspendidas en el agua, la CE incrementa a medida que se intensifica el foco de partículas (16).

2.2.7.10. Cloruros

El cloruro se da normalmente en las aguas subterráneas, arroyos y lagos, sin embargo, la presencia de un foco de cloruro moderadamente alto en el agua dulce (alrededor de 250 mg/L o más) puede demostrar una contaminación por aguas residuales. Las aguas superficiales pueden contaminarse con cloruros procedentes de diversas fuentes, como rocas ricas en cloruros, escorrentías agrícolas y aguas residuales (16).

Los elevados niveles de iones cloruro (Cl^-) en el agua potable pueden presentar un sabor salado desagradable para la mayoría de las personas,

pero no tienen efectos negativos sobre la salud humana. En general, los cloruros no son perjudiciales para las personas; sin embargo, las enfermedades renales y cardíacas se han relacionado con el contenido de sodio de la sal de mesa. Cantidades limitadas de cloruros son fundamentales para las capacidades celulares convencionales de los seres vivos y la vegetación.

El cloruro sódico puede otorgar un sabor acre a 250 mg/L; sin embargo, el método estándar para medir el nivel de cloruro en el líquido elemento es el método de valoración con nitrato de plata. Las normas para el agua potable pública exigen que las cantidades de cloruro no rebasen los 250 mg/L, pero el cloruro de magnesio o de calcio no suelen ser detectables por el sabor hasta que alcanzan niveles de 1000 mg/L (16).

2.2.7.11. Sólidos en suspensión

Componentes sólidos en suspensión en una solución, incluyendo materia orgánica e inorgánica que no son consideradas sólidos disueltos (40). Este parámetro es un medidor importante del estado del agua y puede eliminarse físicamente, por filtración o mediante procesos de sedimentación. Hay 3 tipos de sólidos en suspensión: color, coloidales y sedimentables (41). La condición del agua disminuye con la concentración de los sólidos en suspensión.

2.2.7.12. Oxígeno Disuelto

Parámetro que refiere el nivel de oxígeno disuelto en el líquido elemento, este parámetro es crucial para la viabilidad de la vida acuática. Cuando mayor es el nivel de oxígeno disuelto; la condición del agua es óptima para la prosperidad de la biodiversidad acuática (42).

2.2.8. Límite Máximo Permisible (LMP)

Son las escalas máximas aceptables de los parámetros que representan la condición del agua para el consumo de la gente y que, si se superan, pueden ser perjudiciales para la salud (43).

El cuadro de los Límites Máximos Permisibles asentados por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (37) se encuentran en el ANEXO 2, Tabla 28.

2.2.9. Teoría de la doble capa eléctrica

Esta teoría afirma que el recubrimiento exterior del coloide tiene carga negativa y atrae a los iones cargados positivamente del líquido vital, a través del campo electromagnético, dando lugar a una envoltura oscura conocida como capa de Stern. Mejor dicho: Sería una mezcla de bicapa iónica cargada positivamente y negativamente. Debido a esto, este fenómeno fue causado por la excesiva carga electrostática por unidad de área en la solución. En conclusión, las dos distribuciones de carga se denominan doble carga interfacial (44).

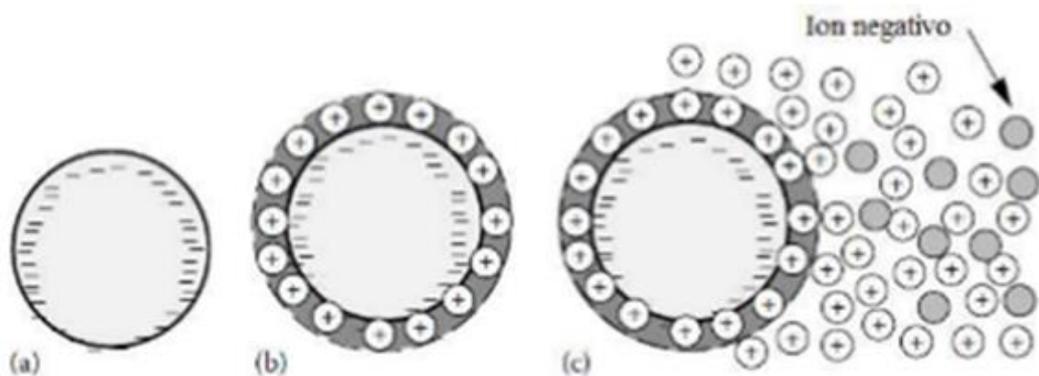


Figura 3. Constitución de una partícula coloidal.

Nota: Partícula coloidal. (a) Superficie negativa de un coloide, (b) Capa fija de contraiones positivos (Stern), (c) Capa difusa (Gouy-Chapman). Obtenida de Arismendi W. (44)

2.3. Términos básicos

Agua

Según la (RAE), es un líquido transparente, opaco y natural. Este compuesto es 1 átomo de oxígeno y 2 de hidrógeno. Además, se cree que es 1 de los elementos de gran cantidad de la superficie del planeta y 1 de los componentes primarios de los organismos vivos (45).

Agua cruda

Es el agua natural que se ha captado para su consumo, pero que no fue sometida a procedimientos de potabilización (46).

Agua tratada

Es el líquido elemento que se somete a tratamientos para el consumo de la gente (46).

Agua de consumo humano

Agua que no supere los niveles microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, atómicos y radiactivos máximos admisibles para el consumo de la gente y el uso habitual en las casas (43).

Análisis físico-químico del agua

Prácticas de un centro de investigación que se utilizan para analizar las propiedades físicas y químicas de agua (46).

Parámetro organoléptico

Parámetro el cual se halla en el líquido vital de ingesta poblacional, tiene la facultad de ser sentida por los consumidores por medio de la percepción sensorial (46).

Sistemas de tratamiento de agua

Componentes hidráulicos combinados; de componentes biológicos, químicos y físicos; y de maquinaria eléctrica y técnicas de monitoreo con la intención de generar líquido vital idóneo para la ingesta de la población (43).

Muestra de agua

Volumen de agua representativa que se analizará en áreas aleatorias (en relación con el tiempo y la ubicación) de acuerdo con los requisitos del laboratorio o de la prueba que se quiere realizar (43).

Calidad del agua

Rasgos físicos, químicos y biológicos del líquido elemento que aumentan su capacidad para satisfacer un uso. En estos parámetros se incluyen la temperatura, el pH, la turbidez, la conductividad, la presencia de sustancias químicas como metales disueltos, nutrientes orgánicos y contaminantes, así como la existencia de microorganismos patógenos y organismos acuáticos diversos. La calidad del agua puede evaluarse y controlarse para asegurarse de que es apta para el consumo de las personas, la agricultura, la pesca, el ocio y la preservación de los ecosistemas acuáticos (47).

Contaminación del agua

Esta terminología hace referencia a la situación en la que la concentración de sustancias nocivas imposibilita el uso destinado del agua. Basta una mínima

dosis de sustancias nocivas para contaminar un depósito de abastecimiento de agua potable (24).

Flóculo

Un flóculo es una conglomeración de partículas formada en un líquido. Pudiera haber flóculos naturales, pero normalmente se crean añadiendo un floculante o coagulante a un sistema coloidal disperso (48). Las partículas compuestas de arcilla y polímeros pueden flocular y formar masas de flóculos en el agua (49).

Floculante

Una sustancia química llamada floculante, coagula y forma masas similares a flóculos cuando se incorpora a un sistema coloidal disperso como la arcilla. Los cationes multivalentes como el calcio, el magnesio y el aluminio constituyen la mayoría de los floculantes; también pueden ser polímeros con cadenas largas. La floculación, sobre todo en partículas de arcilla, también puede estar provocada por determinados parámetros como el pH elevado, la temperatura y la salinidad. Dicho de otro modo, la sustancia que se utiliza para hacer que las partículas coloidales suspendidas en el agua se vuelvan inestables se conoce como floculante (48).

Floculación

La floculación es una condición en la que las arcillas, polímeros y otras partículas pequeñas se unen y forman estructuras frágiles denominadas floculo. Tras una perturbación mecánica, se produce la floculación debido a la atracción de polaridades opuestas de las partículas en suspensión y del floculante. Fundamentalmente, se trata de la agregación de las esporas por la atracción de las partículas, junto con la aglutinación provocada por los floculantes (48).

Tratamiento químico

Procesos que implican modificar el pH del agua, reducir su densidad, eliminar elementos nocivos o añadir productos químicos (22).

Coagulante

La sustancia química denominada coagulante modifica y altera la conductividad elástica del material flotante y suspendido en el líquido vital, lo que ocasiona que se unan y formen flóculos (22).

Coagulación

Es el sistema por el cual se elimina la doble capa electromagnética característica de los coloides (48).

Tipos de coagulantes usados el tratamiento del agua

- **Coagulantes sintéticos**, los más habituales son: sulfato de aluminio y sulfato de hierro (22).
- **Coagulantes naturales**, son de procedencia vegetal o animal; el cual es beneficioso tanto para el ser humano como para el medio ambiente, ayudando a la biodegradación de los residuos generados. Además, tienen facultades antimicrobianas que actúan de forma parecida a los coagulantes sintéticos, lo que ayuda a la eliminación de bacterias patógenas (22).

Coagulación química

El tratamiento de aguas superficiales mediante coagulación química consiste en añadir químicos coagulantes, como compuestos de aluminio o hierro, al agua no procesada de forma controlada. Esto forma flóculos sólidos de hidróxido de metal, con dosis típicas de dos a cinco miligramos por litro para el aluminio y de cuatro a diez miligramos por litro para el hierro. Las sustancias suspendidas y disueltas son removidas por procesos de contrarresto de carga, adherencia y fijación de floculantes. La eficacia de estos métodos está directamente vinculada con la condición del agua no procesada, el tipo de químico coagulante, la mezcla, la dosis y el pH. Después de la coagulación, los flóculos se separan del agua tratada mediante procesos de sedimentación por gravedad. Para un rendimiento eficiente, es fundamental encontrar la dosis óptima de coagulante y mantener un pH adecuado, determinados mediante pruebas de coagulación en lotes o "pruebas de jarra". Estas pruebas se realizan periódicamente para vigilar las oscilaciones en la pureza del agua no procesada y ajustar la demanda del coagulante según sea necesario (50).

Potabilización

El objetivo principal de la potabilización es deshacerse de sustancias nocivas para la gente, como es el caso del cromo, plomo y zinc, además de alga, arcilla, arena y cualquier bacteria o virus que pueda haber en el líquido vital. En resumen, se busca extinguir todo aquel posible peligro en aras del bienestar y salud de la gente. (36).

Adsorción

Es un proceso donde los átomos y moléculas de un compuesto se adhieren a la superficie de otro compuesto, conocida como adsorbente. A diferencia de la absorción, donde una sustancia es incorporada dentro de otra, en la adsorción las partículas permanecen en la superficie del adsorbente sin penetrarlo o interactuar químicamente con él (22).

Aireación

Proceso que tiene lugar cuando el líquido elemento se entrelaza con el aire para aumentar la capacidad de absorción de oxígeno. Los componentes volátiles que intensifican la fragancia y el gusto se eliminan con una mayor cantidad de oxígeno. La proporción de CO₂ en el líquido elemento se reduce, y los minerales del agua se oxidan para producir precipitados, que pueden eliminarse mediante el proceso de filtrado (22).

Sedimentación

Proceso que se crea por eliminación, aplicando el impacto gravitatorio de las partículas que están suspendidas en el líquido, de las cuales el peso particular; tiene un peso más destacado que el del líquido. El lodo se deposita en el fondo del decantador después de la decantación del flóculo (22).

Ablandamiento

El proceso de ablandar el agua sirve para eliminar los iones que la endurecen, normalmente iones de calcio y magnesio. En situaciones determinadas, los iones de hierro pueden provocar la decoloración del agua. Además, durante el proceso de ablandamiento, también se pueden eliminar los iones de hierro (51).

Red de agua potable

Se trata de una estructura de distribución y suministro del líquido elemento (agua) segura a comunidades y hogares. Comienza en una fuente de agua y se transporta a una unidad de procesamiento en el cual se purifica. Luego, el líquido elemento se guarda en reservorios y se reparte por medio de cañerías a los consumidores. El propósito es abastecer agua para las utilidades diarias de la población, por otro lado, se tiene que mantener una infraestructura adecuada y monitoreo constante para asegurar la condición del líquido elemento (52).

Abastecimiento de agua

El abastecimiento de agua consiste en proveer y distribuir agua a la población, agricultura, industria y demás usos. Implica captar agua de fuentes naturales como ríos, lagos o acuíferos, y someterla a procesos de tratamiento para hacerla segura. Luego, el agua tratada se almacena y se distribuye a través de redes de tuberías, utilizando estaciones de bombeo cuando es necesario (53).

Líquido elemento

"El líquido elemento" es una expresión utilizada para referirse al agua. Esta expresión resalta el valor vital del agua como elemento necesario para la vida y su presencia fundamental en la naturaleza.

Filtración

El material particulado presente en las aguas crudas puede ser eliminado efectivamente mediante distintos métodos de filtración (50).

Filtro de agua

Un filtro de agua es un dispositivo con un material poroso que mejora la calidad del agua al eliminar partículas sólidas, como arena, barro, óxido, polvo, hierro, altas concentraciones de cloro y bacterias, presentes en el agua del acueducto antes de llegar a los grifos. Esto garantiza que el líquido elemento no represente riesgos para el consumo (50).

Agua cristalina

El agua cristalina es reconocida por su transparencia y claridad, siendo una forma de agua pura. Puede originarse tanto de fuentes superficiales como subterráneas, sin estar restringida a fuentes específicas (54).

Sustancias disueltas o suspendidas en el agua

Las partículas disueltas en el agua son sustancias sólidas presentes en forma de moléculas o iones suspendidos. Debido a su tamaño pequeño, no pueden ser separadas mediante filtración. Estas partículas pueden incluir sales, minerales, metales y otros compuestos químicos, ya sean de naturaleza orgánica o inorgánica (55).

Revoluciones por minuto (RPM)

Las revoluciones por minuto (RPM) son una unidad de cuantificación empleada para representar la velocidad de rotación de objetos o sistemas mecánicos. Indican cuántas veces un objeto completa una vuelta alrededor de su eje en un minuto y son frecuentemente usadas en el ámbito de la mecánica y la ingeniería para describir la velocidad de rotación de motores, máquinas y otros dispositivos mecánicos (56).

Elevar la calidad del agua

Implica implementar acciones destinadas a mejorar sus estándares, disminuir la contaminación y mitigar o erradicar la presencia de sustancias químicas nocivas en este recurso vital.

2.4. Marco legal

El derecho humano al agua y al saneamiento - Resolución 64/292

El derecho humano al agua ha sido establecido como fundamental y reconocido por la Asamblea General de las Naciones Unidas. En la Resolución 64/292, adoptada el 28 de julio de 2010, se afirmó claramente el derecho humano al agua y al saneamiento. Esta resolución reafirma la importancia de tener acceso al líquido vital potable y limpia además de servicios de drenaje y saneamiento, ya que es fundamental para garantizar la completa realización de todos los derechos fundamentales humanos (57).

La resolución insta a las naciones y entidades globales a proporcionar fondos y facilitar la capacitación y la transferencia de tecnología para asistir a los países, especialmente aquellos en desarrollo, en la provisión de agua potable y servicios de saneamiento que sean sanos, puros, alcanzables y económicos para toda la población (58).

El Decreto Supremo N.º 031-2010-SA

El Decreto Supremo N.º 031-2010-SA emitido por el Ministerio de Salud del Perú establece el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (37).

Esta normativa consta de diez títulos, ochenta y un artículos, además de disposiciones adicionales. Establece la obligatoriedad de cumplir tanto con el reglamento como con las normas sanitarias del Ministerio de Salud a cualquier persona o entidad que esté involucrado en la gestión integral del suministro de líquido vital para la ingesta de la gente en el territorio nacional (37).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos y alcance de la investigación

3.1.1. Método y tipo de investigación

Dado que se basa en datos numéricos mensurables, en esta investigación se utilizó el método cuantitativo. Este método ayudó a eliminar la subjetividad y garantiza que los resultados sean fiables y válidos.

El tipo de investigación empleada fue aplicada, porque se buscó resolver cuestiones sociales prácticas y relevantes. Este enfoque involucró la participación activa de los interesados, la aplicación práctica de sabidurías previas y resolución de situaciones específicas en situaciones reales (59).

3.1.2. Nivel de investigación

En este estudio se usó el nivel explicativo, debido a que se buscó relacionar dos variables en la investigación de diseño experimental (60).

3.1.3. Alcance de la investigación

Con el fin de tratar eficazmente el agua en el Manantial Tumpa Puquio del Centro Poblado Choclococha - Pomacocha, Acobamba-Huancavelica, en este trabajo se planteó como objetivo evaluar la dosis óptima de Moringa como compuesto de coagulación y floculación ecológica en la etapa de potabilización del agua.

3.2. Diseño de la investigación

Este estudio empleó un diseño experimental de corte transversal, ya que la variable independiente (Dosis de Moringa) fue manipulada para luego evaluar su efecto sobre la variable dependiente (Tratamiento del agua), y se analizaron los datos recopilados en un único periodo de tiempo (61).

Tabla 4. *Diseño de investigación*

		Dosis de Moringa Oleífera g/L.			
		Natural	8g	10g	12g
Tratamiento de agua (Parámetros)	Turbidez	A 1	A 2	A 3	A 4
	Sólidos Disueltos Totales	A 5	A 6	A 7	A 8
	Conductividad	A 9	A 10	A 11	A 12

A = Análisis de laboratorio.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

El Manantial Tumpa Puquio, situado en el Centro Poblado Choclococha - Pomacocha, Acobamba - Huancavelica. Se muestreó en temporada de lluvia el 20/03/2023 con un caudal mínimo (Q_{min}) 15 lt/s; caudal máximo (Q_{max}) 22.5 lt/s y caudal medio (Q_m) 12,5 lt/s.

3.3.2. Muestra

Se tomó en su totalidad, 4 litros de ejemplar hídrico del Manantial Tumpa Puquio, un litro para el análisis sin dosis de Moringa y 3 litros para el análisis con diferentes dosis de Moringa.

3.3.3. Muestreo

La forma de muestreo aplicado fue por conveniencia (No probabilístico).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Ubicación

El muestreo para el trabajo de investigación fue realizado en lugar Tumpa Puquio del centro poblado de Choclococha-Pomacocha, Acobamba-Huancavelica.

Tabla 5. *Ubicación geográfica*

Altitud:	3 398 msnm.
Este:	549582.35
Norte:	8579776.736

Tabla 6. *Ubicación política*

Departamento:	Huancavelica
Provincia:	Acobamba
Distrito:	Pomacocha
Centro poblado:	Choclococha

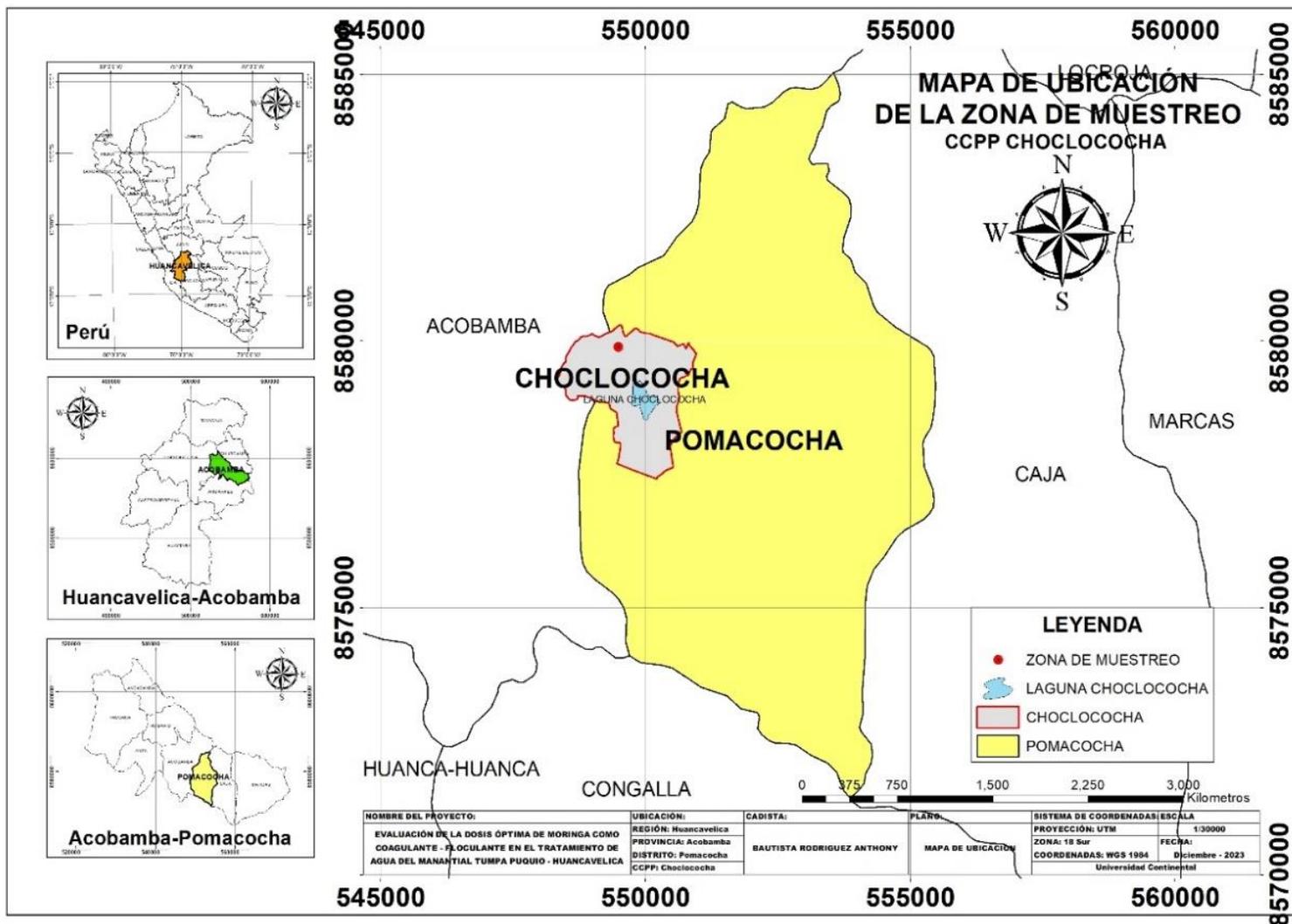


Figura 4. Localización de la zona de muestreo

3.4.2. Técnicas de recolección de datos

- **Observación experimental**

Método científico usado para identificar y seleccionar información en situación y contexto estrechamente supervisadas por el investigador, además de controlar y modificar las variables (62).

- **Análisis de laboratorio**

Método realizado para identificar la condición de los indicadores fisicoquímicos que fueron analizados, todas las muestras de agua tomadas del manantial Tumpa Puquio fueron enviadas al laboratorio.

- **Ficha de registro documental**

Técnica usada para anotar y recolectar datos importantes del trabajo de investigación en el campo (63).

3.4.3. Equipos

- **pHmetro**

Un pHmetro es un dispositivo empleado para determinar el pH de una solución. El pH, que hace referencia a la cantidad de ácido o alcalino, se enfoca en la cantidad de iones hidrogeno existentes en un líquido. El pHmetro está compuesto por un electrodo de vidrio altamente sensible al pH y un sistema de medición que convierte la diferencia de potencial generada por el electrodo en una lectura de pH. Estos instrumentos son comúnmente utilizados en laboratorios, industrias y diversos campos relacionados con el control de calidad, la investigación científica, el análisis de aguas, la agricultura, la alimentación, y otras áreas donde el pH constituye un parámetro fundamental para medir y regular (64).

- **Turbidímetro**

Una herramienta para determinar la turbidez de un líquido se llama turbidímetro. Este instrumento sirve para calcular el grado y la convergencia de las partículas de una suspensión mediante la dispersión de la luz en un cilindro. Como tal, un turbidímetro decide el grado de turbidez de un fluido. Un generador de luz, una cubeta porta muestra y un detector de luz (fotocélula) componen este aparato. La unidad de medida es NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) (65).

- **Agitador OS20-S**

Un agitador OS20-S es un equipo utilizado en entornos científicos y de investigación para mezclar, agitar o combinar sustancias líquidas o soluciones. Su propósito principal es lograr la homogeneización de los componentes de una muestra y garantizar una distribución uniforme de líquidos o sustancias (66). Este tipo de agitadores se utiliza comúnmente en recipientes como matraces, vasos de precipitados, tubos de ensayo o placas de cultivo.

Además, estos agitadores ofrecen la capacidad de controlar las revoluciones por minuto (RPM) a las que se desea homogeneizar una muestra (67). Esto permite ajustar la velocidad de agitación de acuerdo con los requisitos específicos de la muestra y el proceso en curso, garantizando así resultados óptimos y reproducibles en el laboratorio.

- **Balanza analítica**

Las balanzas analíticas son balanzas muy precisas que se utilizan para medir la masa de los objetos. Su rango de pesaje suele ser de 100 a 300 gramos y proporciona lecturas en el rango de 0,1 miligramos (4 decimales), 0,01 miligramos (5 decimales, también conocida como balanza semimicro) e incluso 0,001 miligramos (6 decimales) después de la coma llamada microbalanza. Estas básculas de alta sensibilidad requieren medidas de seguridad adicionales, como una cámara o sala dedicada al proceso de pesaje.

3.5. Procedimientos de la investigación

Con el fin de examinar los parámetros utilizados en este estudio, las muestras de agua con las distintas dosis aplicadas se transportaron al centro de investigación de agua de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP). Este proceso se realizó con el propósito de obtener resultados más exactos en lo que respecta a la evaluación de la turbidez, los sólidos disueltos totales y la conductividad.

Para comenzar el estudio, se realizó la extracción del agente coagulador ecológico y orgánico de los granos de Moringa. Este proceso inició a través del descascarillado de las semillas, seguido por la trituration en un batán de piedra, eligiendo esta técnica ancestral para el triturado. En el siguiente paso, se tamizó el producto triturado utilizando un colador con la intención de tamizar y lograr un polvo de gran finura. Como solvente para extraer el aceite vegetal, se empleó agua destilada. Finalmente, se logró la adquisición del compuesto coagulador ecológico y orgánico partiendo del grano de Moringa triturada.

Para llevar a cabo el ensayo de jarras en el laboratorio, se extrajeron muestras de agua del manantial Tumpa Puquio. En el laboratorio, estas muestras se dividieron en cuatro partes, cada una de 1 litro. A continuación, se procedió a pesar tres dosis de semilla de Moringa triturada en cantidades de 8, 10 y 12 gramos; respectivamente, y se guardó una muestra de agua sin dosis de Moringa para ser usada como testigo o fase inicial en la investigación. Tres muestras de agua fueron colocadas en un agitador OS20-S, donde se aplicaron las diferentes dosis de Moringa. Durante el proceso en el agitador, se respetaron tiempos específicos: para la mezcla rápida, se utilizó una velocidad de 200 rpm durante 5 segundos; para la coagulación, se mantuvo a 100 rpm durante 20 minutos; para la floculación, se ajustó a 60 rpm durante 15 minutos; y para la sedimentación, se detuvo la agitación a 0 rpm durante 15 minutos.

3.6. Análisis estadístico

Con base en los resultados obtenidos en el laboratorio, se realizó un análisis estadístico exhaustivo para abordar de manera rigurosa los objetivos establecidos en el estudio. En esta fase, se llevaron a cabo diversas pruebas estadísticas con el propósito de garantizar la robustez y la validez de los hallazgos derivados del análisis de laboratorio.

Se efectuaron pruebas de normalidad de los datos recopilados utilizando el test de Shapiro-Wilk, diseñado específicamente para este propósito. El objetivo de esta prueba fue validar los supuestos fundamentales y asegurar la confiabilidad de los resultados, siendo un paso esencial para respaldar la solidez de las conclusiones extraídas durante el análisis de laboratorio.

Adicionalmente, se realizaron pruebas de linealidad con la correlación de Pearson, destinadas a evaluar la validez de la relación postulada entre la variable "dosis de *Moringa Oleífera*" y parámetros críticos como la turbidez, los sólidos disueltos totales y la conductividad. Los resultados de esta evaluación indicaron que cambios constantes en la dosis de *Moringa Oleífera* están asociados de manera consistente con variaciones en los mencionados parámetros, fortaleciendo así la fundamentación de las conclusiones.

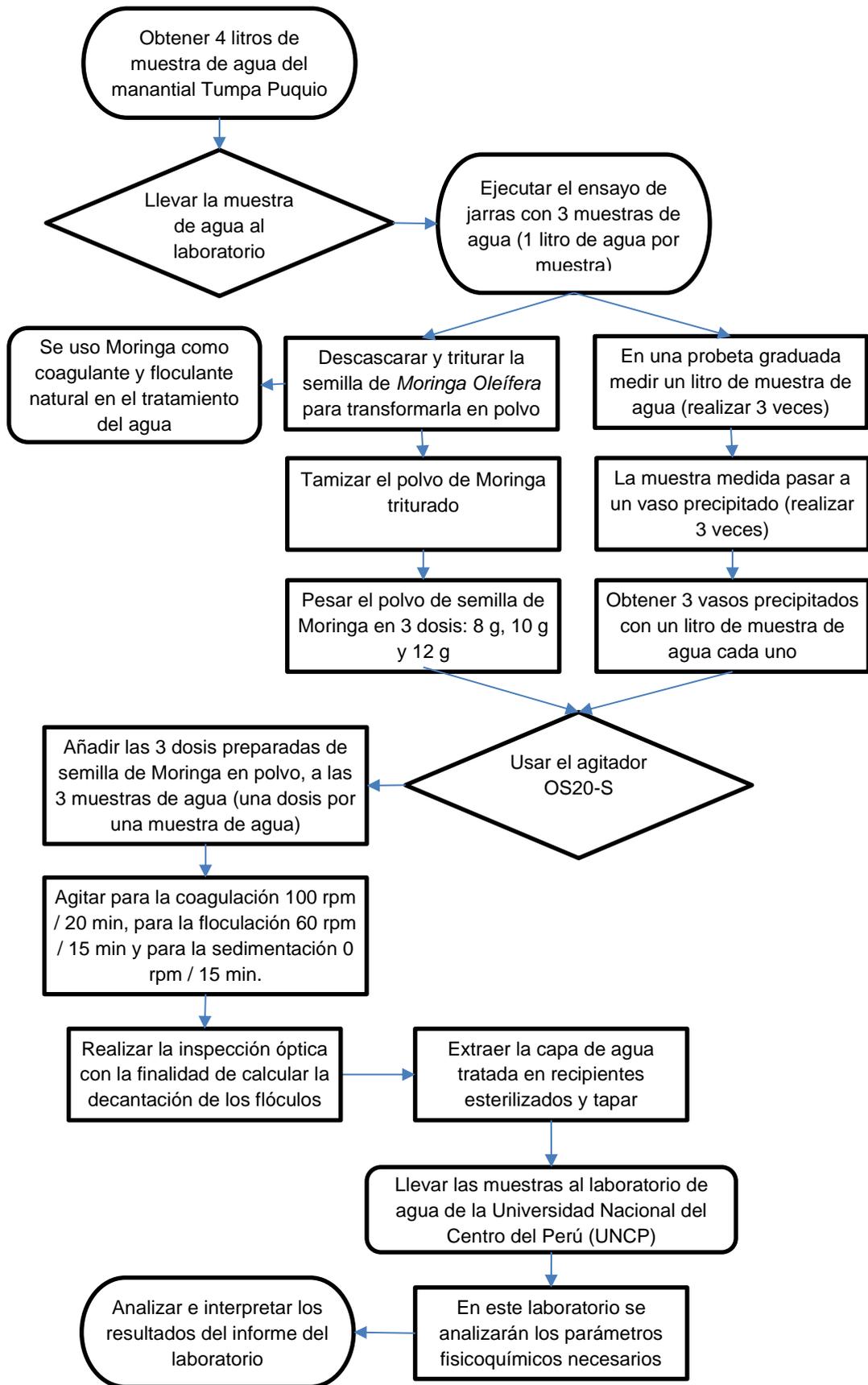
También se llevaron a cabo pruebas de independencia con el estadístico Durbin-Watson, aplicado con el objetivo de evaluar la independencia de los errores o residuos del modelo, un supuesto crucial en el contexto de la regresión lineal. Esta evaluación contribuyó a asegurar la confiabilidad del modelo y respaldar la solidez de las inferencias derivadas del análisis.

Finalmente, se procedió al cálculo de la ecuación de regresión lineal estimada, proporcionando así una expresión matemática que resume la relación entre la dosis de *Moringa Oleífera* y los parámetros analizados (turbidez, sólidos disueltos totales y conductividad).

Es importante destacar que todo el proceso de análisis estadístico se llevó a cabo utilizando herramientas de alta calidad, incluyendo el software Microsoft Excel 2021 y el programa SPSS versión 27, garantizando de esta manera la precisión y paralelamente la confiabilidad de los logros alcanzados en este estudio.

Por su parte, Excel 2021 fue una herramienta valiosa para el análisis estadístico, ampliamente conocida y flexible, ideal para análisis básicos y visualización de datos, además de integrarse fácilmente con otras herramientas de Microsoft. Por otro lado, SPSS versión 27 ofreció potencia estadística avanzada y facilidad para análisis complejos, con capacidad para generar informes automáticos. La combinación de ambas herramientas permitió aprovechar sus fortalezas complementarias: Excel 2021 para el preprocesamiento y análisis inicial de datos, y SPSS versión 27 para análisis estadísticos más avanzados. La elección entre ellas dependió de la complejidad de las necesidades analíticas y la familiaridad con cada herramienta por parte del investigador.

3.7. Flujograma del procedimiento de la investigación



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y análisis de la información

Acto seguido, se presenta los hallazgos y el análisis de la información.

4.2. Prueba de Análisis de regresión de la Turbidez por Dosis de Moringa Oleífera

Tabla 7. *Datos de las Dosis de Moringa y Turbidez*

Dosis	0	8	10	12
Turbidez	1252	168	198	222

La dosis de 8 g/L redujo el 86.58%, 10 g/L redujo el 84.19% y 12 g/L redujo el 82.27% de la turbidez.

Normalidad

Tabla 8. *Prueba de distribución normal de las Dosis de Moringa y Turbidez usando Shapiro-Wilk*

	Estadístico	gl	p
Dosis	0.887	4	0.369
Turbidez	0.670	4	0.005

Como podemos observar en la Tabla 8, el valor p es $< \alpha$ 0,05. Por lo tanto, asumimos que las variables dosis de Moringa y turbidez no cumplen el supuesto de normalidad.

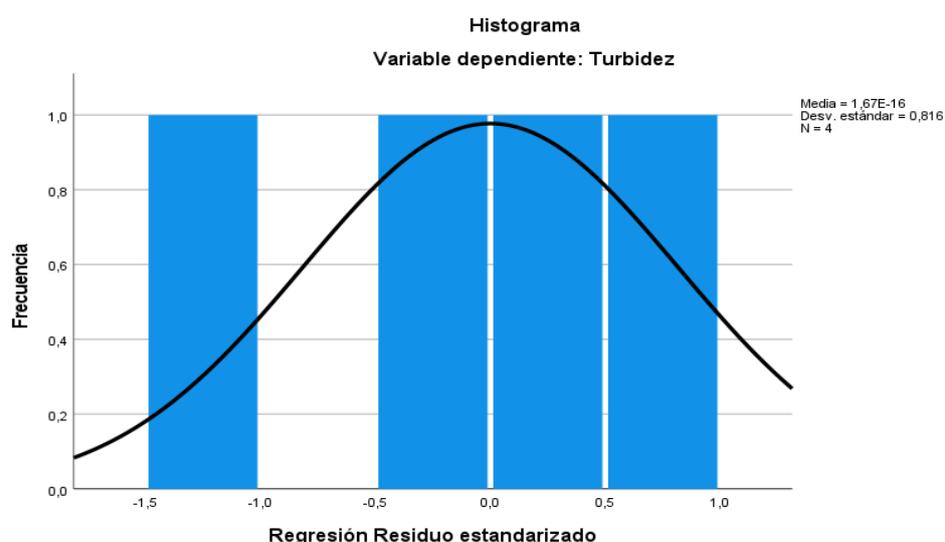


Figura 5. Histograma normalidad de la Turbidez

El histograma ejemplificado en la *Figura 5* demuestra que los hallazgos del grado de la turbidez no se asemejan a la distribución normal.

Linealidad

Tabla 9. *Correlación de Pearson de la Turbidez*

		Dosis
Turbidez	Correlación	-,937
	p	,063
	N	4

En la Tabla 9 se evidencia que existe linealidad negativa, porque la variable independiente (Dosis de Moringa) se relaciona con la variable dependiente (Turbidez). Además, el valor de p es > que el nivel de corte (0,05), lo que significa que la correlación no es estadísticamente significativa.

Independencia

Tabla 10. *Durbin-Watson para la Turbidez*

Durbin-Watson
1,972

En la Tabla 10 se evidencia que los residuos del análisis de regresión son independientes, debido a que están dentro del rango de 1.5 y 2.5.

Tabla 11. *Resumen del modelo de la Turbidez*

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,937 ^a	,878	,816	226,43630

- a. Predictores: (Constante), Dosis
- b. Variable dependiente: Turbidez

Siguiendo a la Tabla 11 se constata que existe correlación entre la variable dosis de Moringa y la turbidez con un valor $r=0.937$. Es decir, a mayor dosis de Moringa, mayor será la turbidez. También se evidencia que la dosis de Moringa influye en un 87.8% en la variabilidad de la turbidez.

Tabla 12. ANOVA de la Turbidez

	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Regresión	735269,205	735269,205	14,340	,063 ^b
Residuo	102546,795	51273,398		
Total	837816,000			

En la Tabla 12 como el valor p es igual a 0.063 se sostiene que la implicación de la variable dosis de Moringa sobre la variable turbidez no es significativa.

Las dosis de Moringa no influyen en la turbidez del agua del Manantial Tumpa Puquio.

Tabla 13. Coeficientes de la Turbidez

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	p
	B	Desv. Error	Beta		
(Constante)	1165,904	218,098		5,346	,033
Dosis	-94,120	24,855	-,937	-3,787	,063

a. Variable dependiente: Turbidez

En la Tabla 13 la variable independiente dosis de Moringa tiene un valor p 0.063 lo cual señala que no es un buen predictor para la variable dependiente turbidez. Debido a que aporta un 93.7% en el modelo de regresión. Además, por cada gramo de Moringa, la turbidez disminuye en 94.120 NTU.

Ecuación de regresión estimada

$$\text{Turbidez} = -94.1204819 * \text{dosis de Moringa} + 1165.90361$$

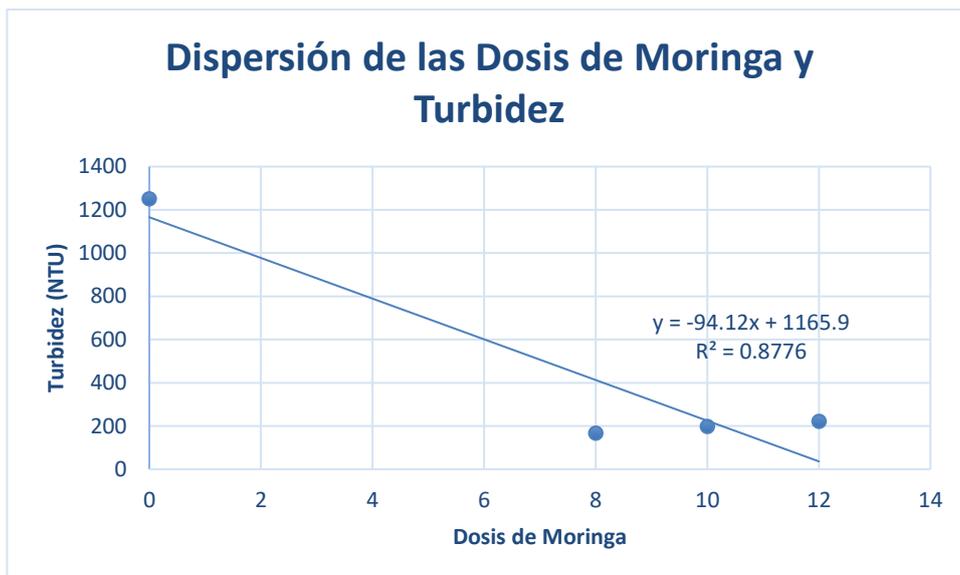


Figura 6. Diagrama de regresión de las Dosis de Moringa y Turbidez

Los hallazgos de la Turbidez obtenidos dentro de este estudio investigativo no se hallan situados en el rango asentado por LMP (37) menor a 5 NTU.

4.3. Prueba de Análisis de regresión de Sólidos Disueltos Totales por Dosis de Moringa Oleífera

Tabla 14. Datos de las dosis de Moringa y Sólidos Disueltos Totales

Dosis de Moringa	0	8	10	12
Sólidos Disueltos Totales	413	507	532	536

La dosis de 8 g/L incremento el 22.76%, 10 g/L incremento el 28.81% y 12 g/L incremento el 29.78% de sólidos disueltos totales.

Normalidad

Tabla 15. Prueba de distribución normal de las dosis de Moringa y Sólidos Disueltos Totales usando Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	p
Dosis	0.887	4	0.369
SDT	0.794	4	0.093

Como podemos observar en la Tabla 15 el valor p es $> \alpha 0,05$. Por lo tanto, asumimos que las variables dosis de Moringa y sólidos disueltos totales cumplen el supuesto de normalidad.

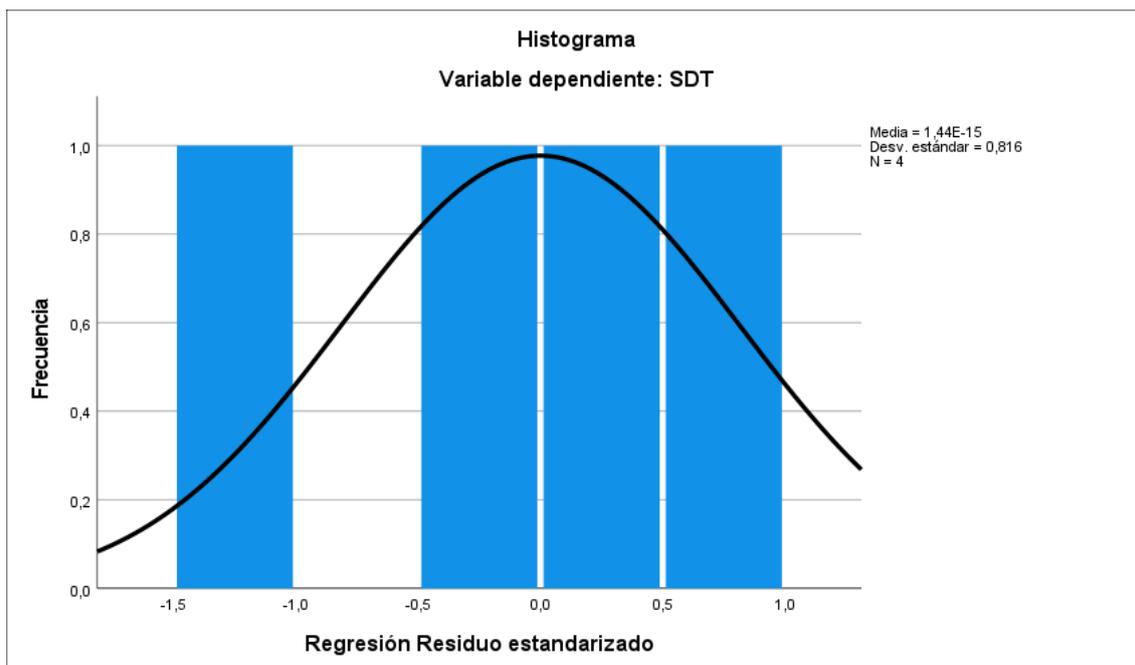


Figura 7. Histograma normalidad de los Sólidos Disueltos Totales

El histograma ejemplificado en la *Figura 7* demuestra que los hallazgos del grado de los sólidos disueltos totales se asemejan a la distribución normal.

Linealidad

Tabla 16. *Correlación de Pearson de los Sólidos Disueltos Totales*

		Dosis
SDT	Correlación	,991**
	p	,009
	N	4

En la Tabla 16 se evidencia que si existe linealidad, porque la variable independiente (Dosis de Moringa) se relaciona con la variable dependiente (Sólidos Disueltos Totales).

Independencia

Tabla 17. *Durbin-Watson para los Sólidos Disueltos Totales*

Durbin-Watson	2,028
---------------	-------

En la Tabla 17 se evidencia que los residuos del análisis de regresión son independientes, debido a que están dentro del rango de 1.5 y 2.5.

Tabla 18. *Resumen del modelo de los Sólidos Disueltos Totales*

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,991 ^a	,981	,972	9,65114

a. Predictores: (Constante), Dosis

b. Variable dependiente: SDT

Siguiendo a la Tabla 18 se constata que existe correlación entre la variable dosis de Moringa y sólidos disueltos totales con un valor $r=0.991$. Es decir, a mayor dosis de Moringa, mayor será los sólidos disueltos totales. También se evidencia que la dosis de Moringa influye en un 98.1% en la variabilidad de la los SDT.

Tabla 19. *ANOVA de los Sólidos Disueltos Totales*

	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Regresión	9715,711	9715,711	104,308	,009 ^b
Residuo	186,289	93,145		
Total	9902,000			

En la Tabla 19 se evidencia que como el valor p es igual a 0.009 se sostiene que la implicación de la variable dosis de Moringa sobre la variable sólidos disueltos totales es significativa.

Las dosis de Moringa influyen a los sólidos disueltos totales del agua del Manantial Tumpa Puquio.

Tabla 20. *Coefficientes de los Sólidos Disueltos Totales*

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	p
	B	Desv. Error			
(Constante)	415,855	9,296		44,736	,000
Dosis	10,819	1,059	,991	10,213	,009

a. Variable dependiente: SDT

En la Tabla 20 se evidencia que la variable independiente dosis de Moringa tiene un valor p 0.009 lo cual señala que es un buen predictor para la variable dependiente sólidos disueltos totales. Debido a que aporta un 99.1% en el modelo de regresión. Además, por cada gramo de Moringa, los sólidos disueltos totales incrementan en 10.819 mg/L.

Ecuación de regresión estimada

$$\text{Sólidos Disueltos Totales} = 10.8192771 * \text{dosis de Moringa} + 415.855422$$

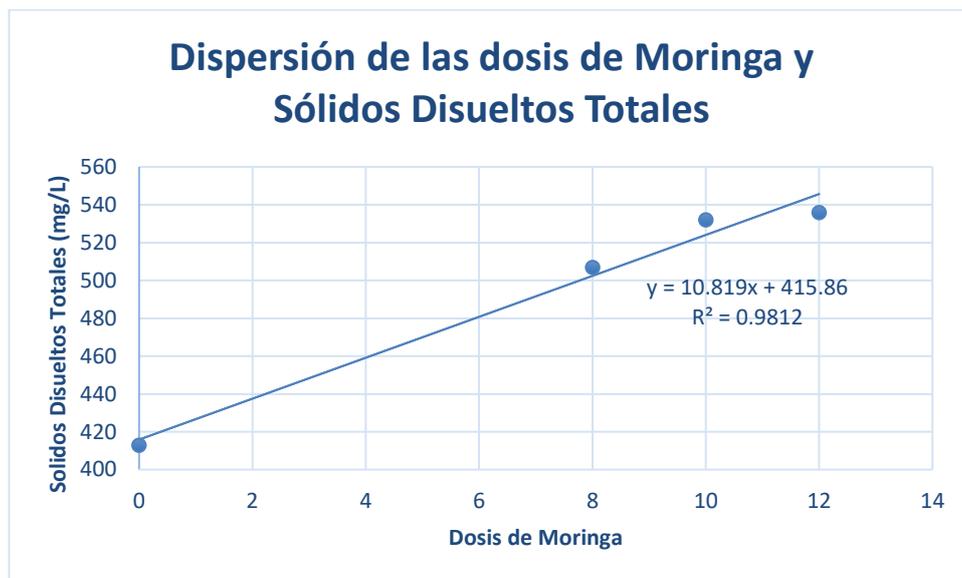


Figura 8. Diagrama de regresión de las dosis de Moringa y Sólidos Disueltos Totales

Los resultados de los Sólidos Disuelto Totales encontrados dentro de este estudio investigativo se hallan situados en el rango asentado por el LMP (37) menor a 1000 mg/L.

4.4. Prueba de Análisis de regresión de Conductividad por Dosis de Moringa Oleífera

Tabla 21. Datos de las dosis de Moringa y Conductividad

Dosis de Moringa	0	8	10	12
Conductividad	646	791	832	838

La dosis de 8 g/L incremento el 22.45%, 10 g/L incremento el 28.79% y 12 g/L incremento el 29.72% de la conductividad.

Normalidad

Tabla 22. Prueba de distribución normal de las dosis de Moringa y Conductividad usando Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	p
Dosis	0.887	4	0.369
Conductividad	0.799	4	0.100

Como podemos observar en la Tabla 22 el valor p es $>$ a α 0,05. Por lo tanto, asumimos que las variables dosis de Moringa y conductividad cumplen el supuesto de normalidad.

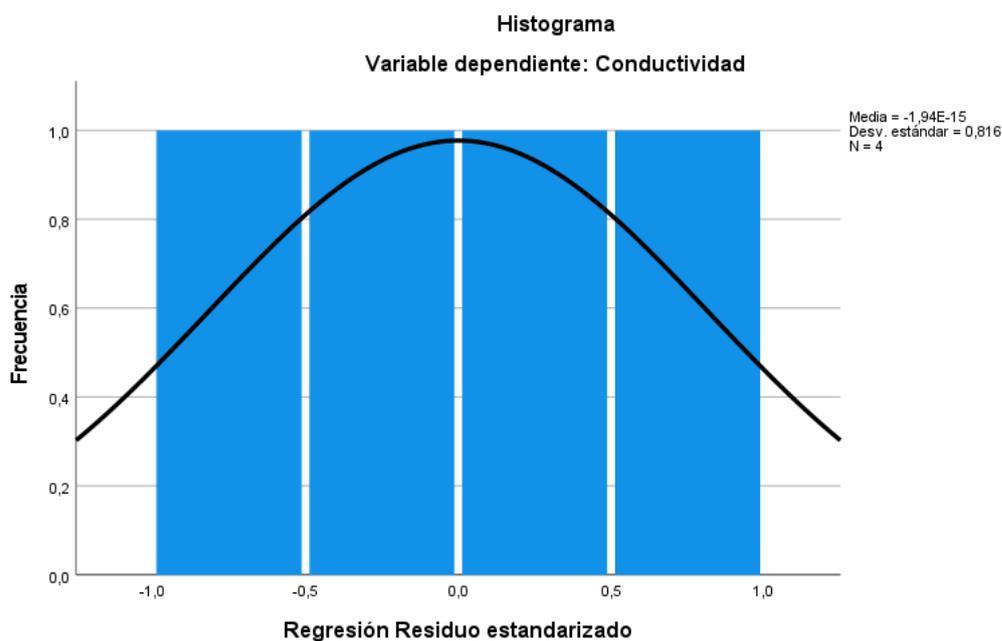


Figura 9. Histograma de normalidad de la Conductividad

El histograma ejemplificado en la *Figura 9* demuestra que los hallazgos del grado de la conductividad se asemejan a la distribución normal.

Linealidad

Tabla 23. Correlación de Pearson de la Conductividad

	Dosis
Conductividad	Correlación ,991**
	p ,009
	N 4

En la Tabla 23 se evidencia que si existe linealidad, porque la variable independiente (Dosis de Moringa) se relaciona con la variable dependiente (Conductividad).

Independencia

Tabla 24. *Durbin-Watson para la Conductividad*

Durbin-Watson
2,106

En la Tabla 24 se evidencia que los residuos del análisis de regresión son independientes, debido a que están dentro del rango de 1.5 y 2.5.

Tabla 25. *Resumen del modelo de la Conductividad*

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,991 ^a	,982	,973	14,79295

- a. Predictores: (Constante), Dosis
- b. Variable dependiente: Conductividad

Siguiendo a la Tabla 25 se constata que existe correlación entre la variable dosis de Moringa y conductividad con un valor $r=0.991$. Es decir, que con una proporción elevada de Moringa, la conductividad intensificará su potenciará. También se evidencia que la dosis de Moringa influye en un 98.2% en la variabilidad de la conductividad.

Tabla 26. *ANOVA de la Conductividad*

	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Regresión	23665,087	23665,087	108,143	,009 ^b
Residuo	437,663	218,831		
Total	24102,750			

En la Tabla 26 se evidencia que como el valor p es igual a 0.009 se sostiene que la implicación de la variable dosis de Moringa sobre la variable conductividad es significativa.

Las dosis de Moringa influyen en la conductividad del agua del Manantial Tumpa Puquio.

Tabla 27. *Coefficientes de la Conductividad*

	Coeficientes no estandarizados		Beta	t	p
	B	Desv. Error			
(Constante)	650,108	14,248		45,627	,000
Dosis	16,886	1,624	,991	10,399	,009

a. Variable dependiente: Conductividad

En la Tabla 27 se evidencia que la variable independiente dosis de Moringa tiene un valor p 0.009 lo cual señala que es un buen predictor para la variable dependiente conductividad. Debido a que aporta un 99.1% en el modelo de regresión. Además, por cada gramo de Moringa, la conductividad incrementa en 16.886 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ecuación de regresión estimada

$$\text{Conductividad} = 16.8855422 * \text{dosis de Moringa} + 650.108434$$

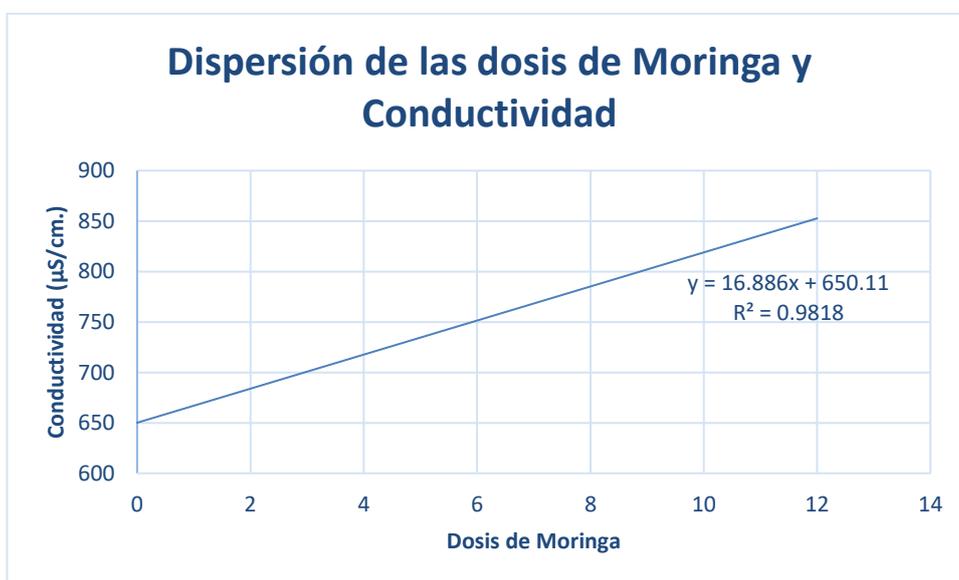


Figura 10. Diagrama de regresión de las dosis de Moringa y Conductividad

Los resultados de la conductividad obtenidos en esta investigación se hallan situados en el rango asentado por el LMP (37) menor a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.5. Discusión

Debido a la naturaleza del diseño de investigación, que fue de corte transversal, no se llevaron a cabo repeticiones de los tratamientos. Esta limitación surgió principalmente por los cambios bruscos en la precipitación en periodos cortos de tiempo, lo que dificultó replicar condiciones ambientales específicas para obtener muestras de agua con parámetros de calidad similares o idénticos a las muestras inicialmente analizadas. No obstante, es crucial destacar que las muestras fueron cuidadosamente transportadas en cooler refrigerado y analizadas en el centro de investigación de agua de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP). Este laboratorio no solo proporcionó un entorno técnico especializado, sino que también brindó un respaldo institucional que aseguró la confiabilidad y la validez de los resultados obtenidos. Adicionalmente, el centro de investigación de la UNCP se destacó notablemente debido a su infraestructura equipada con tecnología de última punta, personal altamente capacitado y la estricta adhesión a las diversas normativas. La disponibilidad de equipos avanzados, combinada con metodologías estandarizadas, permitió llevar a cabo análisis precisos y fiables de muestras de agua. Además, el personal del laboratorio, con formación y experiencia en el campo de la calidad del agua, aseguró que todos los procedimientos se realizaran con el máximo rigor científico. El cumplimiento de las diversas normativas, garantizó que los resultados obtenidos fueran comparables y aceptados científicamente. La elección de este laboratorio no solo fue esencial para asegurar la validez y aplicabilidad de los resultados obtenidos, sino que también fortaleció significativamente la calidad y el impacto de la tesis, ya que proporcionó una base sólida y confiable para el análisis de datos y la interpretación de resultados, elevando el nivel científico y académico del estudio realizado.

Además, tras la revisión y el análisis de diversas investigaciones previamente realizadas como: la investigación concretada por los autores Alejo y Flores (22), el trabajo de investigación desarrollado por Ruiz y Amaya (18), la investigación desarrollada por Laurencio (23), entre otros trabajos de investigación. Se concluyó que los resultados de las repeticiones en los tratamientos y en las distintas dosificaciones son similares a los obtenidos inicialmente, con variaciones porcentuales mínimas. Por tanto, en este trabajo de investigación se decidió no llevar a cabo repeticiones de los tratamientos y dosificaciones. En su lugar, se optó por realizar el análisis de laboratorio en el centro de investigación de agua de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), el cual dispuso equipos calibrados y confiables.

Además, en la investigación llevado a cabo por Hong y Soliman (19) y en la tesis de Carrizales y Enriquez (26), al igual que en este trabajo de investigación no efectuaron réplicas o repeticiones de sus tratamientos.

En lo que respecta a la turbidez del agua, se obtuvo que la dosis óptima de semilla de *Moringa Oleífera* triturada es de 8 gramos por litros de agua, dado que esta dosis logro una reducción de la turbidez del 86.58%, el cual es el mejor resultado encontrado entre los diversos análisis de esta investigación. Según Arango y Martinez (24) la reducción eficiente de la turbidez con semilla de *Moringa Oleífera* triturada se da gracias a las propiedades de neutralización de carga, adsorción y coagulante natural que tienen estas semillas.

De forma similar, Alejo y Flores (22) quienes también aplicaron granos de *Moringa Oleífera* en aras de reducir la turbidez, encontraron que la dosis óptima es de 8 gramos por litro de agua, lograron una disminución de la turbidez del 98%. Asimismo, en la investigación realizada por Alejo y Flores se obtuvieron resultados superiores. Esto se debe a que la turbidez y la cantidad de sólidos disueltos totales en la muestra inicial; sin la aplicación de dosis de Moringa, fueron menores en comparación con los valores obtenidos en esta investigación, los cuales fueron más elevados. Además, los factores naturales como la erosión, lluvias, fenómenos meteorológicos, etc., que varían en cada área de estudio, influyeron significativamente en la condición y calidad de cada muestra de agua (68).

Por otro lado, Arango y Martinez (24) quienes también emplearon semillas de *Moringa Oleífera* para reducir la turbidez, encontraron según sus resultados; que la dosis óptima es de 15 gramos por litro de agua, lo que les permitió lograr una reducción de la turbidez del 82.1%. Se observaron porcentajes de reducción de turbidez similares al de esta investigación desarrollada, en el estudio de Arango y Martínez se utilizó una dosis de Moringa superior, el cual se atribuyó al tipo de muestra de agua empleado; mientras que en su investigación se utilizaron ejemplares hídricos del Río Shullcas, en nuestro caso se tomaron muestras de agua del Manantial Tumpa Puquio.

Igualmente, Zacarías (25) utilizó semillas de *Moringa Oleífera* como sustancia coaguladora en el acondicionamiento de agua, concluyendo que la dosis más adecuada es de 10 gramos por litro de agua, lo que resultó en una disminución del 96% de la turbidez.

De manera similar, Chumbe (69) empleó la *Moringa oleífera* como biocoagulante y encontró que la dosis óptima es de 10 gramos por litro de agua, logrando una

reducción de la turbidez del 96%. Estos resultados se obtuvieron debido a que la turbidez inicial de las muestras fue inferior a la de esta investigación. Los resultados de las diversas investigaciones analizadas concuerdan con lo encontrado en la investigación desarrollada. Además, se confirma que el grano de *Moringa Oleífera* triturada posee una notable capacidad en aras de reducir la turbidez (70).

En relación con los sólidos disueltos totales, se obtuvo que la proporción óptima de grano de *Moringa Oleífera* triturada es de 8 gramos por litro de agua, dado que esta dosis logro un incremento menor de los sólidos disueltos totales de un 22.76%, en comparación a las otras dosis aplicadas. Según Bravo (71) la aminoración de los sólidos disueltos totales se da en virtud de la capacidad que tiene el grano de *Moringa Oleífera* para capturar y agrupar los fragmentos diminutos disueltas en el líquido vital, para posteriormente formar flóculos y reducir los sólidos disueltos totales.

De igual modo, Alejo y Flores (22) quienes también utilizaron *Moringa Oleífera* para un sistema de eco tratamiento del agua potable, encontraron que la dosis óptima para reducir los sólidos disueltos totales es de 8 gramos por litro de agua, que logro una remoción del 66%. Este resultado contradice a lo que se encontró en la investigación realizada, ya que en el trabajo de Alejo y Flores la dosis óptima redujo los sólidos disueltos totales en un 66% y por el contrario en el trabajo desarrollado este parámetro sufrió un incremento del 22.76%.

Por otra parte, Zacarías (25) quien también uso granos de *Moringa* para el acondicionamiento del líquido vital superficial, concluyo que la mejor dosis para disminuir los sólidos disueltos totales es de 10 gramos por litro de agua, logrando una reducción del 36%. Este resultado contradice los hallazgos de esta investigación, ya que en aquel trabajo de Zacarías la carga medida de sólidos disueltos totales disminuyen un 36% y por el contrario en esta investigación este parámetro sufre un incremento del 22.76%.

Los hallazgos positivos derivados de la exploración científica de Alejo y Flores, además del trabajo de Zacarías en el cual los sólidos disueltos totales se redujeron. Se debieron principalmente a las condiciones iniciales de los ejemplares de líquido vital en cada exploración científica (72), así mismo el parámetro de los sólidos disueltos totales está fuertemente relacionado con la turbidez (73) y con el tipo de solidos disueltos como sales, minerales, metales y otros compuestos orgánicos o inorgánicos presentes en las muestras iniciales de agua (74).

En relación con la conductividad del agua, se obtuvo que la proporción óptima de grano de *Moringa Oleífera* triturada es de 8 gramos por litro de agua, dado que esta dosis logro un incremento menor de la conductividad de un 22.45% en comparación a las otras dosis aplicadas. Según Bravo (71) la conductividad es proporcional a la dosis del coagulante natural usado; en este caso la semilla de *Moringa Oleífera*; menciona que la conductividad aumenta levemente por la presencia de diversos iones de sales.

De manera similar, Alejo y Flores (22) encontraron que la dosis óptima es de 8 gramos por litro de agua, que logro una reducción del 70% en la conductividad. Este resultado contradice a lo encontrado en la investigación realizada, ya que en el trabajo de Alejo y Flores la dosis óptima redujo la conductividad en un 70% y por el contrario en el trabajo desarrollado este parámetro sufrió un incremento del 22.45%. La reducción de la conductividad en el trabajo de Alejo y Flores se debió principalmente a que las muestras de agua presentaban baja presencia de sales minerales (74).

Asimismo, en la investigación de Vera et al. (75) que también usaron Moringa en el tratamiento de agua, concluyeron que la dosis óptima es de 0.8 gramos por litro de agua, además mencionaron que este compuesto coagulador orgánico influyo en la aminoración de la turbidez; pero en cuanto a la conductividad sufrió un incremento leve del 1.67%. Este resultado concuerda con el leve incremento de la conductividad encontrado en esta investigación.

Igualmente, Arango y Martinez (24) emplearon Moringa en el tratamiento de agua y determinaron que la dosis óptima de es 15 gramos por litro de agua, Sin embargo, al igual que en esta investigación, la conductividad se incrementó hasta en un 10.58%.

Así mismo, Campos (76) en su estudio sobre la clarificación del agua mediante el uso de Moringa, señaló que el parámetro de conductividad aumentó un 1.96%. En estas tres últimas investigaciones de (Vera et al.), (Arango y Martinez) y (Campos) los resultados concuerdan con lo encontrado en la investigación desarrollada y se concluye que la conductividad del agua incremento, esta situación del incremento de la conductividad se atribuye principalmente al estado inicial de las muestras de agua, el cual está influenciado por la presencia de sales minerales en las muestras iniciales (74) (77). Además, durante el proceso de coagulación, es posible que la Moringa libere iones al agua (78), lo que también contribuye a incremento de la conductividad.

CONCLUSIONES

La dosis más efectiva y óptima, determinada tras analizar tres dosificaciones del grano del árbol identificado como *Moringa* en el laboratorio para aminorar la turbidez, los sólidos disueltos totales y la conductividad, objeto de estudio en este trabajo de investigación, es de 8 g/L. Además, se identifica que las magnitudes de los parámetros analizados están relacionados directamente con la dosis aplicada.

La dosis óptima de grano de *Moringa Oleífera* para minimizar la turbidez del líquido vital; según los resultados de la investigación es de 8 g/L. Esta dosis logró reducir el 86.58% de la turbidez, pasando de 1252 a 168 NTU. Las diferentes dosis representan una influencia del 87.8% en la variabilidad de la turbidez. Aun con este resultado, la turbidez no se halla situados en el rango asentado por el Reglamento del Decreto Supremo N° 031-2010-SA (37) el cual indica que tiene que ser menor a 5 NTU.

La proporción óptima de grano de *Moringa Oleífera* para reducir los sólidos disueltos totales del agua; según los resultados de la investigación es de 8 g/L. Esta dosis provocó un incremento del 22.76% respecto a los sólidos disueltos totales en el agua, pasando a partir de 413 mg/L a 507 mg/L. Las diferentes dosis representan una influencia del 98.1% en el lapso de la variabilidad en lo referente a los sólidos disueltos totales. Este resultado obtenido se halla situados en el rango asentado por el Reglamento del Decreto Supremo N° 031-2010-SA (37) el cual indica que tiene que ser menor a 1000 mg/L.

La influencia de grano de *Moringa Oleífera* triturada sobre la conductividad del líquido vital es de hasta un 98.2 % en la variabilidad de la conductividad. La dosis óptima encontrada fue de 8 g/L. Esta dosis provocó un incremento del 22.45% de la conductividad, pasando de 646 a 791 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En comparación con las dosis de 10 y 12 g/L que incrementaron en 28.79% y 29.72% respectivamente. Este resultado obtenido se halla situados en el rango asentado por el Reglamento del Decreto Supremo N° 031-2010-SA (37) el cual indica que tiene que ser menor a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones, se recomienda investigar dosis más bajas de fragmentos diminutos de grano de Moringa, con el fin de identificar posibles mejoras en el análisis fisicoquímico de las muestras.
- En futuras investigaciones, se aconseja explorar diferentes tiempos de sedimentación distintos a los 15 minutos utilizados en este estudio, ya que períodos más prolongados podrían conducir a resultados más favorables.
- Se sugiere que en investigaciones posteriores se realice un análisis preliminar en laboratorio del agua que se planea utilizar como muestra.
- Se sugiere explorar otros coagulantes y floculantes naturales (materiales biológicos) en diversas concentraciones y etapas, con el objetivo de obtener resultados más efectivos en la reducción de los sólidos disueltos totales a la par la disminución de la turbidez.

BIBLIOGRAFÍA

1. DURÁN, J and TORRES, A. Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. Online. 2006. Available from: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-05652006000200005
2. NACIONES UNIDAS. Agua - Naciones Unidas. Online. 2019. Available from: <https://www.un.org/es/global-issues/water>
3. XICOTA, E. ¿Cómo afecta la industria textil y de la moda a la calidad del agua? Online. 2018. Available from: <https://www.esterxicota.com/impactos-moda-agua/#:~:text=Solo%20un%202%2C5%25%20del,la%20destinamos%20a%20uso%20dom%C3%A9stico>.
4. INEI. *Estado de la población peruana 2020* Online. 2020. Available from: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1743/Libro.pdf
5. MINAM. El Perú y el Cambio Climático. *Ministerio del Ambiente*. Online. 2016. Available from: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf>
6. UNICEF. 1 de cada 3 personas en el mundo no tiene acceso a agua potable. Online. 2019. Available from: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/1-de-cada-3-personas-en-el-mundo-no-tiene-acceso-a-agua-potable>
7. SUNASS. Merese Hídricos: un acuerdo entre el campo y la ciudad para proteger los ecosistemas y asegurar el agua potable. Online. 2022. Available from: <https://www.sunass.gob.pe/sunass-en-cifras-5/>
8. GORCZEVSKI, C and CAPUANO, M. Realidades y utopías de la Agenda 2030: un análisis del derecho humano al acceso al agua potable en el texto constitucional brasileño. *Justicia & Derecho*. Online. 1 July 2022. P. 1–14. DOI 10.32457/rjyd.v5i1.1565.
9. ROMERO, M. Estudio de la eficiencia de los coagulantes naturales con respecto a los coagulantes sintéticos utilizados en el tratamiento de agua potable. Online. 2022. P. 52–53. Available from: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/39218/1/Trabajo-de-Titulaci%C3%B3n.pdf>
10. UNW-DPAC. Implementación de mejoras para la calidad del agua y la protección de servicios ecosistémicos. *Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio*. Online. 2015. Available from:

- https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/04%20risk_water_quality_esp_web.pdf
11. SANABRIA, E and PEÑA, J. *Plan de negocio empresa piscícola aguas del cacique para la producción de tilapia roja (Oreochromis sp) y nilótica (Oreochromis niloticus) en estanques de geomembrana en el municipio de florián santander empleando moringa (Moringa olifeira) como inmunoestimulante*. Online. 2022. Available from:
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e8a97401-79aa-430b-97e4-9c8d9ea3e041/content>
 12. FERIA, J, BERMÚDEZ, S and ESTRADA, A. Eficiencia de la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. Online. 2014. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v9n1/v9n1a01.pdf>
 13. GATICA, M. Módulo sobre técnicas de purificación de agua dirigida a docentes y alumnos del Instituto Nacional de Educación Básica de Telesecundaria las Cruces, municipio de Cobán, Alta Verapaz. *Universidad de San Carlos de Guatemala*. Online. 2014. Available from:
http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_5632.pdf
 14. GONZALES, L and VALLEJOS, M. *Efectos Sociales del Desabastecimiento en Agua Potable y Saneamiento Básico* Online. 2020. Available from:
https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3720/Lidia%20Gonzales_Mirtha%20Vallejos_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2020_2.pdf?sequence=8&isAllowed=y
 15. CALSÍN, J, FERNÁNDEZ, R and PAYEHUANCA, M. Eficiencia de la moringa en el proceso de potabilización de agua. *Universitaria Universidad de Contestado (UNC)*. Online. 2023. Available from: https://uni-contestado-site.s3.amazonaws.com/site/biblioteca/ebook/Eficiencia_de_la_Moringa_Juan_Ramon.pdf
 16. HASSAN, N. Parámetros de calidad del agua. Online. 2020.
DOI 10.5772/intechopen.89657.
 17. CASSASSUCE F. *Salinidad y sólidos disueltos del agua* Online. 2020. Available from: <https://www.agualimpia.mx/blogs/news/solidos-disueltos-en-el-agua-que-significa>
 18. RUIZ, M and AMAYA, J. *Evaluación del biocoagulante extraído de la semilla de moringa (M. Oleífera) como coadyuvante en el proceso de coagulación para el tratamiento de aguas superficiales en la cuenca río molino (Popayán-Cauca)* Online. 2021. Available from:
<https://repositorio.uniautonoma.edu.co/handle/123456789/608>

19. HONG, M and SOLIMAN, M. Utilization of Moringa oleifera as Natural Coagulant for Water Purification. *Industrial and Domestic Waste Management*. Online. 20 December 2021. Vol. 1, no. 1, p. 1–11.
DOI <https://doi.org/10.53623/idwm.v1i1.41>.
20. CASTILLO, Marcial. Revisión sobre clarificación del agua y el uso de semillas de moringa, Moringa oleifera Lam. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*. Online. 31 May 2023. Vol. 28, no. 1, p. 169–189.
DOI 10.32480/rscp.2023.28.1.169.
21. ARANDA, E and ESQUIA, I. *Aplicación del polvo de moringa (Moringa Oleífera) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética* Online. 2021. Available from:
[http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6298#:~:text=En conclusión%2C el coagulante del,con alto contenido de turbidez](http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6298#:~:text=En%20conclusión%20el%20coagulante%20del%20con%20alto%20contenido%20de%20turbidez).
22. ALEJO, E and FLORES, B. *Influencia de un Sistema de Ecotratamiento de Agua Potable para Mejorarla Calidad del Agua de Consumo Humano, Nazca –2021* Online. 2021. Available from:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71774>
23. LAURENCIO, J. Efectividad de la semilla Moringa oleífera como biocoagulante para el pre tratamiento de agua, provincia de Ilo, Moquegua. *Universidad Nacional de Moquegua*. Online. 2021. Available from:
<http://www.repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/285>
24. ARANGO, R and MARTINEZ, A. *Evaluación del efecto de la semilla de Moringa Oleifera en la reducción de turbidez y e. Coli en el proceso de coagulación para el tratamiento de aguas naturales del Río Shullcas* Online. 2022. Available from:
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8297>
25. ZACARÍAS, J. *Eficiencia de la semilla de Moringa (Moringa Oleífera) para el tratamiento de las aguas superficiales del Río Shullcas durante el periodo 2018* Online. 2019. Available from:
<https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/4162>
26. CARRIZALES, R and ENRIQUEZ, N. *Determinación de la dosis y concentración óptima del coagulante de Moringa Oleífera en la clarificación del agua de la quebrada Taczanapampa de la ciudad de Huancavelica* Online. 2019. Available from: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/0e9c13ce-982f-4d90-82b8-c3f7ffe9964c>
27. GARCÍA, Paula, PEÑALVER, Rocío and NIETO, Gema. Beneficios para la salud de los usos y aplicaciones de Moringa Oleífera en productos de panadería. Online. 2021. DOI <https://doi.org/10.3390/plants10020318>.

28. TELMA J.R. Moringa (moringa oleifera). Online. 2011. Available from:
<https://telmajr.wordpress.com/2011/04/29/moringa-moringa-oleifera/>
29. NDABIGENGESERE, A and NARASIAH, K. Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. *Elsevier Science*. Online. 1998. Vol. 32, no. 3, p. 781–791. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135497002959>
30. ALVAREZ, H. EFECTO DE LA TORTA DE MORINGA (Moringa Oleífera) SOBRE LA TURBIDEZ REMOVIDA DEL AGUA RESIDUAL DE LA ELABORACIÓN DEL NÉCTAR DE MARACUYÁ. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. Online. 2016. Available from:
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4288/alvarez-chancasanampa-hermelinda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
31. ARANDA, E and ESQUIA, I. Aplicación del polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética. *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO*. Online. 2021. Available from:
http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6298/TESIS_PREGRADO_ARANDA_ESQUIA_FIQ_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
32. QUINTERO, L and RODRÍGUEZ, N. Extractos vegetales para el tratamiento de las aguas residuales del café. *Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé*. Online. 2019. No. 504, p. 1–8. DOI <https://doi.org/10.38141/10779/0504>.
33. ALVARADO, L and VANEGAS, Y. Actividad coagulante de la semilla annona muricata (Guanábana) en aguas de la cuenca media del Río Bogotá. Online. 2021. Available from:
<https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/6949>
34. NDABIGENGESERE, A, NARASIAH, K and TALBOT, B. Agentes activos y mecanismo de coagulación de aguas turbias utilizando Moringa oleifera. *War. Res*. Online. 1995. Vol. 29, no. 2, p. 703–710. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/004313549400161Y?via%3Dihub>
35. LEGUA, J. *Efectividad de la semilla moringa oleífera como biocoagulante para el pre-tratamiento de agua, provincia de Ilo, Moquegua*. Online. 2021. Available from:
https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/285/D095_70197135_T-1648834865.pdf?sequence=1&isAllowed=y

36. ACCIONA. ¿En qué consiste la potabilización del agua? *ACCIONA BUSINESS AS UNUSUAL*. Online. 2020. Available from:
<https://www.accion.com/es/tratamiento-de-agua/potabilizacion/>
37. DIGESA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. *Dirección General de Salud Ambiental*. Online. 2011. Available from:
http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
38. ACONSA-LAB. Parámetros físicos de calidad del agua. Online. 2023. Available from: <https://aconsa-lab.com/parametros-fisicos-de-calidad-del-agua/>
39. SELA, G. La alcalinidad del agua. *Cropaia*. Online. 2020. Available from:
<https://croipaia.com/es/blog/la-alcalinidad-del-agua/>
40. MINVIVIENDA. Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) - Colombia. *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - Colombia*. Online. 2017. Available from:
https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_minviviendact_0330_2017.htm
41. ORTIZ, Luis. Principios de la clarificación. *Universidad Autónoma de Zacatecas*. Online. 2019. Available from:
<http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/bitstream/20.500.11845/3001/1/PRINCIPIOSDELACLARIFICACION.pdf>
42. RAMOS, J. Relación de los parámetros fisicoquímicos con la estructura de la comunidad fitoplanctónica de las aguas superficiales del desembarcadero pesquero del Puerto de Ilo, región Moquegua, 2021. *Universidad Continental*. Online. 2021. Available from:
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11099>
43. DIGESA. Directiva sanitaria para la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en instituciones prestadoras de servicios de salud (IPRESS). *Dirección General de Salud Ambiental*. Online. 2021. Available from:
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1767308/Directiva%20Sanitaria%20N%C2%BA%20132-MINSA/2021/DIGESA.pdf>
44. ARISMENDI W. Evaluación y comparación de la capacidad floculante de taninos modificados (Quebracho, Acacia, Castaño) y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales. *Pontificia Universidad Javeriana*. Online. 2016. Available from:
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/34503>
45. RAE. Definición de agua. *Real Academia Española*. Online. 2022. Available from: <https://dle.rae.es/agua>
46. DIGESA. Protocolo de procedimientos para toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo

- humano. *Dirección General de Salud Ambiental*. Online. 2015. Available from: http://www.digesa.minsa.gob.pe/normaslegales/normas/rd_160_2015_digesa.pdf
47. BCN. Calidad del Agua. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Online. 2016. Available from: <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>
 48. HUERTA, K. Coagulante y floculante en el tratamiento de aguas. *CONTYQUIM*. Online. 2022. Available from: <https://contyquim.com/blog/coagulante-y-floculante-en-el-tratamiento-de-aguas>
 49. RAE. Definición de flóculo. *Real Academia Española*. Online. 2023. Available from: <https://dle.rae.es/fl%C3%B3culo>
 50. OMS. Guías para la calidad del agua de consumo humano. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (ed.), *Organización Mundial de la Salud*. Online. Cuarta Edición. 2011. Vol. Cuarta Edición. Available from: <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>
 51. SEDEMA. Ablandamiento. *Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México*. Online. 2023. Available from: <http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/datos/glosario-definicion/Ablandamiento>
 52. ÁVILA, Ana and LUNA, Pavlova. Proyectos de abastecimiento de agua potable con enfoque de género para Zonas Rurales. *Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB) - Bolivia*. Online. Available from: https://www.bivica.org/files/6007_M%C3%B3dulo3_C3%20Tema1%20redes.pdf
 53. INEI. Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Online. 2020. Available from: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf
 54. DENVER WATER. Informe de calidad del agua. Online. 2022. Available from: <https://www.denverwater.org/sites/default/files/2022-informe-de-calidad-del-agua.pdf>
 55. CLAUDE, E. Tamaños de sustancias disueltas o suspendidas en el agua. Online. 2019. Available from: <https://www.globalseafood.org/advocate/tamanos-de-sustancias-disueltas-o-suspendidas-en-el-agua/>
 56. HELLO AUTO. ¿Qué son las RPM? Online. 2023. Available from: <https://helloauto.com/glosario/rpm>
 57. ASAMBLEA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS. Resolución A/RES/64/292. Online. 2010. Available from:

- https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjHiZeEp4iDAXUqqJUCHekhBulQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fdigitallibrary.un.org%2Frecord%2F687002%2Ffiles%2FA_RES_64_292-ES.pdf&usg=AOvVaw3g67nuOCLxPz61YC2EEExKT&opi=89978449
58. MOURA DO CARMO, Valter and MAIA MELO, Álisson José. El reconocimiento de los derechos humanos al agua y al saneamiento básico por las naciones unidas. *Summa Iuris*. Online. June 2019. Vol. 7, no. 1, p. 14–19. DOI 10.21501/23394536.3273.
 59. NIETO, E. Tipos de Investigación. Online. 2018. Available from: <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>
 60. GALLARDO, E. Metodología de la Investigación. Manual Autoformativo Interactivo. *Universidad Continental*. Online. 2017. Available from: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf
 61. ARIAS, J and COVINOS, M. *Diseño y metodología de la investigación*. Online. 2021. ISBN 9786124844423. Available from: <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>
 62. ESPINOZA, E. Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. *Universidad Técnica de Machala. Ecuador*. Online. 2019. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1990-86442019000400171&script=sci_arttext&tlng=pt
 63. ARIAS, J. *Técnicas e instrumentos de investigación científica*. Online. 2020. ISBN 9786124844409. Available from: <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26118w/Tecnicas%20e%20instrumentos.pdf>
 64. KALSTEIN. ¿Qué es un pHmetro? Online. 2021. Available from: <https://kalstein.ec/que-es-un-phmetro-2/>
 65. KALSTEIN. Turbidímetro ¿Cuáles son sus partes? Online. 2021. Available from: <https://kalstein.co.ve/turbidimetro-cuales-son-sus-partes/>
 66. JC MEDICAL SUPPLIES. AGITADOR OS20-S. Online. Available from: https://drive.google.com/file/d/1vszV60a4xz3-X0tt4i5m_XTjAP34jwTB/view
 67. CASTILLO, V. Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. *Universidad del Bío-Bío*. Online. 2013. Available from: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf
 68. DÍAZ, L. Indicadores de calidad de agua salada: Revisión sistemática. Online. 2021. Available from: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71524>

69. CHUMBE, P. Proceso de coagulación – floculación en la remoción de sólidos coloidales utilizando biocoagulante Moringa oleífera, Moyobamba 2021. *Universidad Nacional de San Martín*. Online. 2022. Available from: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4991>
70. ORÉ, L, EVANGELISTA, E, AROSTEGUI, J, LOARTE, W, ORÉ, J and QUISPE, M. Efecto de coagulantes y floculantes en la remoción de turbidez de aguas de ríos contaminadas. *Agroindustrial Science*. Online. 1 January 2024. Vol. 13, no. 3, p. 127–134. DOI 10.17268/agroind.sci.2023.03.02.
71. BRAVO, F. Uso de semilla de Moringa Oleífera como biocoagulante natural para mejorar la calidad del agua proveniente del rio Ahuashiyacu - Tarapoto. *Universidad Nacional de San Martín*. Online. 2021. Available from: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4349>
72. GABINO, R. Opuntia ficus-indica como coagulante para remoción de sólidos suspendidos totales del efluente de beneficio en avícola La Chacra. *Universidad Continental*. Online. 2018. Available from: <http://repositoriodemo.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5029>
73. MARÍN, T and ARRIOJAS, D. Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (Cocos nucífera) a nivel de laboratorio. *Revista ION*. Online. 12 November 2020. DOI 10.18273/revion.v33n2-2020008.
74. BAQUERO, L, TAFUR, J, SÁNCHEZ, E and BOTELLO, W. OXIDACIÓN DE FENTON COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES DE LAVADO: EVALUACIÓN DE SU ACERCAMIENTO VERDE. *Pharos, Revista de divulgación científica*. Online. 2023. Available from: <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/pharos/article/view/4498>
75. VERA, P, MARTÍNEZ, G, VERA, L, MINCHÁN, J and PASTOR, D. Efecto del polvo de semilla de Moringa oleífera sobre la turbidez de las aguas residuales en Cajamarca, Perú. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*. Online. 2023. Vol. 2, no. 2. DOI 10.51252/reacae.v2i2.e510.
76. CAMPOS, H. EFECTO COAGULANTE DE LA SEMILLA DE MORINGA (Moringa oleífera) PARA CLARIFICAR AGUA DEL CANAL MONSEFÚ, CENTRO POBLADO CALLANCA, DISTRITO MONSEFÚ, 2019. *UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE*. Online. 2020. Available from: <https://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/304>
77. PELAYO, J and ZÁRATE, J. Desarrollo de un coagulante a partir de la cáscara de banano para el tratamiento de aguas residuales. Online. 2022. Available from: <http://52.0.229.99/handle/20.500.11839/9058>

78. SANDOVAL, M, LAINES, J, RAMÍREZ, R, ORTIZ, G and MACÍAS, C. Eficiencia de coagulación de la moringa oleífera en aguas superficiales de diferente turbiedad. *Multidisciplinas De La Ingeniería*. Online. 2023.
DOI <https://doi.org/10.29105/mdi.v2i02.45>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

TÍTULO DE TESIS: EVALUACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE MORINGA COMO COAGULANTE - FLOCULANTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUA DEL MANANTIAL TUMPA PUQUIO - HUANCVELICA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuál será la dosis óptima de Moringa como coagulante y floculante natural en el tratamiento de agua en el Manantial Tumpa Puquio de la comunidad Choclococha, Acobamba - Huancavelica?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS PE1. ¿Cuál será la dosis óptima de la semilla de Moringa Oleífera triturada para minimizar la turbidez del agua del Manantial Tumpa Puquio? PE2. ¿Cuál será la dosis óptima de la semilla de Moringa Oleífera triturada como coagulante y floculante natural para reducir los sólidos disueltos totales del agua del Manantial Tumpa Puquio? PE3. ¿Cuál es la influencia de la semilla de Moringa Oleífera triturada sobre la conductividad del agua del Manantial Tumpa Puquio?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Evaluar la dosis óptima de Moringa como coagulante y floculante natural en el tratamiento de agua en el Manantial Tumpa Puquio de la comunidad Choclococha, Acobamba – Huancavelica.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS OE1. Determinar la dosis óptima de la semilla de Moringa Oleífera triturada para minimizar la turbidez del agua del Manantial Tumpa Puquio. OE2. Determinar la dosis óptima de la semilla de Moringa Oleífera triturada como coagulante y floculante natural para reducir los sólidos disueltos totales del agua del Manantial Tumpa Puquio. OE3. Evaluar la influencia de la semilla de Moringa Oleífera triturada sobre la conductividad del agua del Manantial Tumpa Puquio.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL La semilla de Moringa Oleífera triturada tendrá influencias significativas sobre reducción de la turbidez, los sólidos disueltos totales y la conductividad del agua del Manantial Tumpa Puquio al aplicar la dosis óptima.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICO HE1. La semilla de Moringa Oleífera triturada minimizará de manera significativa la turbidez del agua del Manantial Tumpa Puquio al aplicar la dosis óptima, mostrando una disminución en los niveles de la turbidez. HE2. La semilla de Moringa Oleífera triturada reducirá de manera significativa los sólidos disueltos totales del agua del Manantial Tumpa Puquio al aplicar la dosis óptima, mostrando una disminución en los niveles de sólidos disueltos totales. HE3. La semilla de Moringa Oleífera triturada tendrá una influencia significativa sobre la conductividad del agua del Manantial Tumpa Puquio al aplicar la dosis óptima, mostrando una disminución en los niveles de conductividad.</p>	<p>Variable Independiente: Dosis de Moringa Oleífera g/L. Dimensiones: - Físico. - Químico.</p> <p>Variable Dependiente: Tratamiento de agua. Dimensiones: - Parámetros Físicos (Turbidez, Sólidos Disueltos Totales, Conductividad).</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Explicativo Diseño de investigación: Experimental de corte transversal Población: El Manantial Tumpa Puquio, situado en el Centro Poblado Choclococha - Pomacocha, Acobamba - Huancavelica. Muestra: 4 litros de agua del Manantial Tumpa Puquio. Técnicas de Procesamiento: Excel 2021 y SPSS 27</p>

Anexo 2. Límite Máximo Permissible (LMP) de parámetros de calidad organoléptica

Tabla 28. Límite Máximo Permissible (LMP)

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA			
Nº	Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1	Olor	...	Aceptable
2	Sabor	...	Aceptable
3	Color	UCV escala Pt/Co	15
4	Turbiedad	UNT	5
5	pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500
7	Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1000
8	Cloruros	mg Cl – L ⁻¹	250
9	Sulfatos	mg SO ₄ – L ⁻¹	250
10	Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11	Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12	Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13	Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14	Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15	Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16	Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17	Sodio	mg Na L ⁻¹	200
UCV = Unidad de color verdadero			
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad			

NOTA: Obtenida del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA. (37).

Anexo 3. Ficha de obtención de datos de parámetros fisicoquímicos

Tabla 29. *Ficha de obtención de datos*

NOMBRE DEL PROYECTO	N ° DE REPORTE:	021/2023	DATOS DEL SOLICITANTE	
EVALUACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE MORINGA COMO COAGULANTE - FLOCULANTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUA DEL MANANTIAL TUMPA PUQUIO - HUANCVELICA			ANTHONY BAUTISTA RODRIGUEZ	
			FECHA DE MUESTREO	20/03/2023
			FECHA DE ANÁLISIS	21/03/2023
FUENTE:	MANANTIAL TUMPA PUQUIO		PUNTO DE MUESTREO	
LOCALIDAD:	CENTRO POBLADO CHOCLOCOCHA	Este:	549582.35	
DIST/PROV/DEP.	POMACOCHA/ ACOBAMBA/ HUANCVELICA	Norte:	8579776.736	
PARÁMETROS:	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		Altitud(msnm):	3 398
MUESTREADO POR:	Anthony Bautista Rodriguez			

Anexo 4. Tiempos usados en el agitador

Tabla 30. *Tiempos en el agitador OS20-S*

Mezcla rápida: 200 rpm/5 s
Coagulación: 100 rpm/20 min
Floculación: 60 rpm/15 min
Sedimentación: 0 rpm/15 min

Anexo 5. Resultados de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ Vicerrectorado de Investigación LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE AGUAS

Av. Mariscal Castilla N° 3909-4089 Pabellón "C" - Tercer piso CIUDAD UNIVERSITARIA
correo electrónico: labinvaguas@uncp.edu.pe

NOMBRE DEL PROYECTO	N ° DE REPORTE:	021/2023	DATOS DEL SOLICITANTE	
EVALUACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE MORINGA COMO COAGULANTE - FLOCULANTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUA DEL MANANTIAL TUMPA PUQUIO - HUANCAVELICA			ANTHONY BAUTISTA RODRIGUEZ	
			FECHA DE MUESTREO	20/03/2023
			FECHA DE ANÁLISIS	21/03/2023
FUENTE:	MANANTIAL TUMPA PUQUIO		PUNTO DE MUESTREO	
LOCALIDAD:	CENTRO POBLADO CHOCLOCOCHA	Este:	549582.35	
DIST/PROV/DEP.	POMACOCHA/ ACOBAMBA/ HUANCAVELICA	Norte	8579776.736	
PARÁMETROS:	ANALISIS FISICOQUÍMICO	Altitud(msnm):	3 398	
MUESTREADO POR:	Anthony Bautista Rodriguez			

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	NATURAL	8g	10g	12g
DUREZA TOTAL	SM 2340 C Método titulométrico con EDTA	CaCO ₃ (mg/L)		360	335	330
DUREZA CÁLCICA	SM 3500-Ca B. EDTA Método volumétrico	CaCO ₃ (mg/L)		210	130.0	160
ALCALINIDAD	SM 2320 B. Método de titulación	CaCO ₃ (mg/L)		360	380	440
CLORUROS	SM 4500-Cl- B Método argentométrico	Cl ⁻ (mg/L)		15.00	15.80	15.00
CONDUCTIVIDAD	SM 2510 B. Conductividad	µS/cm.	646	791	832	838
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	SM 2540 C: Total de Sólidos Disueltos	(mg/L)	413	507	532	536
SOLIDOS SUSPENDIDOS	SM 2540 D: Método gravimétrico	(mg/L)	3560	390	410	490
SOLIDOS TOTALES	SM 2540 B Sólidos totales	(mg/L)	3973	897	942	1026
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	SM 4500-H+ pH valor	pH	7.31	7.84	7.59	7.47
OXIGENO DISUELTOS	ASTM D888-12 TEST Método C	(mg/L)	4.44	4.56	4.57	4.77
TURBIDEZ	SM 2130 B. Método Nefelométrico	NTU	1252	168	198	222

OBSERVACIONES:

*Las muestras fueron proporcionados por el interesado(a)

*Documentos de referencia: Standard Methods for examination of water and wastewater 23rd Edition -2017

*Parámetros no acreditados

Dra. María Custodio Villanueva
COORDINADORA GENERAL

Anexo 6. Resultado del análisis fisicoquímico del preanálisis

Tabla 31. Resultado del análisis fisicoquímico del preanálisis

Análisis Fisicoquímico del Manantial Tumpa Puquio		
Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Resultados obtenidos
		Natural
Dureza Total	CaCO ₃ (mg/L)	-
Dureza Cálcica	CaCO ₃ (mg/L)	-
Alcalinidad	CaCO ₃ (mg/L)	-
Cloruros	Cl ⁻ (mg/L)	-
Conductividad	μS/cm.	646
Solidos Disueltos Totales	(mg/L)	413
Solidos Suspendidos	(mg/L)	3560
Solidos Totales	(mg/L)	3973
Potencial De Hidrógeno	pH	7.31
Oxígeno Disuelto	(mg/L)	4.44
Turbidez	NTU	1252

Tabla 32. Resultado del análisis fisicoquímico del agua con dosis de Moringa

Análisis Fisicoquímico del Manantial Tumpa Puquio					
Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Resultados obtenidos			
		Natural	8g	10g	12g
Dureza Total	CaCO ₃ (mg/L)	-	360	335	330
Dureza Cálcica	CaCO ₃ (mg/L)	-	210	130	160
Alcalinidad	CaCO ₃ (mg/L)	-	360	380	440
Cloruros	Cl ⁻ (mg/L)	-	15	15.8	15
Conductividad	μS/cm.	646	791	832	838
Solidos Disueltos Totales	(mg/L)	413	507	532	536
Solidos Suspendidos	(mg/L)	3560	390	410	490
Solidos Totales	(mg/L)	3973	897	942	1026
Potencial De Hidrógeno	pH	7.31	7.84	7.59	7.47
Oxígeno Disuelto	(mg/L)	4.44	4.56	4.57	4.77
Turbidez	NTU	1252	168	198	222

Anexo 7. Evidencia fotográfica



Descascarado de la semilla de *Moringa Oleífera*



Triturado y tamizado



Extracción de muestras de agua



Traslado de las muestras de agua en cooler refrigerado



Pesado de las dosis de Moringa (8g, 10g, 12g)



Pesado de las dosis de Moringa



Prueba de jarras



Medición del pH



Turbidez 1 (Sin Dosis)



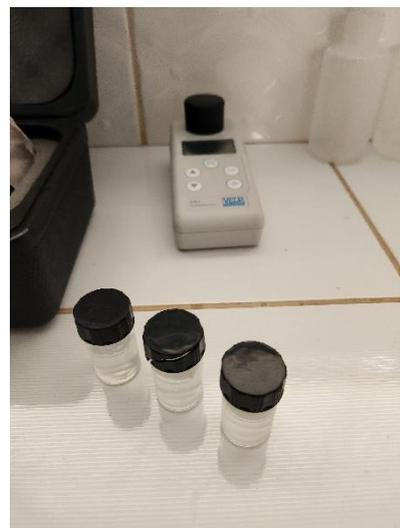
Turbidez 2 (8g)



Turbidez 3 (10g)



Turbidez 4 (12g)



Medición de la turbidez



Imagen en orden de dosis (8g, 10g, 12g, sin dosis)