

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“REDUCCIÓN DE TURBIDEZ MEDIANTE LOS
COAGULANTES NATURALES (*moringa oleifera*) y
(*opuntia ficus-indica*) EN AGUAS SUPERFICIALES
DE LA QUEBRADA HUAYCOLORO, 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autores:

Angiely Sherely Cañari Porras

Karoll Nicolle Leon Lopez

Asesor:

Mg. Ing. Margeo Javier Chumán López

<https://orcid.org/0000-0002-4038-7591>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Mg. ELIFIO GUSTAVO CASTILLO GOMERO	07594283
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Mg. LUIS ENRIQUE ALVA DIAZ	43679478
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Dra. MARIETA ELIANA CERVANTES PERALTA	29425048
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Tesis León y Cañari 2

ORIGINALITY REPORT

4%	5%	0%	1%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	2%
2	docplayer.es Internet Source	1%
3	repositorio.untels.edu.pe Internet Source	1%
4	repositorio.unfv.edu.pe Internet Source	1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a nuestros padres Miriam Porras, Santos Cañari, Carol Lopez y Tobias Leon por habernos forjado el cómo somos hoy en día, ya que muchos de nuestros logros se lo debemos a ellos, que gracias a sus enseñanzas, paciencia y dedicación nos ayudaron a seguir adelante formando nuestro propio camino lleno de perseverancia, honestidad, felicidad y amor.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a nuestros padres y familia en general que nos acompañaron y guiaron para continuar creciendo personal y profesionalmente. Asimismo, agradecemos a nuestro asesor Margeo Chuman, que nos ayudó en la realización de nuestro proyecto de tesis, además de la paciencia y por su gran esfuerzo de que todo salga correctamente. De la misma manera, a nuestro coordinador de laboratorio Denis Gabriel que nos brindó el apoyo constante en el proceso de investigación, además de los profesores que fueron parte de la validación de expertos para la realización de nuestra tesis.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Justificación	17
1.3. Antecedentes	18
1.3.1. Antecedentes Internacionales	18
1.3.2. Antecedentes Nacionales	21
1.4. Formulación del problema	24
1.4.1. Problema General	24
1.4.2. Problemas Específicos	24
1.5. Objetivos	24
1.5.1. Objetivo General	24
1.5.2. Objetivos Específicos	25
1.6. Hipótesis	25

1.6.1.	Hipótesis General	25
1.6.2.	Hipótesis Específicas	25
1.7.	Bases Teóricas	25
1.7.1.	Nopal (<i>Opuntia Ficus – Indica</i>)	25
1.7.2.	La Penca de Tuna como agente coagulante	26
1.7.3.	Composición química de la penca de tuna (<i>opuntia ficus-indica</i>)	27
1.7.4.	<i>Moringa Oleifera</i>	28
1.7.5.	La <i>Moringa Oleifera</i> como Agente Coagulante	29
1.7.6.	Composición química de la <i>Moringa Oleifera</i>	29
1.7.7.	Liofilización	29
1.7.8.	Agua	30
1.7.9.	Calidad del Agua	30
1.7.10.	Quebradas	31
1.7.11.	Aguas Superficiales	31
1.7.12.	Procesos de Reducción de Sólidos	32
1.7.13.	Parámetros de control de la calidad de Agua	33
1.7.14.	Prueba de Jarras	36
1.7.15.	Factores que influyen en el potencial coagulante y floculante de la <i>Opuntia ficus-indica</i> y <i>Moringa Oleifera</i>	36
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA		38
2.1.	Enfoque de Investigación	38
2.2.	Tipo de Investigación	38
2.3.	Diseño de Investigación	38
2.4.	Localización, población y muestra	39
2.4.1.	Localización	39
2.4.2.	Población	41
2.4.3.	Muestra	41
2.4.4.	Muestreo	41
2.5.	Técnicas, Instrumentos de recolección y Métodos	43
2.5.1.	Técnicas	43
2.5.1.1.	Análisis de Campo	44

2.5.1.2. Análisis Experimental	44
2.5.2. Instrumentos	44
2.5.3. Métodos	46
2.5.3.1. Procedimiento de pH, Conductividad y SDT	46
2.5.3.2. Procedimiento de la Turbidez	48
2.5.3.3. Procedimiento de la prueba de jarras	49
2.6. Validez y Confiabilidad	50
2.7. Procedimiento	50
2.7.1. Instrumentos de Campo	50
2.7.2. Materiales de Laboratorio	51
2.7.3. Equipos de Laboratorio	52
2.7.4. Reactivos	52
2.7.5. Determinación de concentración de los coagulantes naturales	52
2.7.7. Procedimiento de Análisis de Datos	58
2.7.8. Aspectos éticos	59
CAPÍTULO III: RESULTADOS	60
3.1. Resultados de las características fisicoquímicas del agua superficial de la Quebrada Huaycoloro	60
3.2. Resultados Estadísticos	72
3.2.1. ANOVA de un solo factor: % Reducción vs. Tipo de Coagulante	72
3.2.2. Prueba e IC para dos varianzas: Dosis; % Reducción	76
3.2.3. Análisis Tukey: Dosis	77
3.2.4. Prueba e IC para dos varianzas: PH; % Reducción	80
3.2.5. Análisis Tukey: pH	82
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	85
4.1. Discusión	85
4.2. Limitaciones	91
4.3. Implicancias	92
4.4. Conclusiones	94

4.5. Recomendaciones	96
REFERENCIAS	97
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Composición química del Cladodio de la Opuntia ficus-indica</i>	27
Tabla 2. <i>Clasificación de los contaminantes presentes en el agua</i>	33
Tabla 3. <i>Características físicas del agua</i>	34
Tabla 4. <i>Características químicas del agua</i>	35
Tabla 5. <i>Información de los factores en el potencial coagulante de las especies analizadas</i>	36
Tabla 6. <i>Instrumentos de recolección de datos</i>	45
Tabla 7. <i>Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales</i>	46
Tabla 8. <i>Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales</i>	48
Tabla 9. <i>Prueba de Jarras</i>	49
Tabla 10. <i>Resumen de la metodología empleada en la experimentación</i>	49
Tabla 11. <i>Dosis por coagulante</i>	52
Tabla 12. <i>Parámetros fisicoquímicos iniciales y finales comparados con el ECA-Agua</i>	60
Tabla 13. <i>Resumen del análisis de Laboratorio</i>	61
Tabla 14. <i>Resumen del Análisis con pH 5 y 8 modificado</i>	66
Tabla 15. <i>Resumen de los tratamientos realizados</i>	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de Ubicación geográfica de la Quebrada Huaycoloro</i>	40
Figura 2. <i>Mapa de Puntos de Monitoreo</i>	40
Figura 3. <i>Determinación de cantidad de vasos precipitados</i>	54
Figura 4. <i>Determinación de cantidad de vasos precipitados</i>	57
Figura 5. <i>Valores iniciales de pH</i>	62
Figura 6. <i>Valores iniciales de Turbidez</i>	63
Figura 7. <i>Valores iniciales de Conductividad Eléctrica</i>	64
Figura 8. <i>Valores iniciales de SDT</i>	65
Figura 9. <i>Valores finales de pH 5 – 8</i>	67
Figura 10. <i>Valores finales de turbidez a pH 5 – 8</i>	68
Figura 11. <i>Valores finales de Conductividad Eléctrica a pH 5 – 8</i>	69
Figura 12. <i>Valores finales de SDT a pH 5 - 8</i>	70
Figura 13. <i>Resumen del porcentaje de reducción del tratamiento</i>	71
Figura 14. <i>Comparaciones múltiples con el mejor (MCB) de HSU</i>	74
Figura 15. <i>Gráfica de caja y bigotes del % de Reducción</i>	75
Figura 16. <i>Gráfica de valores individuales de Dosis; %Reducción</i>	77
Figura 17. <i>Intervalos de confianza simultáneos al 95 % de confianza</i>	79
Figura 18. <i>Gráfica de Intervalos para la Media: Dosis; % Reducción</i>	80
Figura 19. <i>Gráfica de valores individuales de pH; %Reducción</i>	82
Figura 20. <i>Intervalos de confianza simultáneos al 95 % de confianza</i>	83
Figura 21. <i>Gráfica de Intervalos para la Media: pH; % Reducción</i>	84

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. <i>Fórmula de concentración con Moringa Oleifera</i>	53
Ecuación 2. <i>Fórmula de dilución con Moringa Oleifera</i>	54
Ecuación 3. <i>Fórmula de concentración con Opuntia ficus-indica</i>	55
Ecuación 4. <i>Fórmula de dilución con Opuntia ficus-indica</i>	56

RESUMEN

La contaminación hídrica es generada por el crecimiento poblacional mediante actividades antropogénicas e industriales, por lo que se optó analizar los parámetros de turbidez, pH, conductividad eléctrica y SDT como indicadores para determinar el nivel de contaminación y la calidad de agua. La presente investigación comprende un diseño experimental que determinó los porcentajes de reducción de turbidez de la (*moringa oleifera*) y (*opuntia ficus-indica*) en aguas de la Quebrada Huaycoloro. Se empleó el método estándar de agua y aguas residuales a través del test de jarras y un equipo multiparámetro, teniendo como técnica a la observación e instrumentos a la cadena de custodia y fichas de recolección de datos. El análisis estadístico confirmó que la (*opuntia ficus-indica*) logró reducir 48,10% de turbidez con una dosis de 65 mg/L, a diferencia de la (*moringa oleifera*) que tuvo un desempeño ligeramente significativo obteniendo 48,57% de reducción de turbidez con una dosis de 40mg/L. En conclusión, tanto el polvo de semillas de moringa como la penca de tuna son coagulantes naturales eficientes en la reducción de contaminantes, siendo la (*moringa oleifera*) el más óptimo, convirtiéndose en una alternativa sostenible y ecoamigable a diferencia de los coagulantes químicos.

PALABRAS CLAVES: reducción de turbidez, aguas superficiales, coagulantes naturales, *moringa oleifera*, *opuntia ficus-indica*.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad, los arroyos, ríos, lagos y riachuelos o más conocidos como aguas superficiales son de total importancia debido a que juegan un papel indispensable en el desarrollo de la vida, el cual una buena gestión de aguas superficiales prevendría diversos problemas a la salud en relación con la exposición de microorganismos, sólidos suspendidos, partículas coloidales, metales pesados y sustancias disueltas. Por ello una de las técnicas más empleadas en el tratamiento de aguas superficiales son el de la coagulación y floculación, en donde contribuyen en la clarificación de aguas, siendo esta etapa en donde las industrias hacen uso excesivo de los coagulantes químicos, causando daños nocivos a largo plazo en la salud humana.

En el contexto internacional, los coagulantes naturales son investigados pero poco implementados en el tratamiento de aguas superficiales, tal es el caso de Barboza et al. (2017) que nos menciona en su investigación el potencial coagulante que tiene la *moringa oleifera* en la reducción de turbidez, destacando su efectividad a grandes cantidades de NTU, asimismo Atupaña y Guacho (2019) nos mencionan en su investigación que la *opuntia ficus-indica* cuenta con una buena eficiencia en tratamientos superficiales, siendo también un gran coagulante natural capaz de remover la turbidez de aguas superficiales al igual que la *moringa oleifera* antes mencionada. Mientras que los coagulantes químicos tienen una presencia significativa en el sector industrial, tal como Guzmán et al. (2013) nos señala en su investigación que las empresas optan por usar dichos coagulantes como es el sulfato de aluminio, sulfato ferroso, cloruro férrico, entre otros debido a su gran capacidad de reducción de turbidez aparte de su fácil accesibilidad para empresas industriales buscando

una alternativa de bajo costo y un gran potencial de reducción de turbidez para diferentes áreas, ya sea para la agricultura, regadío o incluso en la implementación de un tratamiento extra con el fin de lograr la potabilización del agua.

Pero el uso frecuente de estos coagulantes sintéticos en las industrias para tratar el agua no es del todo óptimo debido a que el sulfato de aluminio presenta una serie de desventajas al ser usado como coagulante, presentando problemas en la salud como estreñimiento, problemas gastrointestinales e incluso la incidencia que tiene este compuesto con pacientes con Alzheimer, el cual presentaron una acumulación de niveles promedio de aluminio en el cerebro, siendo el mismo caso con otros tipos de demencias (Hernández y Trejo, 2004).

Estos efectos secundarios que ocasionan los coagulantes de origen sintético los llevó a las autoridades el tener en consideración las alternativas naturales debido a que se evitaría una mayor contaminación, así como el contacto directo a compuestos químicos que en un futuro podrían ocasionar enfermedades casi imposibles de detectar debido a que el ingreso se da en pequeñas cantidades, en donde al recibir este coagulante expone a nuestro cuerpo hasta llegar a un punto de quiebre presentándose los síntomas en la mayoría de los casos cuando el daño es irreversible (Bravo, 2017).

En el Perú al igual que en el contexto internacional, los tratamientos de aguas superficiales con coagulantes sintéticos son los más comunes y utilizados, presentando desventajas llegando a ser perjudiciales a la salud de la población, así como para el ecosistema en general (Esquivel, 2019).

Respecto a la calidad ambiental de las aguas superficiales en el Perú, es evidente que el crecimiento poblacional de las ciudades ha generado un mayor deterioro en las fuentes

naturales hídricas, causado por el vertimiento de aguas residuales domésticas y municipales procedentes de pasivos ambientales históricos y actividades industriales. Por otro lado, las entidades correspondientes como el ANA han ido identificando y registrando descargas persistentes con otros tipos de efluentes residuales con alta carga contaminante mediante monitoreos en donde se identificaron 41 cuencas hidrográficas donde algunos parámetros superan los valores señalados por el ECA para agua. Por consiguiente, la disposición inadecuada de residuos sólidos impacta directa o indirectamente en los cuerpos de agua (MINAM, 2015).

Hoy en día, los coagulantes naturales son una alternativa óptima a los coagulantes sintéticos ya que se puede obtener una mejora en la disminución de carga contaminante de los parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales y así obtener una mejor calidad de agua, teniendo un resultado mucho más eficiente y generando así la reducción del uso de los coagulantes químicos (Barreto et al., 2019).

Tal como mencionan los autores Castillo y Avendaño (2020), el uso de la harina de las semillas de *moringa oleifera* en aguas del Río Sama, tuvieron un óptimo rendimiento con relación a la reducción de turbidez y tales condiciones mejoraron el proceso de clarificación del agua. De igual manera, la autora Coronel (2017), utilizó el polvo de la *opuntia ficus-indica* donde también obtuvo un porcentaje de remoción considerable en donde los contaminantes con mayor nivel de reducción fueron el de la turbidez. Es decir, que el uso de coagulantes naturales en los tratamientos de aguas superficiales en el Perú ha dado resultados significativos por lo que es de vital importancia tenerlos en consideración para su uso e inversión en el futuro con el fin de mejorar la calidad ambiental del agua.

Con la finalidad de hacer frente a esta problemática, se propone evidenciar el mejor porcentaje de reducción de turbidez entre los coagulantes naturales *moringa oleifera* y *opuntia ficus-indica* como una alternativa de tratamiento en aguas debido a sus propiedades coagulantes, clarificantes y floculantes. Asimismo, logrando una significativa reducción de turbidez y una mejor calidad de agua, disminuyendo así la generación de daños a corto y largo plazo a la salud de la población y al medio ambiente.

1.2. Justificación

La presente investigación está justificada en lo teórico debido a los estudios realizados por autores fortaleciendo los aportes en el ámbito de la ciencia sobre el uso y aplicación de los coagulantes naturales como la *moringa oleifera* y *opuntia ficus-indica*, los cuales ayudarán a generar una reflexión y discusión en el ámbito académico y científico sobre tratamientos de agua aceptables para el medio ambiente (Fernández, 2020).

El estudio se justifica a nivel práctico, ya que tiene aspectos y procesos beneficiosos como alternativa a los tratamientos tradicionales de aguas superficiales en el Perú, debido a la contaminación hídrica que afecta a la calidad del agua, el cual se ve evidenciado posteriormente en los resultados de las muestras obtenidas de la Quebrada Huaycoloro. Tal como Fernández (2020), menciona que un estudio cuenta con una justificación práctica cuando su desarrollo es de ayuda frente a una problemática o propone estrategias que contribuyan a una solución.

Asimismo, se justifica metodológicamente, ya que aplica técnicas como fichas de recolección de datos en donde se recopilaron los resultados de las muestras analizadas en base a los parámetros considerados, además de gráficos de barras en donde se observará con mayor claridad los datos obtenidos tanto de la *opuntia ficus-indica* como el de la *moringa*

oleifera, siendo la prueba de ANOVA, Tukey y T de Student los intermediarios de poder establecer con mayor precisión los resultados que se confrontan posteriormente en la discusión. Tal como señala Fernández (2020), que para justificarse metodológicamente es necesario proponer sugerencias o soluciones en base a las estrategias, métodos e instrumentos usados en la investigación.

1.3. Antecedentes

1.3.1. Antecedentes Internacionales

Ruíz (2021) en su investigación titulada "Eficiencia de la tuna *Opuntia ficus-indica* como biocoagulante para la clarificación del agua de Estero Medina, Parroquia Bellamaría, Provincia El Oro" cuyo diseño fue de tipo experimental donde tuvo como objetivo demostrar la eficiencia de la tuna como biocoagulante para la clarificación del agua en el Estero Medina, mediante un tratamiento a nivel de laboratorio y pruebas estadísticas. Asimismo, el uso del biocoagulante fue mediante concentraciones de la forma fresca y desecada para realizar el estudio mediante la prueba de jarras, donde los parámetros analizados fueron Turbidez, SST y pH. Se pudo concluir que el tratamiento con la *opuntia ficus-indica* tuvo un desempeño eficiente donde las condiciones óptimas fueron el uso del mucilago fresco, un pH de 6, turbidez inicial de 100 NTU y con dosis de 200 mg/L, donde los valores obtenidos se posicionan en un rango inferior 5 NTU con dosis de 50 – 200 mg/L alcanzando 97 % de remoción en ambas formas, también el pH presento un rango de 6,45 – 7,09 unidades cumpliendo con su normativa vigente. Por último, la tesis aportará en el énfasis de los valores obtenidos de los parámetros en ambas aplicaciones del coagulante y en el rango del pH donde dará paso a la discusión de los resultados.

Sánchez y Quintero (2020) en su estudio titulado "Análisis de la capacidad desinfectante y de reducción de turbidez de la tuna (*opuntia ficus-indica*) en aguas del río

Teusacá en la vereda el Salitre, La Calera” aplicado en un diseño experimental donde tuvo como objetivo analizar la capacidad desinfectante y de remoción de turbidez de la tuna en aguas del Rio Teusacá, a través de la prueba de jarras. Por otro lado, el autor dosificó en dos presentaciones en mucilago y polvo, donde los parámetros medidos fueron pH, Turbidez, DQO, OD, Color, Alcalinidad, SST, Solidos sedimentables y organismos microbiológicos. Se concluyó, que el mucilago tuvo más eficacia con un resultado de 92,73% que su forma en polvo con 64,6%, enfatizando que al implementar una técnica con coagulantes naturales puede ser una alternativa óptima en la clarificación de aguas. Aportando en la presente investigación en los porcentajes de remoción en diferentes rangos de dosis con relación a los valores adquiridos en la forma de mucilago y polvo del coagulante.

Atupaña y Guacho (2019) en su tesis titulada “Determinación de la eficiencia del *Opuntia ficus-indica* como biocoagulante para el tratamiento de aguas superficiales del río Bulubulu” con un diseño experimental con el objetivo de determinar la eficiencia de la *opuntia ficus-indica* como biocoagulante para el tratamiento de aguas superficiales del río BuluBulu, mediante la prueba de jarras. Asimismo, realizo 4 pruebas experimentales para obtener la dosis optima a partir de una solución madre de 1000 mg/l, donde se controló los parámetros fisicoquímicos tales como el pH, color y turbiedad. Se concluyo que la eficiencia de *opuntia ficus-indica* con una dosis de 10 mg/L logro una remoción de 99,72% en turbiedad y con un color de 65%, manteniendo el pH dentro del rango máximo permisible, donde la eficiencia total del biocoagulante para el tratamiento de agua es de 66,47% con relación a los parámetros utilizados. Contribuyendo en el presente estudio, en los porcentajes de remoción con relación a diversas concentraciones aplicadas.

Aguirre et al. (2018) en su investigación titulada “Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia” con un diseño

experimental con el objetivo de evaluar el efecto del uso de sustancias extraídas de las semillas de *moringa oleifera*, *opuntia ficus-indica*, *azadirachta indica* y *zea mays*, sobre las características del agua del río Magdalena que los habitantes de Palermo utilizan para su consumo. Con relación a la obtención del coagulante, se aplicó el extracto crudo salino posteriormente se dosifico para llevar a cabo la prueba de jarras, en donde los parámetros evaluados fueron Turbidez, Color, pH, Coliformes totales y Coliformes fecales. Finalmente, la *moringa oleifera* con una dosis que va a partir de 2 g/L, logro una remoción de turbidez con un 96,8 % y de color 97,8 % respectivamente, dando a conocer que los resultados aseguran la efectividad del coagulante estudiado para la remoción de turbidez y color, asimismo no presentaron alteraciones en los valores de pH del agua del Rio Magdalena, siendo una opción viable y amigable con el medio ambiente. Cooperando en el presente trabajo, en las dosis aplicadas del coagulante y su remoción en los parámetros de interés del autor y considerando el aspecto de alteración de los valores de pH en el agua.

Acevedo (2019) en su estudio titulado "Uso de semillas de Moringa (*moringa oleifera*) como floculante natural para la purificación de aguas crudas de rio Negro, rio de oro y quebrada Floridablanca, Santander" realiza un diseño experimental teniendo como objetivo analizar las propiedades como floculante de la semilla de *moringa oleifera* (Teberinto), a diferentes concentraciones sobre las áreas de estudio. Por consiguiente, utilizo 12 concentraciones del floculante natural con el fin de hallar la dosificación adecuada mediante el ensayo de jarras, donde se usó la harina de semillas de *moringa oleifera*, para analizar los parámetros fisicoquímicos tales como la turbidez, pH y color. El cual, demostró una gran capacidad de remoción de turbidez con un valor de 40,3% y de color con un 38,6% dejando los valores finales en 2.73 NTU y 14 UPC respectivamente, llegando a considerar potable la muestra de Rio Negro. La presente tesis en revisión contribuye en la literatura de

la acción del coagulante con relación a su dosificación en niveles altos de turbiedad donde se pone a prueba su efectividad.

Zeas (2018) en su tesis titulada "Estudio técnico económico del uso de la *Moringa* como coagulante-floculante en aguas superficiales" bajo un diseño experimental tuvo como objetivo estudiar los parámetros técnicos y económicos de la semilla de *moringa oleifera*, utilizado como coagulante-floculante en aguas superficiales mediante el test de jarras en la experimentación. Por otro lado, la aplicación del coagulante fue en harina de la semilla donde los parámetros analizados fueron principalmente la turbidez y el pH, llegando a la conclusión que en el río Guayas, la *moringa oleifera* superó en todas las pruebas con un 99,5% de remoción de turbidez con una dosis óptima de 10 mg/L siendo uno de los mejores rendimientos y en el pH presento una variación con una dosis de 10 mg/L considerada dosis óptima donde no reduce el pH, manteniéndolo en 7,79 a diferencia de los coagulantes químicos. Sin embargo, en el río Daule la *moringa oleifera* no tuvo un buen rendimiento en remoción de turbidez alcanzando un máximo de 29,4% de remoción con una dosis de 15mg/L y en el pH presento una variación con una dosis de 20 mg/L obteniendo 7,58, donde se observa que entre los tres coagulantes químicos de estudio redujeron el pH mientras que la *moringa oleifera* lo aumenta en pequeña esquela afectando menos las propiedades naturales del agua. Aportando en el presente trabajo, en la relevancia de los resultados de los principales parámetros de turbidez y pH. Además, de considerar la comparación de costos y la viabilidad del coagulante natural en la implementación en tratamiento de aguas.

1.3.2. Antecedentes Nacionales

Esquivel (2019) en su investigación titulada "Comparación de la eficiencia de la *moringa (moringa oleifera)* y el mucílago de tuna (*opuntia ficus indica*), en el tratamiento de aguas del río Reque" realiza un diseño preexperimental, en donde solo manejaron una

variable mediante coagulantes naturales como estímulos, el cual tuvo como objetivo determinar la eficiencia de las semillas de *moringa oleifera* y mucílago de *opuntia ficus-indica*, en el tratamiento de las aguas del río Reque, mediante la prueba de jarras. Llegando a la conclusión que la eficiencia de la *moringa oleifera* con una dosis de 0,5 g/L logró remover de 90 NTU inicialmente a unos 5,6 NTU de turbidez con un 93,7% de eficiencia, mientras que en la *opuntia ficus-indica* logró remover de 90 NTU a 33,3 NTU con una dosis de 10 ml/L teniendo 63% de eficiencia en la remoción de turbidez. Aportando en el trabajo de investigación en la eficiencia obtenida de los coagulantes naturales para la determinación de la dosis óptima en la remoción de turbidez.

Urquía (2017) en su trabajo de investigación titulado "Eficiencia de la *Opuntia ficus-indica* frente a la *Moringa Oleifera*, en el tratamiento de aguas del Río Huaycoloro, SJL-2017" aplicado en un diseño experimental, en donde tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de ambos coagulantes en el tratamiento de aguas del Río Huaycoloro. Concluyendo que la eficiencia de la *moringa oleifera* con una dosis de 0,75 g/L removi6 560 NTU a unos 6,21 NTU de turbidez, mientras que la *opuntia ficus-indica* logró remover 560 NTU a 14,68 NTU también con una dosis de 0,75 g/L en la remoción de turbidez. El cual, teniendo en cuenta los dos resultados de los coagulantes se determinó que el más eficiente es la *moringa oleifera* en polvo con 98% de efectividad en la remoción de turbidez. Contribuyendo en el presente trabajo, en la obtención de los resultados así como su eficiencia a modo de polvo tanto para la semilla de *moringa oleifera* y la penca de tuna.

Acevedo y Huaman (2021) en su trabajo titulado "Eficiencia del coagulante de mucílago de nopal (*opuntia ficus-indica*) en la remoción de la turbidez del Río Ichu - Huancavelica - 2019" tuvo como diseño a una investigación experimental completamente aleatoria (DCA), en donde se buscó evaluar la eficiencia del coagulante de mucílago de

nopal en la remoción de la turbidez del río. Concluyendo, que logró remover la turbidez en un 99,33% teniendo como la dosis más eficiente al de 40 mg/L en relación de 1:2 (penca:agua), obteniendo una turbidez final de 10,47 NTU, siendo su turbidez inicial de 1561 NTU. Favoreciendo en el presente trabajo, en los datos estadísticos que serán usados para el contraste de información tanto a nivel de efectividad como en la dosis utilizada.

López (2018) en su tesis titulada "Evaluación del uso de la cactácea *Opuntia ficus-indica* como coagulante natural para el tratamiento de aguas" contó con un diseño de investigación experimental completamente al azar (DCA), en donde el autor evaluó la eficiencia del cactus *opuntia ficus-indica* al emplearlo como coagulante natural de tipo vegetal para remover la turbiedad presente en muestras de agua sintética preparadas en el laboratorio. Concluyendo así que con una concentración de 1 % a una dosis de 75 mg/L nos da un promedio de remoción a 67,26 NTU teniendo como inicial 300 NTU, contando con un porcentaje del 78,57% de remoción. Aportando en la investigación, en los resultados obtenidos para la turbidez de 300 NTU, el cual nos servirá para tomarlos como referencia a la hora de la designación de dosis óptima del coagulante.

Castillo y Avendaño (2020) nos mencionan en su investigación titulada "Efecto de las semillas de moringa (*moringa oleifera lam.*) en las condiciones para la clarificación del agua del Río Sama" bajo un diseño experimental factorial 2^3 , teniendo como objetivo determinar las condiciones para el tratamiento con semillas de moringa en la clarificación del agua del río Sama. Concluyendo así, con una remoción de turbidez del 97,60%, teniendo como inicial a 132 NTU y reduciéndolo a 3,26 NTU. Para ello se usó una dosis de 0,2 g/L con una velocidad de floculación de 30 rpm y con 2,5 horas de tiempo de floculación. Sirviendo de apoyo en el presente trabajo, en la determinación de dosis óptima tomando como referencia los datos de su porcentaje de remoción.

Aranda y Esquia (2021) en su tesis titulada "Aplicación del polvo de (*moringa oleifera*) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética" aplicado en un diseño experimental de 3 variables (X_1 , X_2 , X_3) donde tuvo como objetivo determinar la eficiencia de remoción de turbidez con la aplicación del polvo de *moringa oleifera* como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia. Llegando a la conclusión que el polvo de *moringa* puede remover 92,2 % de turbidez mediante la aplicación de una concentración de 40 ppm con 100% moringa, siendo su turbidez inicial de 150 NTU, el cual lo redujo a 12 NTU al cabo de un tiempo de 60 minutos de sedimentación. Aportando en la presente investigación, en la dosificación de la dosis óptima (40 mg/L) del coagulante natural.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema General

¿Cuáles son los porcentajes de reducción de turbidez de la (*moringa oleifera*) y la (*opuntia ficus-indica*) en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022?

1.4.2. Problemas Específicos

- ❖ ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de las aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022?
- ❖ ¿Cuál es la influencia de la dosis del coagulante (*moringa oleifera*) en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022?
- ❖ ¿Cuál es la influencia del pH del medio en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar los porcentajes de reducción de turbidez empleando (*moringa oleifera*) y (*opuntia ficus-indica*) en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022.

1.5.2. Objetivos Específicos

- ❖ Determinar las características fisicoquímicas al inicio y final del tratamiento con el coagulante de (*moringa oleifera*) y (*opuntia ficus-indica*) en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022.
- ❖ Analizar la influencia de la dosis del coagulante (*moringa oleifera*) en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas de la Quebrada Huaycoloro, 2022.
- ❖ Evaluar la influencia del pH del medio en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

Existe una diferencia significativa con el uso del coagulante (*moringa oleifera*) y (*opuntia ficus-indica*) en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022.

1.6.2. Hipótesis Específicas

- ❖ Las características fisicoquímicas contienen altos niveles de turbidez, conductividad y pH en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022.
- ❖ La dosis del coagulante (*moringa oleifera*) influye significativamente en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas de la Quebrada Huaycoloro, 2022.
- ❖ El pH del medio influye significativamente en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022.

1.7. Bases Teóricas

1.7.1. Nopal (*Opuntia Ficus – Indica*)

La *opuntia ficus-indica* o también conocida como Nopal, proveniente de la Ciudad de México, se desarrolla en ambientes áridos debido a su gran potencial en la retención de

líquidos y a su capacidad de ser un coagulante y floculante natural. Sin embargo, esta no es su única propiedad, ya que a través del tiempo se le ha ido conociendo como un agente depurador, siendo un recurso natural empleado a lo largo de los años en comunidades nativas gracias a su fácil accesibilidad y obtención (Inglese et al., 2018).

Además, dispone de diversos nombres con relación a su geografía donde se localiza, entre ellas están: *tunas* en Latinoamérica, *nopal* en México, *cactus fruti* y *pear* en Estados Unidos, *kaktusfeigen* en Alemania, *kurksupurug* en Sudáfrica (Atupaña y Guacho, 2019).

La *opuntia ficus-indica* entre las *cactáceas* es la de mayor importancia en el nivel agrónomo debido a sus frutos y por sus tallos que sirven de utilidad como forraje o consumidos como verduras.

1.7.2. La Penca de Tuna como agente coagulante

La *opuntia ficus-indica* o más conocido como tuna, es un coagulante natural por excelencia debido a su capacidad coagulante haciéndolo útil en la remoción de partículas que alteran la turbiedad en el agua, ya sea producto de la contaminación por industrias o por desechos de contaminación antropogénica. La tuna coagula partículas en suspensión responsables de la turbidez en el agua, el cual mediante el equipo de Test de jarras y de la cantidad de revoluciones por minuto (rpm) influyendo en la capacidad coagulante, logrando disminuir su turbiedad y dándole diferentes fines al agua ya tratada (Jaco et al., 2022).

Asimismo, Contreras et al. (2015) nos menciona que el mucílago al ser parte de la tuna es considerado de retener una gran capacidad de agua debido a su naturaleza arbustiva de la planta. Siendo no solo el mucílago, sino que el cladodio de tuna al pasar por un proceso de molienda, tamizado, centrifugado y secado al vacío cumple también con las capacidades coagulantes de una mejor manera (Olivero et al., 2014).

1.7.3. Composición química de la penca de tuna (*opuntia ficus-indica*)

La estructura química de la tuna y conocida principalmente como cactus, varía en las diversas especies e incluso de su misma especie. Se pueden hallar carbohidratos como los monosacáridos, disacáridos y 5 polisacáridos.

Asimismo, se lograron realizar análisis fotoquímicos que señalaron la existencia de azúcares reductores como la glucosa y fructuosa, además de las proteínas, carbohidratos, y de metabolitos secundarios tales como saponinas, en forma de triterpenos y flavonoides, y la escasez de alcaloides y taninos (Kiesling, 2015).

Tabla 1

Composición química del Cladodio de la Opuntia ficus-indica

Componente	Cladodio	Cladodio
	(1 mes de edad aprox.)	(1 año de edad aprox.)
Humedad %	92,57	94,33
Proteína (x6,25) %	0,94	0,48
Grasa %	0,17	0,11
Fibra %	0,10	1,06
Cenizas %	0,08	1,60
Carbohidratos %	5,96	2,43
Vitamina C (mg/100g*)	37,27	23,11
Ca %	0,042	0,339
Na %	0,0018	0,0183

K %	0,00098	0,145
Fe %	0,0792	0,322

Nota. Extraído de (Guzmán y Chávez, 2007).

1.7.4. *Moringa Oleifera*

La *moringa oleifera* es una de las plantas que ha sido considerado en innumerables estudios como coagulante natural, tal es el caso de Aranda y Esquia (2021), el cual nos menciona que obtuvo una remoción del 92,2% reduciendo su turbidez de 150 NTU inicialmente a unos 12 NTU al cabo de unos 60 minutos de sedimentación de partículas, indicándonos así su gran capacidad de remoción de partículas que afectan la turbidez del agua superficial. La utilización de las semillas de moringa ha dado muy buenos resultados en países asiáticos y africanos, así como en el exterior del país en la clarificación de aguas, siendo Feria et al. (2014) que nos indica su remoción de turbidez haciendo uso de las semillas reduciendo su turbidez de 364,66 NTU a unos 8,30 NTU, siendo exitoso con altas eficiencias mayores al 90% en su propósito de tratamiento de aguas superficiales.

El uso de las semillas de *moringa oleifera* podrían llegar a ser una alternativa sostenible que prevendría consecuencias producto del uso constante de los coagulantes químicos, además de la contaminación anual que se dan en las aguas superficiales. Disponiendo de una sustancia coagulante y floculante que captura las partículas en suspensión en el agua provocando su sedimentación. Empleándose también de manera artesanal y a gran escala para purificar el agua mediante diferentes métodos (Meza et al., 2018).

1.7.5. La *Moringa Oleifera* como Agente Coagulante

La *moringa oleifera* es un árbol que no solo otorga beneficios en la salud humana, sino que también ayuda en el proceso de coagulación y/o floculación de aguas residuales como agente coagulante gracias a su alta capacidad en neutralización de partículas contaminantes en suspensión, la implementación de esta especie se da en un formato de polvo de semillas secas ya sean con cáscara o sin cáscara, el cual pasa por un proceso de pulverización que consiste en volver en polvo este componente que posteriormente será utilizado en diferentes tipos dosis en los tratamientos de aguas. La pulverización de las semillas trae consigo componentes extras que no se aprecian en su forma natural, el cual son usados como agentes coagulantes en la remoción de partículas suspendidas de aguas superficiales, así como de río, riachuelo, lagos (Campos, 2020).

1.7.6. Composición química de la *Moringa Oleifera*

Las semillas de *moringa oleifera* dispone un total de 17 aminoácidos los cuales son: ácido glutámico, ácido aspártico, arginina, alanina, serina, glicina, histidina, prolina, isoleucina, leucina, cistina, treonina, lisina, valina, metionina, fenilalanina y tirosina. Por ello, Campos et al. (2003) afirma que cinco aminoácidos están presentes en la fracción activa del coagulante natural, los cuales son el ácido aspártico (ASP), ácido glutámico (GLU), histidina (HIS), arginina (ARG) y lisina (LIS). Sin embargo, los últimos tres mencionados de los cinco aminoácidos presentes en la coagulación y floculación de las partículas coloidales son esenciales, el cual tienen como característica principal un punto isoeléctrico con tendencia a base-alcalina.

1.7.7. Liofilización

Bermejo (1999) nos explica que la liofilización es un proceso por el cual los alimentos duran mucho tiempo, siendo beneficioso debido a su capacidad de disolución

rápida además de su baja humedad que impide el crecimiento bacteriano que podría afectar la salud del consumidor.

Asimismo, Cabrera (2016) define a la liofilización como un conjunto de procesos por el cual pasa un alimento para poder ser conservado durante mucho tiempo, siendo utilizado no solo por la industria alimentaria sino que también es necesaria en la industria farmacéutica así como biotecnológica, el cual reduce su tamaño conservando sus propiedades, pasando por una serie de procesos tales como la congelación, sublimación y secado al vacío el cual previene que el alimento produzca una carga bacteriana dañina disminuyendo su efectividad y pureza del alimento.

1.7.8. Agua

El agua es un excelente disolvente que está conformada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, que al formarse grandes cadenas pueden llegar a ser un compuesto el cual está encargado de brindar hidratación de diversas maneras, siendo una de ellas la fotosíntesis que a su vez se hace el uso del agua para que las plantas puedan seguir con el ciclo de la vida, así como las plantas, los seres humanos y el ecosistema en general.

Necesitando de este compuesto, debido a que es una fuente de vida con una capacidad de ser un regulador térmico llevándolo por diferentes estados como el de sólido, líquido y gaseoso, cumpliendo una función importante en cada uno de estos estados (Esquivel, 2019).

1.7.9. Calidad del Agua

La calidad del agua hoy en día ha sufrido bastantes cambios y deterioros por parte de las grandes empresas que contaminan los pequeños ríos y riachuelos de nuestro territorio, sumándole una mala organización de las empresas en tomar medidas de mitigación de

impactos causados por relaves mineros, actividades ganaderas, textiles. Además de la gran cantidad de material particulado que no se logra tratar en las plantas de tratamiento generando una crisis en las que se deben de tomar en cuenta todas las posibilidades de erradicación ante este problema, es por ello que las industrias al controlar la calidad del agua no consideran los daños ocasionados a la población producto de la implementación de coagulantes químicos, exponiéndolos a pequeñas partículas deteriorando su salud a largo plazo (MINAM, 2015).

1.7.10. Quebradas

La quebrada es una hendidura en montañas, también definida como una quiebra o zona estrecha entre elevaciones, cuyo fondo comprende de una corriente natural de agua de caudal bajo como el arroyo o riachuelo, que puede desaparecer durante la época de estiaje (ANA, 2020). Asimismo, se tomó como punto de muestreo a la Quebrada Huaycoloro se origina en un territorio cercano de cerros principales como el cerro Huaycoloro, Mecro, Chinchilco, entre otros. Con una altitud de 3500 msnm. y una longitud de 23,2 km. El cual se encuentra ubicado dentro de la cuenca del río Rímac en el distrito de San Juan de Lurigancho (Romero et al., 2012).

1.7.11. Aguas Superficiales

El agua superficial o también conocida como agua de ríos, arroyos, manantiales, lagos, lagunas, humedales etc., son las aguas que se encuentran en la superficie del suelo y en la mayoría de los casos el agua es dulce debido a la cercanía que esta tiene con la superficie y es generada por precipitaciones líquidas, sólidas, glaciares o los diferentes afloramientos de aguas subterráneas. El cual, al tener contacto directo con la población esta agua vendría a ser de uso diario en diversas actividades involucrando la pesca, ganadería,

etc. Es por ello que se debe tomar en cuenta su calidad, ya que es el tipo de agua que la población más suele utilizar (ANA, 2020).

1.7.12. Procesos de Reducción de Sólidos

a. Biocoagulación

Los biocoagulantes o coagulantes naturales son seguros y amigables con el medio ambiente, no contaminan y están libres de toxicidad. En donde, los elementos más utilizados como compuestos bioactivos son el mucílago, alcaloides, polisacáridos, proteínas y taninos.

Asimismo, el proceso de tratamiento de aguas ya sea tanto para la potabilización, tratamiento residual, industrial o superficial; los biocoagulantes dan paso a una desestabilización de sólidos suspendidos generando así cantidades mínimas de lodos residuales comparado con los coagulantes químicos (Atupaña y Guacho, 2019)

a. Coagulación

La coagulación es un proceso por el cual las partículas suspendidas y coloidales se desestabilizan producto de la presencia de coagulantes en el tratamiento, generando flóculos de gran tamaño con el fin de filtrar y eliminar los flóculos existentes. Asimismo, en este proceso se lleva a cabo la remoción de organismos y microorganismos orgánicos e inorgánicos conocidos como partículas suspendidas, considerando los parámetros de Conductividad, Turbiedad, pH, Color, Sólidos totales disueltos, entre otros (Barreto et al., 2019)

b. Floculación

La floculación es el proceso de aglomeración de partículas ya desestabilizadas en microflóculos, en donde los flóculos más grandes tienden a depositarse en el fondo de los recipientes construidos para ese fin son conocidos como decantadores logrando reducir el

grado de hidratación produciendo un mayor peso que logra agilizar la remoción. Siendo, el proceso de floculación el que no se interpone a la coagulación denominándose así coagulación-floculación (Lozano, 2018).

1.7.13. Parámetros de control de la calidad de Agua

El agua potable o para consumo humano está sujeto a una serie de controles de calidad que tienen como objetivo erradicar o reducir los contaminantes presentes en el agua que son los principales perjudiciales en la salud humana, asegurando así el bienestar del consumidor (Atupaña y Guacho, 2019).

Tabla 2

Clasificación de los contaminantes presentes en el agua

Físicos	Químicos	Gaseosos	Biológicos
Color	Materia orgánica	Metano	Bacterias
Olor y sabor	Metales pesados	Anhidrido carbónico	Algas
Grasas y aceites	pH	Ácido sulfhídrico	Hongos
Espumas	Nitrógeno		Animales
Solidos disueltos	Salinidad		Protozoos
Solidos en suspensión	Pesticida		Plantas

Nota. La tabla 2 muestra la clasificación de los contaminantes que estén presentes en el agua donde se clasifica por físicos, químicos, gaseosos y biológicos (Atupaña y Guacho, 2019).

a. Características físicas

Tabla 3

Características físicas del agua

Característica física	Definición
Turbidez	Su unidad de medición es Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), la turbiedad es la falta de transparencia que tiene un líquido con la presencia de sólidos en suspensión.
Color	Su unidad es la escala Pt-Co. Por lo general, el agua no tiene color, en algunos casos existe una leve coloración y es debido a la presencia de materiales pigmentados como los ácidos húmicos, turba, plancton, disueltos o en suspensión, etc.
Olor y sabor	Se puede determinar sustancias existentes en el agua en menor cantidad por medio del sentido del olfato, debido a que no existe un instrumento de observación.

Temperatura

Es una magnitud física importante en el agua debido a que va a depender en la aceleración o en el retardo de la actividad biológica.

Solidos

Son sólidos que se obtienen luego de que el agua es evaporada y secada a una temperatura dada, existen sólidos que se encuentran suspendidos o retenidos en el agua.

Nota. La tabla 3 muestra las características físicas del agua donde se detalla la turbidez, color, olor y sabor, temperatura y sólidos (Atupaña y Guacho, 2019).

b. Características Químicas

Tabla 4

Características químicas del agua

Característica química	Definición
Alcalinidad	Neutraliza los ácidos que se encuentran en el agua, está influenciada por el pH, temperatura y la fuerza iónica. Asimismo, la alcalinidad se debe a su contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, entre otras sales o bases.

Dureza	La dureza en el agua es la suma de todos los cationes metálicos no alcalinos.
pH	Indica la acidez de una sustancia.

Nota. La tabla 4 muestra las características químicas del agua donde se define la alcalinidad, dureza y pH (Atupaña y Guacho, 2019).

1.7.14. Prueba de Jarras

La prueba de jarras es un procedimiento común de laboratorio para determinar óptimas condiciones del funcionamiento para el agua o el tratamiento de aguas residuales. Este método permite realizar ajustes en el pH, las variaciones en la dosis de coagulante o polímero, alternando velocidades de mezclado, la prueba de coagulante o diferentes tipos de polímeros, a pequeña escala con el fin de predecir el funcionamiento de una operación a gran escala de tratamiento. Por otro lado, es una técnica que simula los procesos de coagulación y floculación que contribuyen en la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que puede conllevar a problemas de turbidez, olor y sabor (Lozano, 2018).

1.7.15. Factores que influyen en el potencial coagulante y floculante de la *Opuntia ficus-indica* y *Moringa Oleifera*

Tabla 5

Información de los factores en el potencial coagulante de las especies analizadas

Factores	<i>Opuntia ficus-indica</i>	<i>Moringa Oleifera</i>
----------	-----------------------------	-------------------------

Medioambientales	Clima de crecimiento y cosecha de la especie	Clima de crecimiento y cosecha de la especie
Aplicación	Mucilago, cladodio de tuna, coagulante en polvo	Semillas, coagulante en polvo
Laboratorio	Recipientes, agitadores, componentes activos y equipos empleados	Recipientes, agitadores, componentes activos y equipos empleados
	Tiempo y velocidad de agitación	Tiempo y velocidad de agitación
Método de preparación	Tamizado, Secado, Molienda, Lavado	Pelado, Molienda, Tamizado, Secado
Proceso de obtención	Proceso de extracción, licuado, escurrimiento	Proceso de trituración, Proceso de liofilización

Nota. La tabla 5 muestra los principales factores en el potencial coagulante y floculante de la *opuntia ficus-indica* y *moringa oleifera*, donde se determina según Atupaña y Guacho (2019) que estos factores pueden alterar sus características físicas y eficiencia con relación al proceso de laboratorio, condiciones de crecimiento y su desarrollo en el análisis experimental.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Enfoque de Investigación

La investigación está considerada bajo el enfoque cuantitativo, ya que se aplicó la recolección de datos experimentales del tratamiento de los coagulantes naturales en las muestras establecidas. El cual, desde la posición de Hernández et al. (2014) la investigación está determinada en un alcance explicativo debido a que se pretende establecer las causas y fenómenos presentes en el tratamiento de aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro mediante los coagulantes naturales. Asimismo, la indagación de dos o más variables permitirá el desarrollo óptimo del presente trabajo.

2.2. Tipo de Investigación

La presente investigación se encuentra en el tipo de investigación aplicada, puesto que según Vargas (2009), nos menciona que se necesita obtener resultados en base a la experiencia del autor, así como datos extraídos de campo para poder analizarlo y posteriormente sacar una conclusión en base a ello. Tal es el caso de los coagulantes naturales que se emplearán para la clarificación de la muestra de agua extraída de la Quebrada Huaycoloro, el cual, mediante la aplicación de estos en diferentes concentraciones nos dará un resultado certero en base a la experimentación realizada.

2.3. Diseño de Investigación

El presente trabajo tiene un diseño de investigación experimental, ya que Hernández et al. (2014) nos menciona que para poder ser experimental, primero se somete a prueba para poder verificar la información mediante el uso de hipótesis, tanto como el uso de elementos

estadísticos para así poder corroborar la relación existente entre la hipótesis y su consecuencia a manera de causa y efecto.

Asimismo, pertenece a un diseño experimental puro, tal como Hernández et al. (2014) nos expresa que los experimentos "puros" son aquellos que establecen una serie de situaciones en donde se pone a prueba la capacidad de las variables, permitiendo reafirmar así su efecto mediante pruebas y post-pruebas comprobando su reacción, tomándose en cuenta las diferentes concentraciones establecidas para cada coagulante natural y su reacción que genera en la turbidez del agua de la Quebrada Huaycoloro (ver Anexo 7).

2.4. Localización, población y muestra

2.4.1. Localización

La quebrada Huaycoloro geográficamente se ubica en la cuenca media del río Rímac y abarca los distritos de Lurigancho - Chosica y San Antonio de Chaclla de las provincias de Lima y Huarochirí respectivamente, zona Este de la Provincia de Lima en el Perú a una altitud de 850 m s. n. m.

Por otro lado, en el momento de realizar el muestreo se dividió en dos puntos y así obtener una muestra representativa de agua, siendo el primer punto "A" Cuenca Alta: Puente Los Laureles - Chosica y el segundo "B" Cuenca Baja: Huachipa.

Figura 1

Mapa de Ubicación geográfica de la Quebrada Huaycoloro

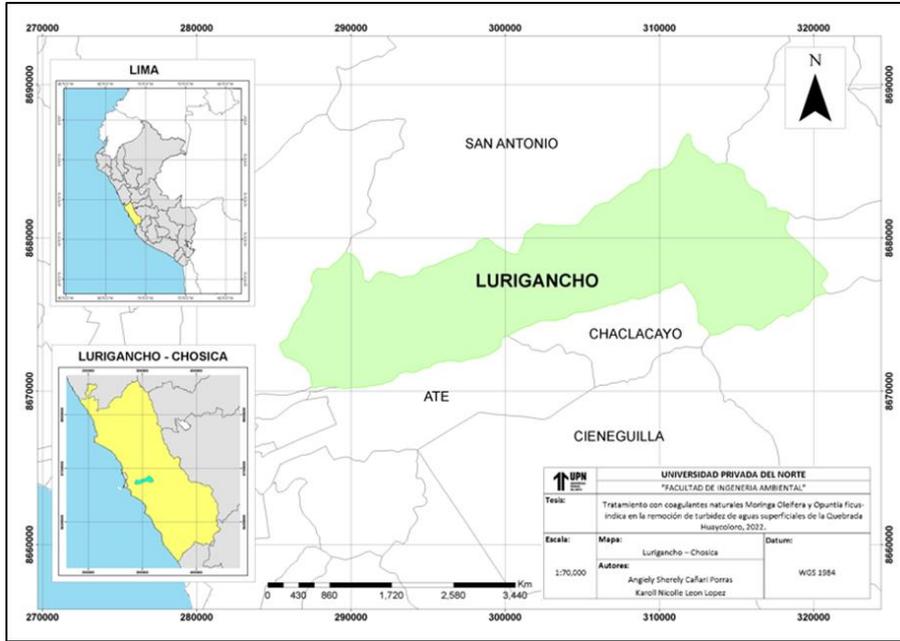
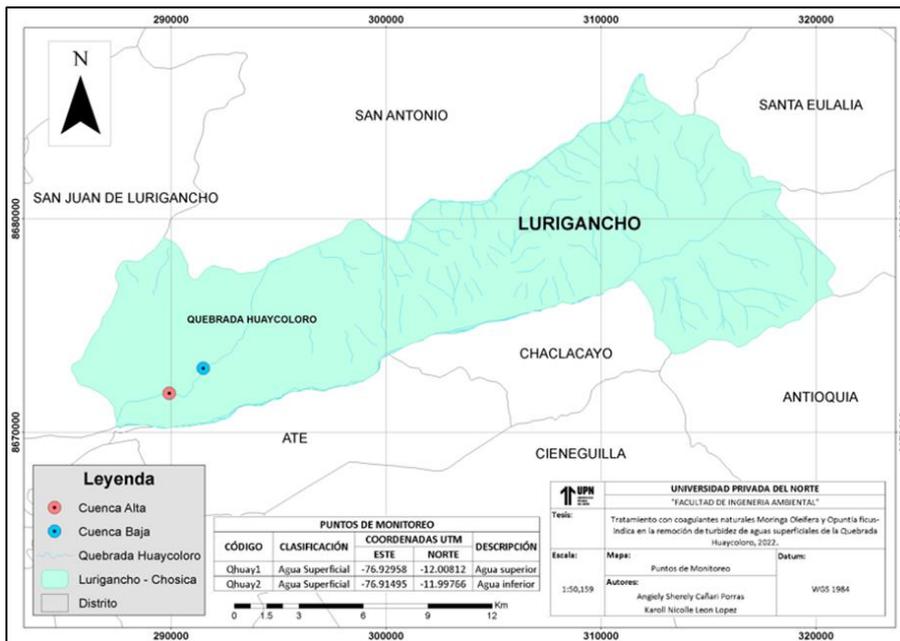


Figura 2

Mapa de Puntos de Monitoreo



2.4.2. Población

Hernández et al. (2014) define a la población como la totalidad del fenómeno a estudiar, en donde las características, lugar y tiempo establecidas en común dan origen a los datos de la investigación. De este modo, en la presente investigación la población considerada fue la corriente de agua de la Cuenca Alta y Cuenca baja de la Quebrada Huaycoloro.

2.4.3. Muestra

Hernández et al. (2014) señala que la muestra es un subconjunto de elementos que corresponde al conjunto definido llamado población, el cual serán representativas para el análisis correspondiente, estimando como muestra a 32 litros de agua superficial de la Quebrada Huaycoloro mediante el uso de 4 galones de plástico por punto, adicionando dos galones de muestra para reserva entre ambos puntos. Considerándose de tipo no probabilística, tal y como expresa dicho autor, depende de la elección de elementos, propósitos, procesos y criterios de investigación del investigador. Asimismo, el presente trabajo está relacionado a una técnica de muestreo por conveniencia, en el cual se planteó un diseño experimental distintivo en relación con las muestras recolectadas de la Quebrada Huaycoloro incluyendo la delimitación de puntos de muestreo en la zona establecida.

2.4.4. Muestreo

Las muestras abarcaron 10 bidones de muestreo compuestas por 4 litros cada uno siendo un volumen total de 40 litros de agua, de acuerdo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA), dichas muestras fueron recolectadas en el periodo de Julio del año 2022. Según el ANA y DGCRH (2016), correspondiendo a muestras integradas que están compuestas en diversas muestras simples tomadas en puntos simultáneos a lo largo de la

columna de agua en el área de muestreo. Posteriormente, fueron homogenizadas a su totalidad obteniendo así una muestra representativa de agua superficial con la finalidad de analizar y determinar las condiciones de calidad de agua en la Quebrada Huaycoloro.

Coordenadas del punto de muestreo

Para el punto de muestreo se dividió en dos puntos (cuenca alta y cuenca baja), el cual abarca la Quebrada Huaycoloro.

Cuenca Alta: Puente Los Laureles - Chosica referencia (CAMPO FE HUACHIPA)

- ❖ Día de muestra: 18/07/22
- ❖ Hora: 01:14 p.m.
- ❖ Coordenada: -12.00812, -76.92958
- ❖ Datos del punto de muestreo: La cuenca alta contó de un fácil acceso, siendo de mucha ayuda a la hora de la toma de muestra.

Cuenca Baja: Huachipa a la altura de (Cemento Inka)

- ❖ Día de muestra: 18/07/22
- ❖ Hora: 02:08 p.m.
- ❖ Coordenada: -11.99766, -76,91495
- ❖ Datos del punto de muestreo: Para la cuenca baja contó de un acceso medio, ya que se encontraba cerca a ganado ovino, además de un accidentado descenso para la toma de muestra.

2.5. Técnicas, Instrumentos de recolección y Métodos

Para el desarrollo del siguiente proceso, se tomó en cuenta las diferentes técnicas de recolección de datos, así como instrumentos y fuentes de compendio de información, el cual nos permitió obtener una mejor organización y visión de los resultados, siendo posteriormente utilizado como material indispensable en la realización de la discusión. Asimismo, se tomó como referencia datos extraídos de campo que fueron utilizados primordialmente a la hora de la designación y organización de la información para el procedimiento de la experimentación, así como los antecedentes los cuales pertenecen a una fuente secundaria como base de conocimiento previo para su posterior uso.

2.5.1. Técnicas

La técnica utilizada en la presente investigación fue el de la observación, tal como nos expresa Ñaupas et al. (2014), la observación no solo involucra la acción natural del cuerpo humano, sino que combina una serie de funciones y sentidos como lo es la vista, el olfato, el tacto y el oído, el cual al juntarlos se obtiene una mejor apreciación de la muestra que se quiere observar logrando así captar todo tipo de comportamientos siendo fundamentales para un tipo de estudio cuantitativo experimental, teniendo como requerimiento principal hechos propios o vividos por el investigador que pasará posteriormente por el proceso de experimentación.

Por consiguiente, teniendo a la observación como técnica principal, se utilizaron dos tipos en especial: análisis de campo y análisis experimental, ya que el tipo de observación que se realizó fue mediante equipos especializados en donde nos otorgó datos precisos,

ayudándonos a tener una percepción clara de los datos extraídos permitiendo así la certeza de trabajar con datos verídicos.

2.5.1.1. Análisis de Campo

La técnica de campo fue desarrollada en el lugar de estudio, el cual queda ubicado en la Quebrada Huaycoloro, siendo el punto de inicio de la investigación por las constantes desembocaduras de empresas y actividades antropogénicas, teniendo a la observación como principal instrumento de recolección de datos.

2.5.1.2. Análisis Experimental

La técnica de laboratorio fue realizada en las instalaciones de la Universidad Privada del Norte para la medición de los parámetros de turbiedad, pH, SDT y conductividad eléctrica, siendo de vital importancia debido a su metodología certificada y equipos calibrados, donde se abarcaron los métodos experimentales a las muestras provenientes de la Quebrada Huaycoloro.

2.5.2. Instrumentos

En el presente trabajo, tal como Ñaupas et al. (2014) nos menciona, el instrumento mantiene los datos perfectamente organizados, el cual algunos de ellos suelen ser las fichas de recolección de datos, así como las matrices, encuestas o test. De la misma manera, para la siguiente investigación dependerá mucho del tipo de técnica que se tome a la hora de la realización del estudio, siendo en este caso los recipientes con muestra así como el uso del GPS y cámaras fotográficas. Asimismo, para un análisis de campo, registros de identificación, fichas de registro, así como las matrices de datos para un análisis experimental son de suma importancia permitiéndonos así su fácil acceso y entendimiento gracias al orden que nos proporcionan estos instrumentos a la hora de la recolección de datos.

Tabla 6

Instrumentos de recolección de datos

Instrumento	Fuente	Alcance
Etiqueta para Muestra de Agua	Resolución Jefatural N°010-2016-ANA	Registro de información sobre las características de las muestras tomadas
Registro de Identificación del Punto de Monitoreo	Resolución Jefatural N°010-2016-ANA	Registro de los puntos de la zona de monitoreo
Cadena de Custodia	Resolución Jefatural N°010-2016-ANA	Registro de la preservación, integridad, autenticidad e identificación original de las muestras.
Ficha de recolección de datos a nivel de laboratorio	Propia	Formato de registro de datos experimentales
Matriz para la validación de expertos	Universidad Privada del Norte	Formato de validación para verificar la viabilidad de la investigación

2.5.3. Métodos

2.5.3.1. Procedimiento de pH, Conductividad y SDT

Para la determinación de pH y Conductividad, se realizó la medición con un equipo multiparámetro de modelo HQ40d y de marca HACH CO. En donde, se verifico que electrodo esté correctamente conectado al equipo para calibrar el equipo, ya encendido se procedió a verter agua destilada al electrodo luego se secó cuidadosamente. Para calibrar el multiparámetro, se usó la disolución tampón que funciona como regulador. Por consiguiente, ya calibrado se pasó a medir el pH de agua potable para tomar como referencia el estándar a seguir, una vez obtenido el resultado, se limpió el electrodo para medir las muestras de agua a analizar. Por otro lado, para el parámetro de solidos disueltos totales (SDT) se realizó una operación matemática con el fin de hallar su valor final experimental.

Tabla 7.

Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales

Parámetro	Método	Fundamento
pH	Método nefelométrico	Determinación de la actividad de los iones de hidrógeno mediante medición potenciométrica utilizando un electrodo de hidrógeno estándar y un electrodo de referencia.

Conductividad eléctrica

Método estándar de agua y
aguas residuales

Se basa en la presencia de los iones en compuestos inorgánicos, siendo buenos conductores de corriente eléctrica a diferencia de los compuestos orgánicos que no son buenos conductores de electricidad, en donde no pueden disociarse en soluciones acuosas pero en caso de hacerlo solo lograría conducirlos en menor cantidad.

SDT

Método Gravimétrico

Para obtener la masa de materia orgánica, es necesario su reposo para que los sedimentos puedan alojarse en la parte inferior de la muestra con agua superficial a tratar.

Nota. Se visualiza los métodos aplicados de los parámetros de pH, conductividad y SDT en el proceso de experimentación (Lipps et al., 1999).

2.5.3.2. Procedimiento de la Turbidez

Para la determinación de turbidez, se pasó a separar las muestras en vasos precipitados previamente rotulados, luego se calibró el turbidímetro de marca HACH CO y de modelo 2100Q con los estándares respectivamente para evitar falsos positivos o negativos que pueden alterar la obtención de resultados del proyecto. Asimismo, antes de proceder con la medición, se incorporó la muestra dentro de la celda del equipo multiparámetro para la posterior lectura. Además de realizar una medición a la muestra de agua antes de ser aplicado los coagulantes naturales para tener el resultado base con el cual se pueda realizar el análisis de datos.

Tabla 8.

Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales

Parámetro	Método	Fundamento
Turbidez	Método nefelométrico	Se basa en una comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión de referencia estándar en las mismas condiciones.

Nota. Se visualiza el método aplicado del parámetro de turbidez en el proceso de experimentación (Lipps et al., 1999).

2.5.3.3. Procedimiento de la prueba de jarras

Como técnica de tratamiento se utilizó la prueba de jarras que simula un sistema de agitación, lo cual se realizó con un agitador múltiple en 8 vasos precipitados de 500 mL, en donde se tuvo que dosificar el reactivo y los coagulantes naturales (dosis de *moringa oleifera* y *opuntia ficus-indica*).

El equipo que se utilizó dispuso de control de velocidad, lo cual permitió realizar la agitación rápida, lenta y sedimentación en el propio recipiente.

Tabla 9

Prueba de Jarras

Parámetro	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)
Agitación Rápida	200 rpm – 300 rpm	1 min
Agitación Lenta	40 rpm	15 min
Sedimentación	Suspensión de partículas	30 min

Tabla 10

Resumen de la metodología empleada en la experimentación

Parámetro	Método de Calibración	Equipo	Marca	Modelo	Ultima Calibración	Unidad
Turbidez	PC-OMEGA-004	Turbidímetro	HACH CO.	2100Q	2022	NTU

pH						Unidad de pH
Conductividad						μS/cm
Eléctrica	PC-OMEGA-	Medidor	HACH			
Solidos	001	Multiparámetro	CO.	HQ40d	2022	
disueltos						mg/L
totales						

2.6. Validez y Confiabilidad

Para determinar la validez y confiabilidad de los instrumentos de la presente investigación, se requirió de la revisión de la literatura para determinar la dosificación de los coagulantes naturales, así como la implementación de la fórmula que calcula los volúmenes y concentraciones en las disoluciones, además de la aplicación de una matriz para validación de expertos que contribuirá en la fiabilidad del presente estudio a través de juicios y retroalimentaciones por parte de personas que cuenta con una amplia trayectoria en la línea de investigación. (ver Anexo 11)

Finalmente, para el procedimiento experimental realizado en el laboratorio se obtuvo resultados fiables, debido a que los equipos pasaron por un proceso de calibración anual, el cual garantiza su credibilidad en las técnicas de análisis experimentales.

2.7. Procedimiento

2.7.1. Instrumentos de Campo

- ❖ Cámaras fotográficas
- ❖ GPS

- ❖ 10 bidones de 4 L para la extracción de la muestra
- ❖ Jarra pequeña de vidrio
- ❖ Guantes de nitrilo
- ❖ Botas de jebe cerradas
- ❖ Mascarillas
- ❖ Cinta de embalaje
- ❖ Etiquetas
- ❖ Plumón indeleble
- ❖ Registro de datos de campo
- ❖ Chaleco de Ingeniería
- ❖ Casco

2.7.2. Materiales de Laboratorio

- ❖ 1 frasco de semilla de *moringa oleifera* en polvo
- ❖ 1 sachet de *opuntia ficus-indica* en polvo
- ❖ 1 envase hondo de vidrio o plástico
- ❖ 8 vasos precipitados de 1L
- ❖ 3 vasos precipitados de 500 mL
- ❖ 4 embudos de 100 mm
- ❖ 4 matraz de Erlenmeyer de 500 mL
- ❖ 3 probetas de 500 mL
- ❖ 2 pipetas
- ❖ 2 varillas de agitación de vidrio
- ❖ 8 lunas de reloj
- ❖ 2 espátulas

- ❖ 2 pisetas con agua destilada

2.7.3. Equipos de Laboratorio

- ❖ Balanza digital
- ❖ Papel de filtro
- ❖ Turbidímetro
- ❖ Floculador para prueba de jarras
- ❖ Equipo multiparámetro (pH y Conductividad)
- ❖ Disolución tampón para la calibración de pH

2.7.4. Reactivos

- ❖ Hidróxido de potasio (Incremento de pH)
- ❖ Ácido acético (Disminución de pH)

2.7.5. Determinación de concentración de los coagulantes naturales

Debido a que los coagulantes naturales fueron obtenidos comercialmente en polvo, se necesitó realizar una serie de conversiones para así obtener la dosis exacta con el cual se trabajó en el método de la experimentación.

Tabla 11

Dosis por coagulante

Coagulante Natural (polvo)	Concentración Madre (PPM)	Concentración (mg/L)	Dosis (mL)
<i>Moringa Oleifera</i>	750 ppm	40 mg/L	26,7 ml
		50 mg/L	33,3 ml
	500 ppm	65 mg/L	26 ml

*Opuntia ficus-
indica*

75mg/L

30 ml

a. *Moringa Oleifera*

La *moringa oleifera* utilizada fue obtenida de manera comercial en polvo, optando por realizar una concentración en ppm y así determinar la cantidad exacta de polvo de semillas de *moringa oleifera*, el cual dependió mucho del tamaño de fiola que se usó como instrumento siendo en este caso una fiola de 500 ml, estableciéndose dos concentraciones de 40 ppm y 50 ppm con el que se hallará la cantidad de dosis posteriormente.

Ecuación 1

Fórmula de concentración con Moringa Oleifera

$$\frac{X}{0,5 L} = 750 \frac{mg}{L}$$

$$X = 375 mg$$

$$\frac{375 mg}{1000} = 0,375 g$$

Polvo de semilla de *moringa*

500 mL

40 ppm

50 ppm

0,375g de polvo de semilla de *moringa*

Luego mediante el uso de la fórmula $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$ se analiza cada una de las dos concentraciones, siendo la primera de 40 ppm y la segunda de 50 ppm que están destinadas

a ser usadas como dosis para el proceso de la experimentación. Teniendo como base para la gradiente entre sus dosis a (Aranda y Esquia, 2021), siendo parte de la literatura revisada.

Ecuación 2

Fórmula de dilución con Moringa Oleifera

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

40 ppm

50 ppm

$$750 \frac{mg}{L} \times (V_1) = 40 \frac{mg}{L} \times (500 ml)$$

$$750 \frac{mg}{L} \times (V_1) = 50 \frac{mg}{L} \times (500 ml)$$

$$V_1 = \frac{40 \times 500}{750}$$

$$V_1 = \frac{50 \times 500}{750}$$

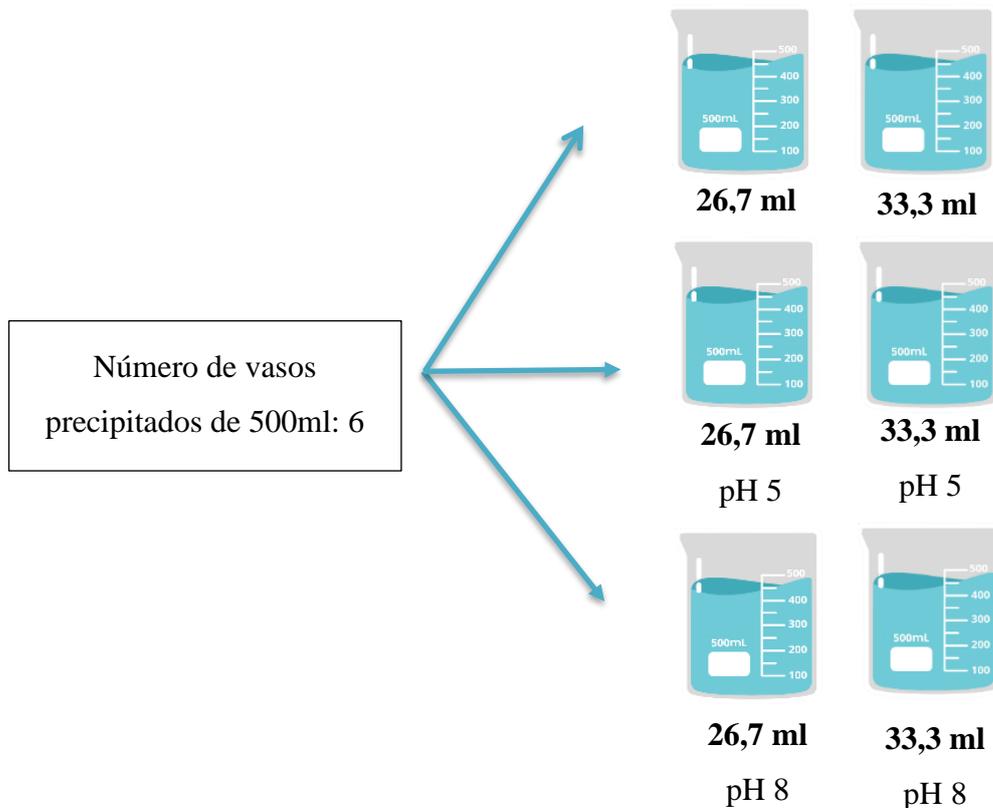
$$V_1 = \mathbf{26,7 ml} \quad (\mathbf{dosis 1})$$

$$V_1 = \mathbf{33,3 ml} \quad (\mathbf{dosis 2})$$

Posteriormente a la implementación de la fórmula para la concentración de 40 ppm y 75 ppm nos dio como resultado 26,7 ml y 33,3 ml respectivamente, siendo estas últimas las dosis que se usarán para el tratamiento del agua superficial de la Quebrada Huaycoloro. El cual será distribuida en seis vasos precipitados de 500ml para la prueba de eficiencia (dos vasos precipitados de 500 ml para la eficiencia normal, 2 vasos precipitados de 500ml para la eficiencia con un pH modificado de 5 y finalmente 2 últimos vasos precipitados para obtener la eficiencia con un pH modificado de 8).

Figura 3

Determinación de cantidad de vasos precipitados



b. Opuntia ficus-indica

La *opuntia* utilizada fue obtenida de manera comercial en polvo, optando por realizar una concentración en ppm y así determinar la cantidad exacta de polvo de penca de tuna a utilizar, el cual dependió mucho del tamaño de fiola que se usó como instrumento siendo en este caso una fiola de 200 ml, estableciéndose dos concentraciones de 65 ppm y 75 ppm con el que se hallará la cantidad de dosis posteriormente.

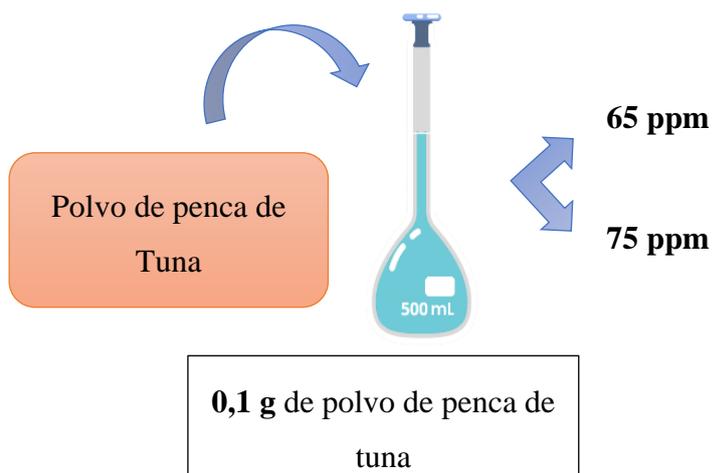
Ecuación 3

Fórmula de concentración con Opuntia ficus-indica

$$\frac{X}{0,2 L} = 500 \frac{mg}{L}$$

$$X = 100 mg$$

$$\frac{100 mg}{1000} = 0,1 g$$



Luego mediante el uso de la fórmula $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$ se analizó cada una de las dos concentraciones, siendo la primera de 65 ppm y la segunda de 75 ppm que están destinadas a ser usadas como dosis para el proceso de la experimentación. Teniendo como base para la gradiente entre sus dosis a López (2018), siendo parte de la literatura revisada.

Ecuación 4

Fórmula de dilución

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

65 ppm

75 ppm

$$500 \frac{mg}{L} x (V_1) = 65 \frac{mg}{L} x (200 ml)$$

$$500 \frac{mg}{L} x (V_1) = 75 \frac{mg}{L} x (200 ml)$$

$$V_1 = \frac{65 \times 200}{500}$$

$$V_1 = \frac{75 \times 200}{500}$$

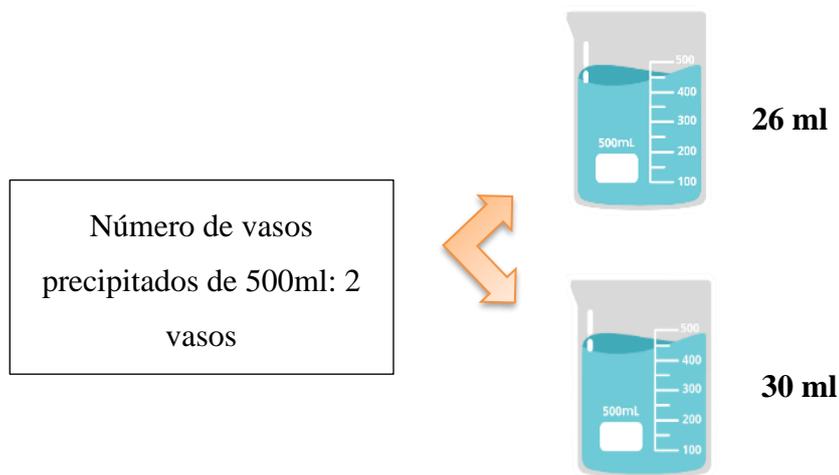
$$V_1 = 26 ml \quad (dosis 1)$$

$$V_1 = 30 ml \quad (dosis 2)$$

Finalmente después de la implementación de la fórmula para la concentración de 65ppm y 75ppm nos dio como resultado 26ml y 30ml respectivamente siendo estas últimas, las dosis que se usarán para el tratamiento del agua superficial de la Quebrada Huaycoloro. El cual será distribuida en dos vasos precipitados de 500ml para la prueba de eficiencia.

Figura 4

Determinación de cantidad de vasos precipitados



c. Modificación de pH

Para la obtención del pH del medio, se utilizó 4 vasos precipitados de muestra de la Quebrada Huaycoloro, en donde 2 de ellos se implementó el Ácido acético (CH_3COOH) para bajar su pH a 5 volviéndolo ácido, correspondientes a las dosis del coagulante que destaque en el porcentaje de reducción y así poder realizar una comparación en efectividad con los otros dos vasos precipitados restantes en donde se les incorporó el Hidróxido de potasio (KOH) subiendo su pH inicial a 8 alcalino, el cual a su vez también abarcan las dosis del mejor coagulante.

2.7.7. Procedimiento de Análisis de Datos

Una vez obtenido los resultados del análisis de las muestras provenientes de la Quebrada Huaycoloro con los tratamientos correspondientes de los coagulantes naturales tanto de la *opuntia ficus-indica* y *moringa oleifera*, se procesaron estadísticamente mediante el programa Minitab 21.1.0, en donde se halló la prueba estadística del T de Student para determinar si los dos tratamientos son significativamente diferentes o similares, el cual posteriormente serán plasmados en gráficos de barras. Asimismo, la prueba de normalidad aportó en la determinación del conjunto de datos, distribuyéndose de manera normal. Adicionalmente, se optó por realizar la prueba estadística de Tukey con el fin de analizar un conjunto de datos en grupos (tratamientos realizados con los coagulantes naturales). Por último, se realizó el análisis estadístico de Varianza (ANOVA) en los últimos tratamientos donde el pH fue modificado (pH del medio) a un valor de 5 y 8 respectivamente para la determinación del mejor coagulante en el proceso experimental. Posteriormente, los resultados obtenidos se organizaron en el programa de Microsoft Excel a través de tablas y gráficos.

En el ámbito geográfico, se empleó el uso del ArcGIS 10.5 y Google Earth Pro que facilitaron la localización de los puntos de muestreo y gestión de datos geográficos como las coordenadas, los cuales fueron de importancia en la generación de mapas de ubicación y puntos de muestreo.

2.7.8. Aspectos éticos

Para el desarrollo del trabajo se implementó adecuadamente la norma APA 7 tomándose en cuenta para cada cita y referencia de la investigación. Asimismo, los antecedentes utilizados fueron recopilados de diversos estudios, los cuales se usaron únicamente con fines académicos, además mediante la recolección de datos, se tuvo acceso a estudios que facilitaron el trabajo experimental que contribuyeron en la sustentación de la veracidad de la información del presente trabajo. Finalmente, sin dejar de lado el aspecto ético que un investigador debe tener, todos los resultados, conclusiones y recomendaciones se presentaron sin alterar los datos reales, el cual se pueden respaldar mediante la metodología utilizada para mejorar y contribuir de manera significativa a la investigación.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultados de las características fisicoquímicas del agua superficial de la Quebrada Huaycoloro

Se presentan los resultados del análisis de las muestras de agua de la Quebrada Huaycoloro, antes y después de aplicar el tratamiento mediante el uso de polvo de semillas de *moringa oleifera* y *opuntia ficus-indica*.

Tabla 12

Parámetros fisicoquímicos iniciales y finales comparados con el ECA-Agua

Parámetro	Unidad	Inicial	<i>Moringa Oleifera</i>		<i>Opuntia ficus-indica</i>		ECA para Agua: Categoría A1
			Final	Final	Final	Final	
			40 mg/L	50 mg/L	65 mg/L	75 mg/L	
Turbidez	NTU	126	64,8	65,3	65,4	66,2	5
Conductividad Eléctrica	μS/cm	8 470	8 100	7 990	8 080	8 020	1 500
pH	Unidad de pH	7,22	7,75	7,39	7,81	7,47	6,5 – 8,5
Sólidos disueltos totales	mg/L	4 240	4 050	3 995	4 040	4 010	1 000

Nota. La tabla 12 presenta los valores iniciales de los parámetros fisicoquímicos en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental correspondiente al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el cual pertenece a una categoría A1: Poblacional y Recreacional.

Tabla 13

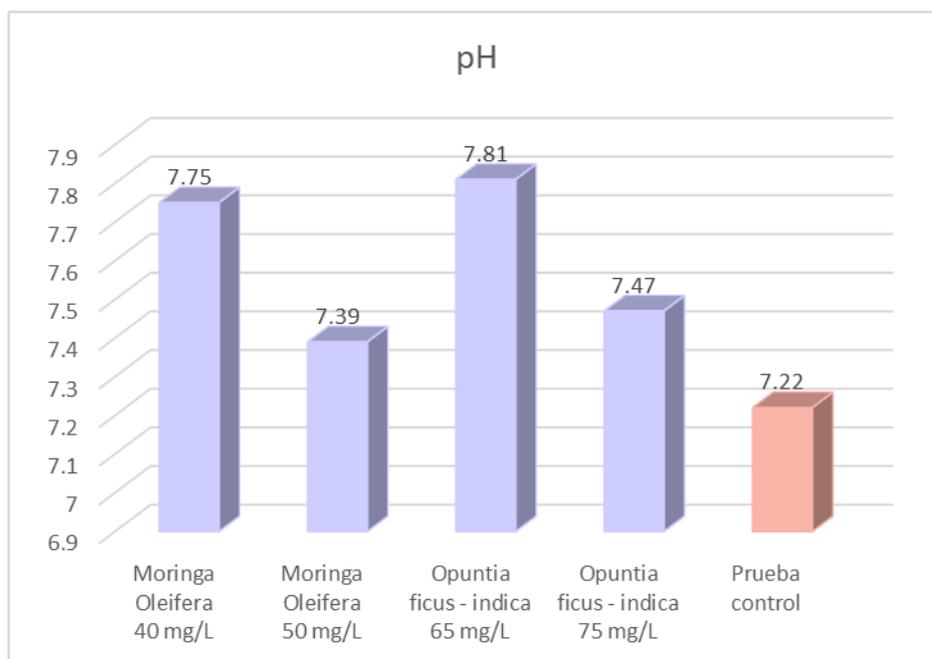
Resumen del análisis de Laboratorio

Coagulantes Naturales	Dosis	pH		Turbidez (NTU)		Conductividad Eléctrica (µS/cm)		Solidos disueltos totales (mg/L)	
		PC	Final	PC	Final	PC	Final	PC	Final
<i>Moringa</i>	40 mg/L	7,22	7,75	126	64,8	8 470	8 100	4 240	4 050
<i>Oleifera</i>	50 mg/L	7,22	7,39	126	65,3	8 470	7 990	4 240	3 995
<i>Opuntia</i>	65 mg/L	7,22	7,81	126	65,4	8 470	8 080	4 240	4 040
<i>ficus-indica</i>	75 mg/L	7,22	7,47	126	66,2	8 470	8 020	4 240	4 010

Nota. En la tabla 13 se puede visualizar la prueba control (PC) referente a los valores iniciales de las aguas de la Quebrada Huaycoloro, donde se pudo determinar que la *moringa oleifera* con una dosis de 40 mg/L logro reducir la turbidez de 126 NTU iniciales a 64,8 NTU finales y el pH se mantiene en 7,75 siendo un valor dentro del rango permitido. Por otro lado, con la dosis de 50 mg/L también se obtiene una reducción de la conductividad eléctrica y SDT.

Figura 5

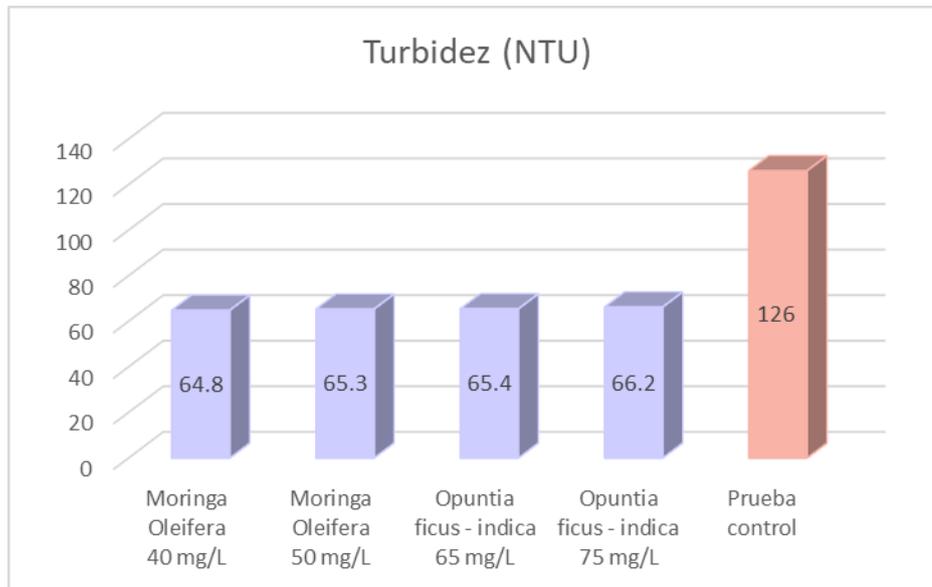
Valores iniciales de pH



Nota. En la figura 5 se visualiza el parámetro de potencial de hidrógeno (pH) y los resultados obtenidos producto de la aplicación de los coagulantes naturales, en donde observamos a las dosis de la *opuntia ficus-indica* de 65 mg/L y 75 mg/L, en donde elevaron ligeramente los niveles de pH a 7,81 y 7,47 respectivamente, a diferencia del coagulante *moringa oleifera* con dosis de 40 mg/L y 50 mg/L que al igual que la *opuntia ficus-indica* se elevó sutilmente el pH pero a una menor cantidad con 7,75 y 7,39 niveles de potencial de hidrógeno de unos 7,22 pH iniciales, manteniéndolo dentro del rango óptimo establecido por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Figura 6

Valores iniciales de Turbidez



Nota. En la figura 6 se observa que el parámetro de turbidez cuenta con unos 126 NTU iniciales superando los límites del ECA para Agua, el cual mencionan que la Quebrada Huaycoloro debe de contar con 5 NTU acorde a su categoría A1 perteneciendo a un agua superficial, siendo el coagulante natural *moringa oleifera* que removió una mayor cantidad de turbidez, teniendo como mejor dosis a 40 mg/L dejándolo con 64,8 NTU finales. A diferencia de la *opuntia ficus-indica* que con su mejor dosis de 65 mg/L solo removió hasta unos 65,4 NTU finales.

Figura 7

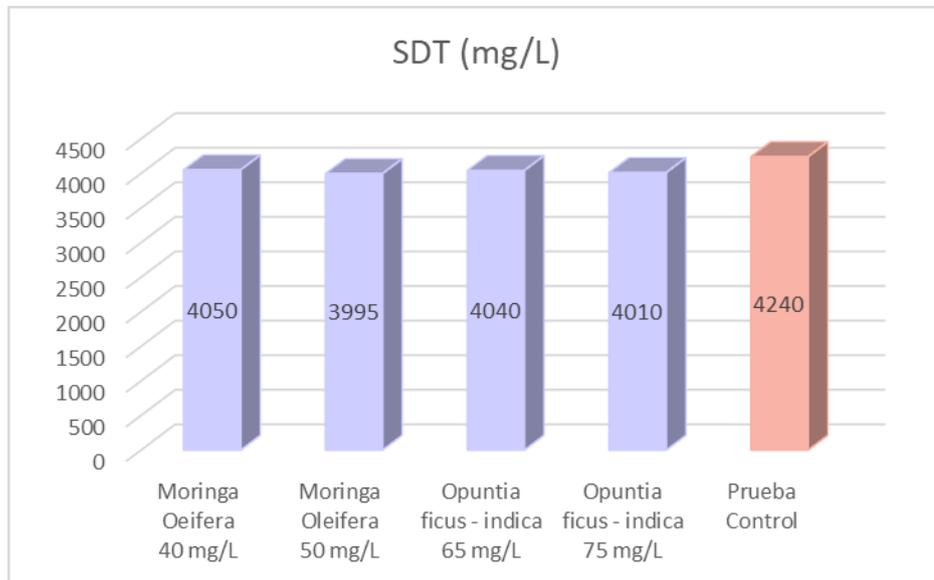
Valores iniciales de Conductividad Eléctrica



Nota. En la figura 7 refleja los valores iniciales de la conductividad eléctrica, luego al emplear los coagulantes naturales, la *moringa oleifera* se sigue sobreponiendo con una dosis de 50 mg/L reduciendo efectivamente de 8470 mg/L iniciales a 7990 mg/L, a diferencia de la *opuntia ficus-indica* que solo obtuvo una reducción a 8020 mg/L, sin embargo los resultados obtenidos no se encuentran dentro del ECA para Agua.

Figura 8

Valores iniciales de SDT



Nota. En la figura 8 se puede observar los valores de SDT, donde la *moringa oleifera* con una dosis de 50 mg/L llego a disminuir de 4240 mg/L de la prueba control a 3995 mg/L, siendo una reducción levemente significativa. Por otra parte, la *opuntia ficus-indica* con dosis de 75 mg/L pudo reducir solo a 4010 mg/L, el cual no fue tan eficiente. Sin embargo, los valores obtenidos aun exceden y no se ubican dentro del ECA para Agua (Categoría A1: Poblacional y Recreacional).

Tabla 14

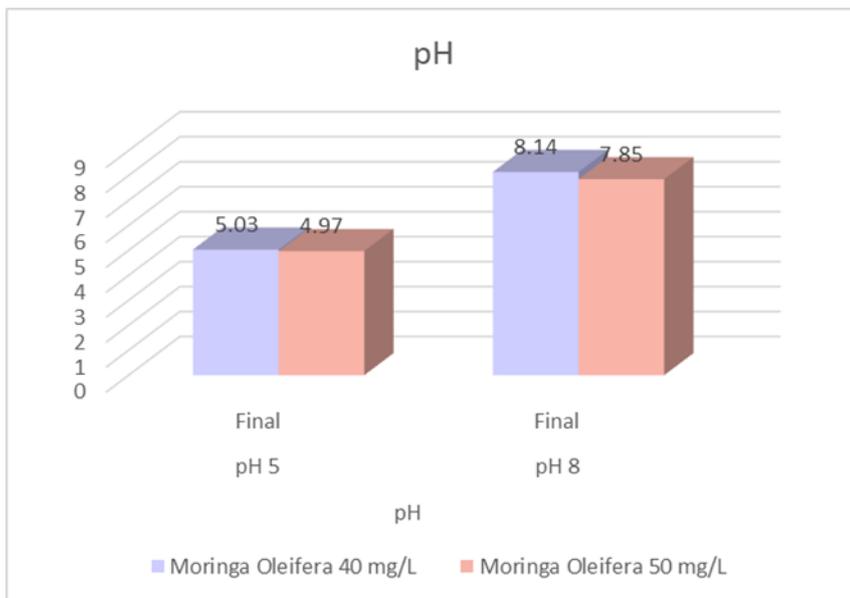
Resumen del Análisis con pH 5 y 8 modificado

Mejor Coagulante	Parámetro	Dosis	pH 5	pH 8	
			Final	Final	
Natural	Turbidez	40 mg/L	88,8	64,1	
		50 mg/L	88,3	64,8	
	pH	40 mg/L	5,03	8,14	
		50 mg/L	4,97	7,85	
	<i>Moringa Oleifera</i>	Conductividad	40 mg/L	8,02	8,04
		Eléctrica	50 mg/L	7,97	7,96
SDT		40 mg/L	4,01	4,02	
		50 mg/L	3,99	3,98	

Nota. En la tabla 14 se puede visualizar los valores finales con el pH 5 y 8 modificado previamente con el mejor coagulante *moringa oleifera*, donde se pudo determinar que se redujo eficientemente la turbidez a un 64,1 NTU con una dosis de 40 mg/L, el cual fue la dosis más óptima en el tratamiento.

Figura 9

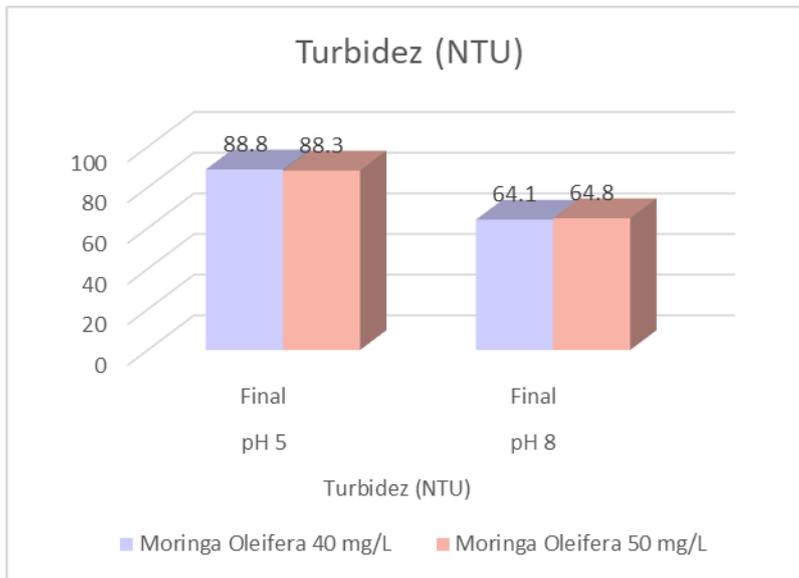
Valores finales de pH 5 – 8



Nota. Se observa en la figura 9 al parámetro de potencial de hidrógeno y los resultados obtenidos producto del mejor coagulante *moringa oleifera* y su variación de pH a 5 y 8, el cual se observa que con la implementación de una dosis de 40 mg/L logra mantenerlo dentro de rango inicial, subiéndolo ligeramente a 5,03 pH y 8,14 pH respectivamente. A diferencia de la dosis de 50 mg/L que logró bajar su potencial de hidrógeno para ambas variaciones, reduciéndolo a 4,97 unidades de pH para un pH ácido y 7,85 unidades de pH para un potencial de hidrógeno más alcalino.

Figura 10

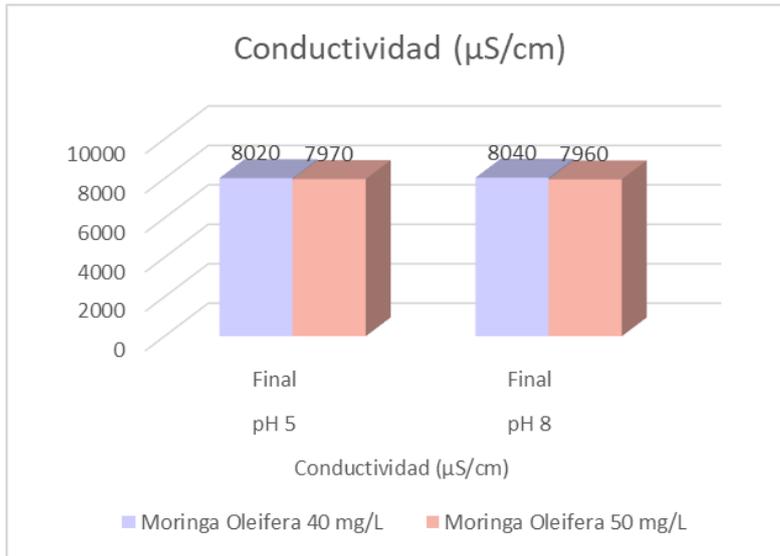
Valores finales de turbidez a pH 5 – 8



Nota. En la figura 10 se observan los resultados del parámetro de turbidez del mejor coagulante *moringa oleifera* con la variación de pH 5 y pH 8, en donde se aprecia una mayor reducción de turbidez por parte del pH 8, siendo la dosis de 40 mg/L el que removi6 a 64,1 NTU finales a diferencia de su mejor reducci6n para el pH 5 que fue de 50 mg/L, el cual redujo hasta los 88.3 NTU despu6s del tratamiento.

Figura 11

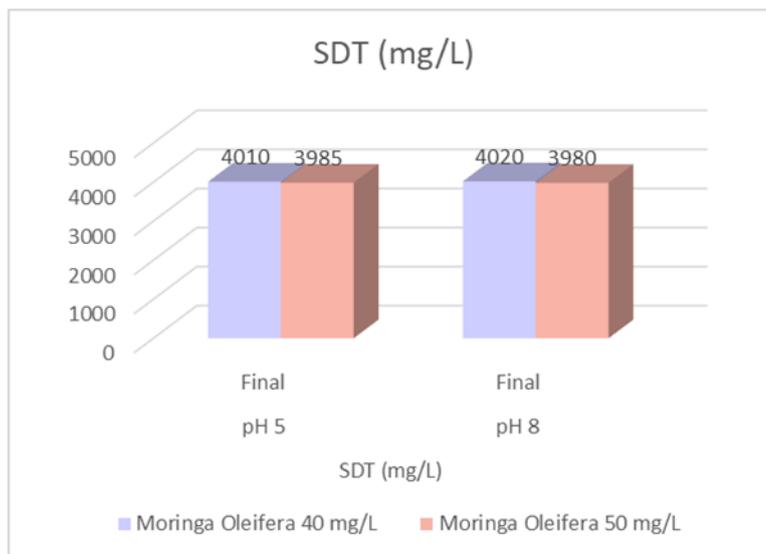
Valores finales de Conductividad Eléctrica a pH 5 – 8



Nota. En la figura 11 se visualiza los resultados de la conductividad eléctrica donde se determinó que el pH 8 tuvo una mejor reducción con un valor de 7 960 con dosis de 50 mg/L, mientras que el pH 5 con dosis de 40 mg/L redujo a 7 970, siendo valores cercanos pero de importancia en la parte estadística.

Figura 12

Valores finales de SDT a pH 5 – 8



Nota. En la figura 12 se puede apreciar que los resultados obtenidos en el SDT logro posicionar al pH 8 y al pH 5 como factores relevantes ya que ambos siguen teniendo una reducción con valores cercanos, donde el pH 8 con dosis de 50 mg/L logro un valor de 3 980, mientras que con el pH 5 con la dosis de 40mg/L alcanzó un valor de 3 985.

Tabla 15

Resumen de los tratamientos realizados

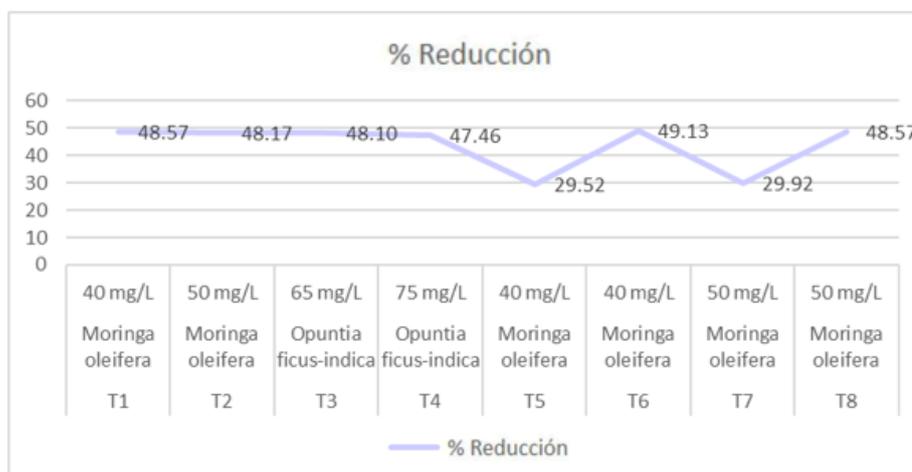
Tratamiento	Mejor Coagulante	Dosis (mg/L)	pH	% Reducción
T1		40 mg/L	7,22	48,57

T2	<i>Moringa Oleifera</i>	50 mg/L		48,17
T3	<i>Opuntia ficus-indica</i>	65 mg/L	7,22	48,10
T4	<i>indica</i>	75 mg/L		47,46
T5		40 mg/L	5	29,52
T6	<i>Moringa Oleifera</i>	40 mg/L	8	49,13
T7	<i>Oleifera</i>	50 mg/L	5	29,92
T8		50 mg/L	8	48,57

Nota. Se puede visualizar en la tabla 15 el resumen de todos los tratamientos efectuados en el laboratorio, en donde se determina que el pH 8 con dosis de 40mg/L del mejor coagulante *moringa oleifera* además de influir manera significativa en el porcentaje de reducción de turbidez obteniendo el 49,13 %, mientras que con la misma dosis en el pH 5 solo redujo un 29,52 %.

Figura 13

Resumen del porcentaje de reducción del tratamiento



Nota. En la figura 13 se puede reflejar la línea de tendencia de sus valores obtenidos con relación al número de tratamientos, dosis y coagulante natural en la parte experimental y estadística.

3.2. Resultados Estadísticos

3.2.1. ANOVA de un solo factor: % Reducción vs. Tipo de Coagulante

En la prueba de análisis de varianza (ANOVA) se evaluó la importancia del factor y su respuesta a la comparación de las medias conforme a los niveles proporcionados por los factores.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tipo de Coagulante	2	M.O; O.F.I

El valor p es 0,253, siendo mayor que el nivel de significancia de 0,05, indica que las diferencias entre las medias no son estadísticamente significativas.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de Coagulante	1	0,3543	0,3543	2,53	0,253
Error	2	0,2803	0,1401		
Total	3	0,6346			

En los resultados del resumen del modelo, el factor explica un 55,83 % de la variación en la respuesta con relación al tipo de coagulante natural. S indica que la

desviación estándar entre los puntos de datos y los valores ajustados es de aproximadamente 0,37 unidades.

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0,374364	55,83%	33,75%	0,00%

Se observa su respectivo intervalo de confianza al 95% para cada tipo de coagulante, así como su desviación estándar.

Medias

Tipo de Coagulante	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
M.O	2	48,373	0,281	(47,234; 49,512)
O.F.I	2	47,778	0,449	(46,639; 48,917)

Desv.Est. agrupada = 0,374364

H0: Si el valor p es mayor, las diferencias entre las medias de la *moringa oleifera* y *opuntia ficus-indica* no son estadísticamente significativas.

H1: Si el valor p es menor o igual, las diferencias entre algunas de las medias de la *moringa oleifera* y *opuntia ficus-indica* son estadísticamente significativas.

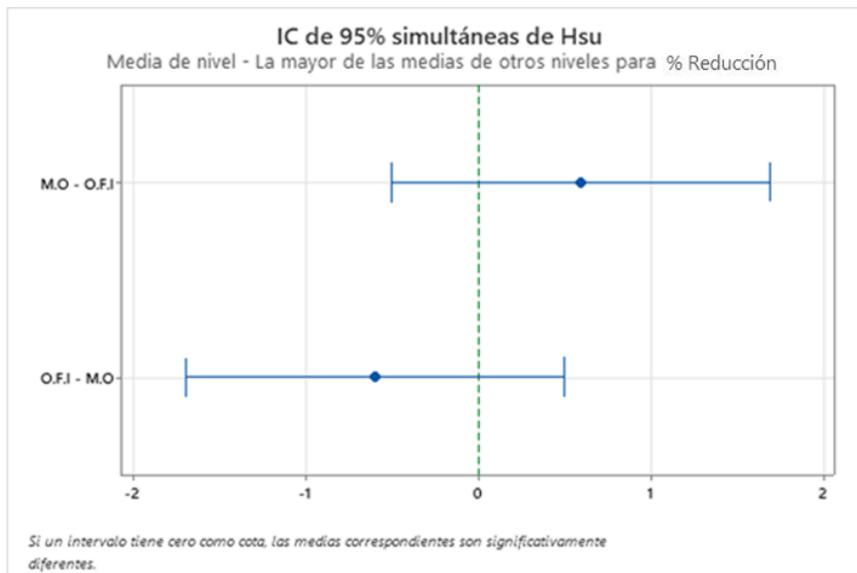
P-value = 0,253 > 0,05

Decisión: Se acepta el H0 y se rechaza el H1.

Conclusión: Con una significancia del 5 % se concluye que la diferencia entre las medias de ambos coagulantes naturales no es estadísticamente significativa.

Figura 14

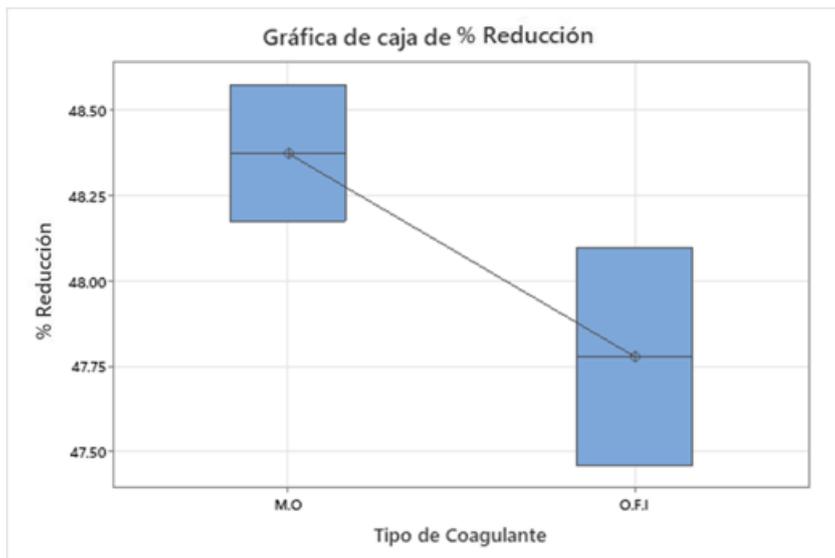
Comparaciones múltiples con el mejor (MCB) de Hsu



Nota. Si un intervalo tiene cero como cota, las medias correspondientes son significativamente diferentes. Por lo tanto, en la figura se observa que ambos coagulantes comparten el cero donde se evidencia una igualdad entre ambos. Asimismo, se puede apreciar que la media de la *moringa oleifera* es significativamente mejor, asumiendo que predomina a la *opuntia ficus-indica*.

Figura 15

Gráfica de caja y bigotes del % de Reducción



Nota. En la gráfica de cajas y bigotes, se observa que la *moringa oleifera* presenta una mayor precisión de datos a diferencia de la *opuntia ficus-indica*, siendo el coagulante con una media superior con relación al porcentaje de reducción de turbidez, el cual predomina y se sobrepone con relación a los valores de la *opuntia ficus-indica*.

3.2.2. Prueba e IC para dos varianzas: Dosis; % Reducción

Estadísticas descriptivas

Variable	N	Desv.Est.	Varianza	IC de 95% para σ
Dosis	4	5,774	33,333	(3,271; 21,527)
% Reducción	4	11,048	122,065	(6,259; 41,194)

Relación de desviaciones estándar

Relación estimada	IC de 95% para la relación usando F
0,522570	(0,133; 2,053)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$

Hipótesis alterna $H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Método	Estadística de prueba	GL1	GL2	Valor p
F	0,27	3	3	0,315

H0: Si el valor p es mayor, la desviación estándar de las variables no es estadísticamente significativa.

H1: Si el valor p es menor o igual La desviación estándar de las variables es estadísticamente significativa.

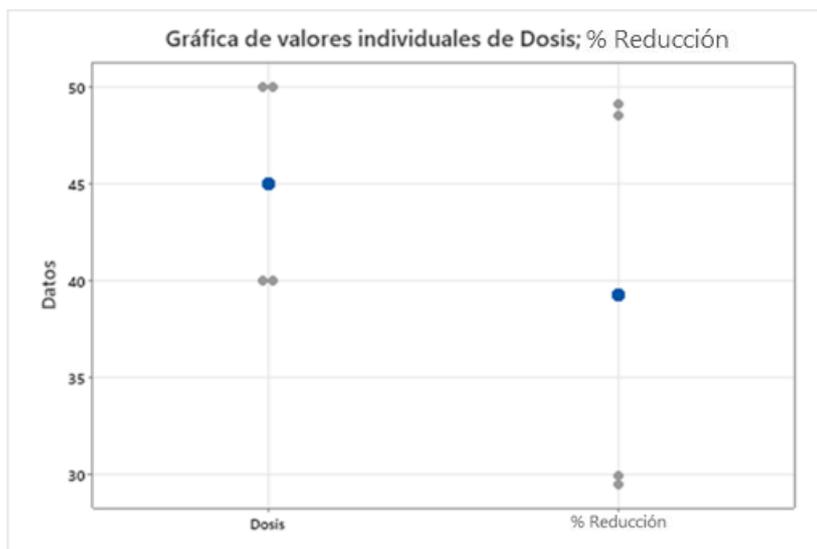
P-value = 0,315 > 0,05

Decisión: Se acepta el H0 y se rechaza el H1.

Conclusión: Con una significancia del 5 % se concluye que la desviación estándar de las variables no es estadísticamente significativa.

Figura 16

Gráfica de valores individuales de Dosis; %Reducción



Nota. Si la dosis se mantiene a una misma distancia y dentro del rango del porcentaje de reducción, no se considera estadísticamente significativo.

3.2.3. Análisis Tukey: Dosis

Comparaciones por parejas de Tukey: Dosis

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Dosis	N	Media	Agrupación
40	2	39,325	A
50	2	39,245	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de Dosis niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC de simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
50 - 40	-0,080	0,480	(-6,179; 6,019)	-0,17	0,895

Nivel de confianza individual = 95,00%

H0: La dosis no influye en el porcentaje de reducción de la turbidez.

H1: La dosis influye en el porcentaje de reducción de la turbidez.

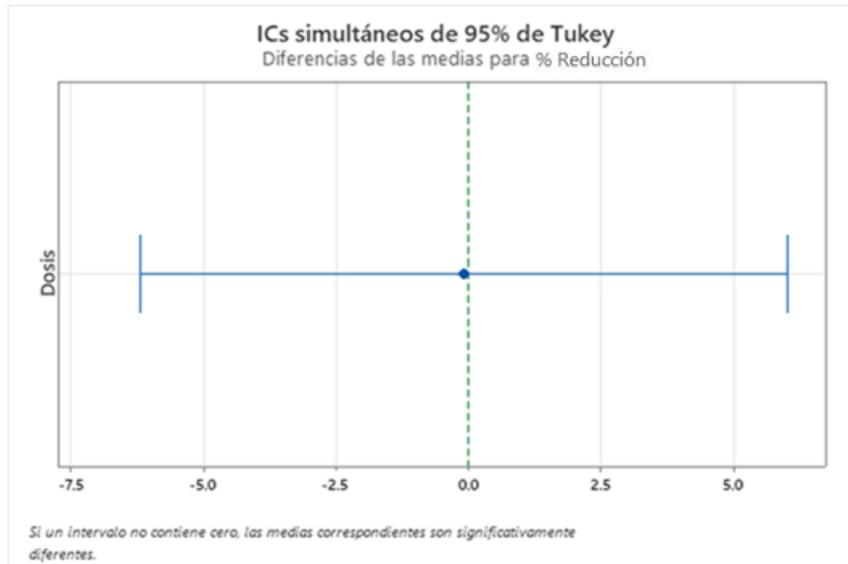
Valor p = 0,895 > 0,05

Decisión: Se acepta H0 y se rechaza H1

Conclusión: Con una significancia del 5 % se concluye que la dosis no influye en el porcentaje de reducción de la turbidez.

Figura 17

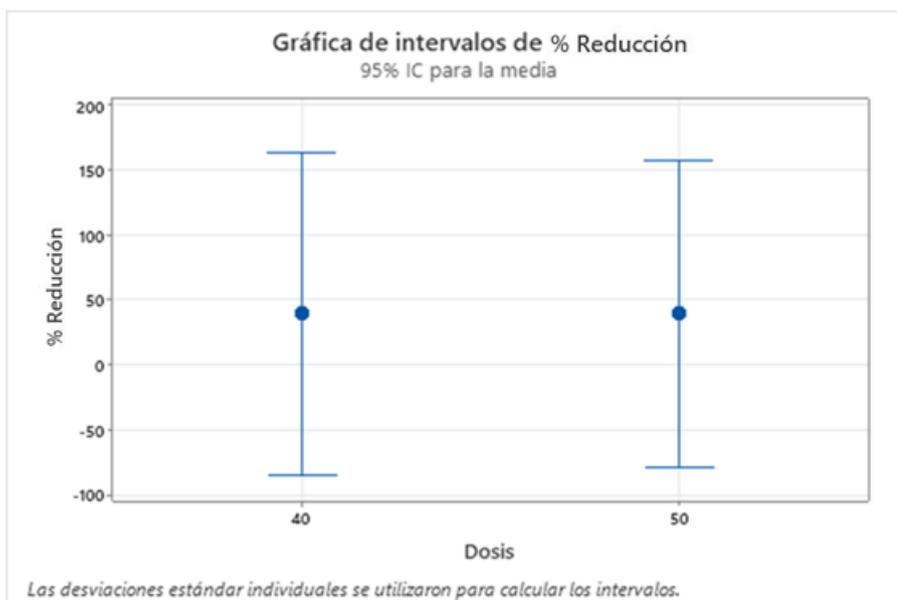
Intervalos de confianza simultáneos al 95 % de confianza



Nota. Si un intervalo contiene cero, las medias correspondientes son significativamente iguales.

Figura 18

Gráfica de Intervalos para la Media: Dosis; % Reducción



Nota. Si los intervalos de confianza de la dosis se superponen con relación al porcentaje de reducción, indica que no son estadísticamente significativos.

3.2.4. Prueba e Ic para dos varianzas: PH; % Reducción

Estadísticas descriptivas

Variable	N	Desv.Est.	Varianza	IC de 95% para σ
PH	4	1,732	3,000	(0,981; 6,458)
% Reducción	4	11,048	122,065	(6,259; 41,194)

Relación de desviaciones estándar

Relación estimada	IC de 95% para la relación usando F
0,156771	(0,040; 0,616)

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$
Hipótesis alterna	$H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Método	Estadística de prueba	GL1	GL2	Valor p
F	0,02	3	3	0,013

H0: Si el valor p es mayor, la desviación estándar de las variables no es estadísticamente significativa.

H1: Si el valor p es menor o igual La desviación estándar de las variables es estadísticamente significativa.

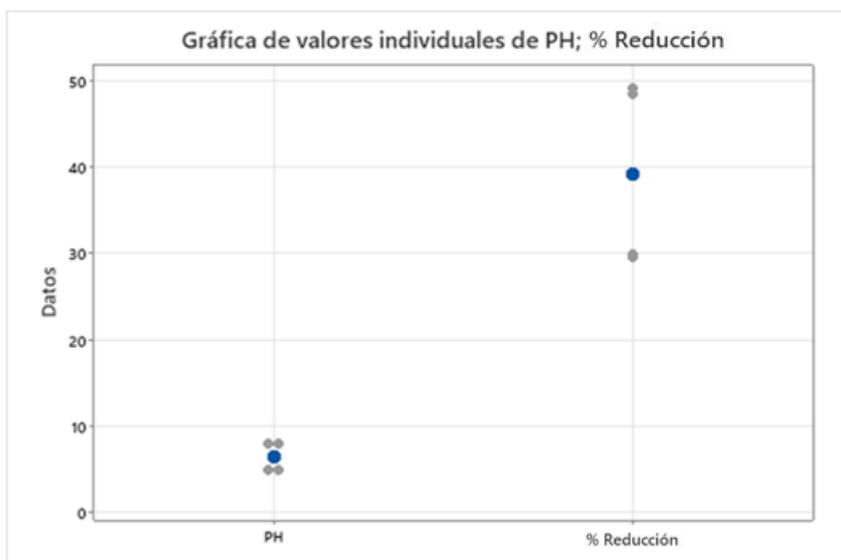
$$\mathbf{P\text{-value}} = 0,013 < 0,05$$

Decisión: Se acepta el H0 y se rechaza el H1.

Conclusión: Con una significancia del 5 % se concluye que la desviación estándar de las variables si es estadísticamente significativa.

Figura 19

Gráfica de valores individuales de pH; %Reducción



Nota. Si el pH no se mantiene a una misma distancia y dentro del rango del porcentaje de reducción, se considera que es estadísticamente significativo.

3.2.5. Análisis Tukey: pH

Comparaciones por parejas de Tukey: PH

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

PH	N	Media	Agrupación
8	2	48,85	A
5	2	29,72	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de PH niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
8 - 5	19,130	0,480	(13,031 ; 25,229)	39,85	0,016

Nivel de confianza individual = 95,00%

H0: El pH no influye en el porcentaje de reducción de la turbidez

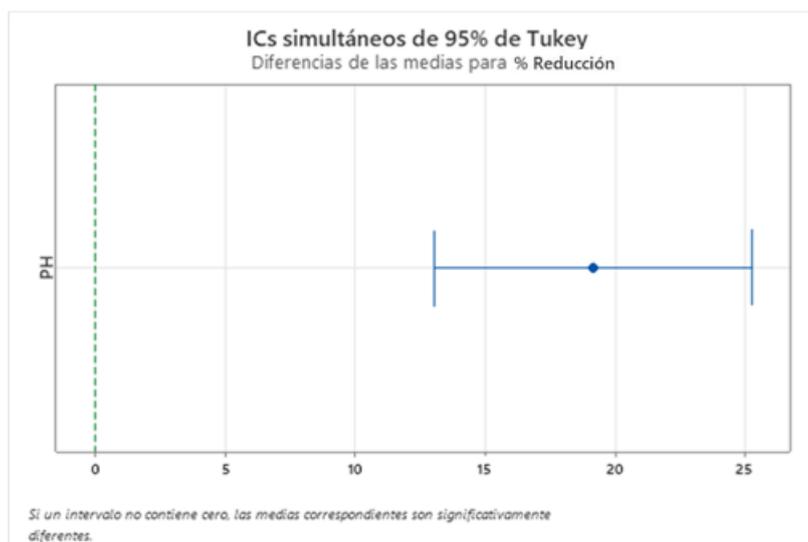
H1: El pH influye en el porcentaje de reducción de la turbidez

Valor p = 0,016 < 0,05

Conclusión: Con una significancia del 5 % se concluye que el pH influye en el porcentaje de reducción de la turbidez.

Figura 20

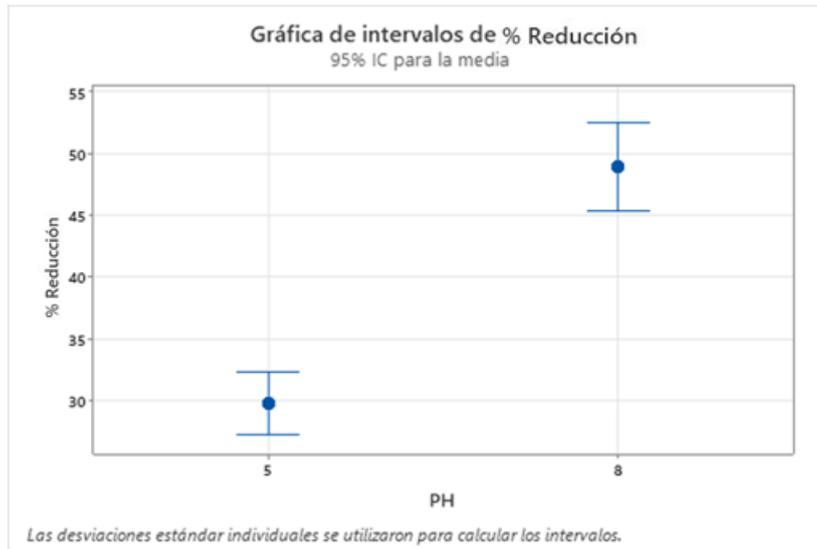
Intervalos de confianza simultáneos al 95 % de confianza



Nota. Si un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes.

Figura 21

Gráfica de Intervalos para la Media: pH; % Reducción



Nota. Si los intervalos de confianza del pH no se superponen con relación al porcentaje de reducción, indica que son estadísticamente significativos.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Con el propósito de responder al objetivo general, se determinó que el mejor coagulante fue la *moringa oleifera* en base al análisis de los datos estadísticos de la prueba ANOVA, en donde se obtuvo un valor $p = 0,253 > 0,05$, siendo mayor que su nivel de significancia infiriendo que las medias de ambos coagulantes no son estadísticamente significativas. Sin embargo, en el gráfico de cajas y bigotes (ver Fig.15) se comprobó que la *moringa oleifera* tiene una media superior con relación al porcentaje de reducción concluyendo que se sobrepone tenuemente a la *opuntia ficus-indica*, tal como nos dice Zeas (2018) que las aguas tratadas con semillas de *moringa oleifera* tienen un desarrollo favorable con respecto a la sedimentación y la calidad del agua, lo que implica que al tener porcentajes de reducción cercanos en base a la dosificación empleada, se diferencia por las medias obtenidas en el gráfico de cajas y bigotes el cual permite visualizar la tendencia central de los valores numéricos mediante sus cuartiles. Por otro lado, los tratamientos fueron ligeramente significativos evidenciando que el T1 (*moringa oleifera* con pH 7,22 a 40 mg/L = 48,57 %) es igual que el T8 (*moringa oleifera* con pH 8 a 50 mg/L = 48,57%), mientras que el T2 (*moringa oleifera* con pH 7,22 a 50 mg/L = 48,17 %), T3 (*opuntia ficus-indica* con pH 7,22 a 65 mg/L = 48,10 %) y T4 (*opuntia ficus-indica* con pH 7,22 a 75 mg/L = 47,46 %) mantienen sus valores cercanos, a diferencia del T3 y T4 que presentan datos ligeramente inferiores haciendo que el tratamiento con *opuntia* no sea significativo.

Sin embargo, el de mejor reducción de turbidez es el T6 (*moringa oleifera* con pH 8 a 40 mg/L = 49,13 %) siendo el más óptimo. No obstante, las pruebas T5 (*moringa oleifera*

con pH 5 a 40 mg/L = 29,52 %) y T7 (*moringa oleifera* con pH 5 a 50 mg/L = 29,92 %) fueron los tratamientos más deficientes, producto de su pH ácido. En comparación con la investigación realizada por Aguirre et al. (2018), el cual indica que la *opuntia ficus-indica* con una dosis de 0,1 g/L logro reducir el 65,8 % de turbidez mientras que la *moringa oleifera* con dosis de 2 g/L logro una reducción del 96,8 %, demostrando que la *moringa oleifera* tuvo una mayor eficiencia en el tratamiento. De la misma manera, el estudio de Esquivel (2019) buscó determinar la eficiencia entre ambos coagulantes *opuntia ficus-indica* y *moringa oleifera*, en el tratamiento con *opuntia ficus-indica* en una dosis de 10 ml/L logro una reducción de 45,3% en cuanto a su turbidez, sin embargo la *moringa oleifera* con dosis optima de 0,5 g/L obtuvo un 93,7 %, siendo un resultado superior enfatizando que la *moringa oleifera* tiene una mejor eficiencia en las investigaciones mencionadas, haciendo que sea un coagulante alternativo y factible en el tratamiento de aguas.

Con el fin de responder al objetivo específico 01, antes de aplicar los coagulantes naturales como tratamiento, se obtuvieron valores iniciales de los parámetros fisicoquímicos analizados a nivel de laboratorio de las muestras recolectadas de la Quebrada Huaycoloro, para el pH se reportó un valor inicial de 7,22, posteriormente al tratamiento se dio con un valor final de 7,75, ambos valores de característica neutra, teniendo en cuenta que para el ECA para Agua, el parámetro de pH debe de contar con un valor que oscile entre 6,5 – 8,5 unidades de pH para que exista un buen desarrollo de los microorganismos de acuerdo a su clasificación como quebrada de categoría A1 (ver Tabla 10).

En comparación con el estudio realizado por Esquivel (2019) en base a sus resultados obtuvo un valor de 7,22 como pH inicial pasando a 7,35 pH final luego de implementar la *moringa oleifera* donde se visualizó un incremento de valores debido al uso del coagulante sin afectar la propiedad originaria del agua, el cual es semejante al de la presente

investigación. Asimismo, en el presente estudio la conductividad eléctrica resulto con un valor inicial de 8 470 $\mu\text{S}/\text{cm}$ luego del tratamiento resulto con un valor de 8 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ logrando una leve disminución, sin embargo en el reporte de dicho autor obtuvo una conductividad de 2 538 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el cual logró disminuir a 2 479 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo poca cantidad reducida y superando el límite otorgado. Por ello, es necesario seguir los protocolos generados por las entidades encargadas con el fin de obtener un resultado viable y dentro de las normativas establecidas, considerando que dicho parámetro su valor debe ser inferior a 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y así cumplir con sus límites según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Por otro lado, en cuanto a los resultados propios de la turbidez se registró un valor de 126 NTU inicial pasando a 64,8 final, el cual es de alta proporción volviéndose no apto para el consumo humano, tal y como nos plantea Aguirre et al. (2018) en el parámetro de la turbidez tuvo un promedio de 126,60 NTU inicial disminuyendo a 4,1 NTU final, acorde a los resultados referidos se comprende que la *moringa oleifera* tiende a un mejor rendimiento sobre la turbidez en el tratamiento de aguas superficiales, el cual es necesario que la cantidad de partículas coloidales causante de la turbidez sea menor a 5 NTU, ya que por ser una quebrada no contiene una cantidad significativa de agua siendo el parámetro de la turbidez proporcional a la misma. En el mismo sentido, según Zeas (2018), para el Río Guayas, tuvo un valor máximo inicial de 958 NTU, siendo un dato por encima del resultado obtenido de la presente investigación, el cual al aplicar la *moringa oleifera* disminuyo a 4,6 NTU finales. De igual manera, en el Río Daule se obtuvo un valor mínimo inicial de 34,3 NTU logrando reducir finalmente a 24,4 NTU, infiriendo que el coagulante natural actúa con más eficiencia en valores altos de turbidez en comparación con valores menores debido a que no se obtiene un alto porcentaje de reducción según el requerimiento del autor.

En cuanto al parámetro de los sólidos totales disueltos, tal y como nos menciona Gómez (2018) en su investigación para dicho parámetro se obtuvo un valor inicial de 570 mg/L bajándolo a 411 mg/L, siendo un resultado inferior al establecido por el ECA para Agua, haciéndolo óptimo. Por otro lado, en base a los resultados propios paso de 4 240 mg/L iniciales a 4 050 mg/L finales después de la implementación de la *moringa oleifera*, logrando disminuir ligeramente los valores presentados del SDT y evitar que excedan la normativa, considerando que la cantidad óptima de los sólidos disueltos totales es menor a 1000 mg/L, el cual debe de cumplir para así evitar su interferencia en la reducción de turbidez de la muestra. Puesto que, los resultados iniciales de las muestras de la Quebrada Huaycoloro al no cumplir los límites establecidos por el MINAM requieren un tratamiento de agua superficial debido a que estos valores iniciales no cumplen con el estándar de calidad ambiental (ECA para Agua), en donde nos dice que para un agua superficial de categoría A1 necesita seguir ciertos límites para que los microorganismos puedan desarrollarse de manera óptima en el ecosistema. Sin embargo, después del tratamiento con el coagulante natural se obtuvo valores finales de los parámetros de turbiedad, conductividad eléctrica y SDT alcanzando resultados considerables en reducción, manteniendo el parámetro de potencial de hidrógeno (pH) dentro del rango permitido (neutro) demostrando así la eficiencia de la *moringa oleifera*.

Con el fin de responder al objetivo específico 02, se analizaron las dosis correspondientes a la *moringa oleifera* con 40 mg/L y 50 mg/L, el cual con ayuda de los resultados estadísticos mediante la prueba de Tukey se obtuvo un valor $p = 0,895 > 0,05$ que siendo mayor a su significancia nos indica que el factor de dosis no influye en el porcentaje de reducción debido a su cercanía en cantidades, asimismo en el gráfico de intervalos se observó que la dosis no es estadísticamente significativo (ver Fig. 18).

Pasando todo lo contrario en la investigación de Acevedo (2019), ya que se observó que al implementar diferentes cantidades de turbidez, su eficiencia varía con respecto a la dosis, siendo el Río de Oro el que logró remover la turbidez hasta unos 9,4 NTU finales de unos 15,3 NTU iniciales, teniendo 38,56% de porcentaje de reducción implementando solo 4 mg/L, a diferencia de la Quebrada Florida Blanca que se le aplicó una mayor cantidad de dosis debido a su turbiedad inicial de 140 NTU mucho mayor que Río de Oro, logrando remover un 93,9% con una dosis de 170 mg/L. El cual, asociándolo con la presente investigación, se observa acorde a los resultados presentados (ver tabla 13), en donde no siempre a mayor cantidad de coagulante será mucho mejor la eficiencia en su reducción. Asimismo Zeas (2018) en su investigación utilizó dos ríos con diferentes cantidades de turbidez, en donde el de mayor cantidad de turbidez fue el de Río Guayas contando con unos 958 NTU iniciales, logrando remover el 99,5% con 10 mg/L dejándolo con 4,6 de NTU final. En cambio para una turbidez inicial de 34,3 NTU al ser aplicado por 15mg/L solo obtuvo un 29,4% de reducción, teniendo como turbidez final a unos 24,2 NTU, confirmándonos mediante sus resultados que en el caso de una cantidad de turbidez inicial pequeña, el colocarle una gran cantidad de dosis tampoco es favorable, lo cual solo se obtendría un porcentaje de reducción mucho menor de lo esperado.

De la misma manera Aranda y Esquia (2021) nos menciona es importante tomar en consideración el uso de una concentración madre, el cual favorecerá en los resultados y efectividad en el porcentaje de reducción para una cantidad de turbidez alta, el cual se utilizó en la presente investigación mediante la aplicación de dos concentraciones 40 ppm y 50 ppm, en una turbidez inicial de 126 NTU, logrando obtener ligeramente una mayor reducción por parte de la primera dosis de 40 ppm con 48,57%, a diferencia de la segunda dosis de 50 ppm que solo obtuvo un 48,17%, determinando así que el coagulante natural

moringa oleifera es eficiente en la reducción de turbidez, cuya efectividad depende de la cantidad de dosis empleada teniendo en cuenta la turbidez inicial del agua superficial.

Con el propósito de responder al objetivo específico 03, se determinó que el factor pH del mejor coagulante natural (*moringa oleifera*), influye en el porcentaje de reducción en la turbidez debido a la predominancia de sus datos en el tratamiento, en base al análisis estadístico de la prueba Tukey, en donde se obtuvo un valor $p=0,016 < 0,05$, siendo menor que su nivel de significancia infiriendo que el pH influye en el tratamiento, donde el pH 8 con una media de 48,85 se sobrepone a la media del pH 5 con un valor de 29,72, lo que significa que al menos un tratamiento es diferente. Asimismo, en el gráfico de intervalos (ver Fig. 21), se comprobó que el pH 8 tiene una media que predomina al pH5 evidenciando que es estadísticamente significativo.

Tal y como nos plantea Aguirre et al. (2018) en su investigación que en el análisis del Rio Magdalena se reportó un pH inicial con un valor que oscila como máximo 8,52 y mínimo 7,41, siendo valores característicos de una base-alcalina, asimismo la turbidez tuvo un promedio similar al presente estudio de 126,60 NTU inicial, al implementar la *moringa oleifera* disminuyó a 4,1 NTU final alcanzando el 96,8 % reducción de turbidez, consecuente a los resultados descritos se infiere que la *moringa oleifera* tiene un mejor rendimiento a pH alcalinos en el tratamiento de aguas. En comparación con la investigación realizada por Zeas (2018), el cual se basó en el estudio de dos ríos, donde los valores iniciales de pH en el Rio Guayas tuvo un valor de 7,73 y el Rio Daule con un valor de 7,43, después de implementar el coagulante natural se obtuvo valores finales de 7,79 y 7,58, respectivamente. De este modo, se reflejó una leve variación de aumento en las unidades de pH debido a la influencia de la *moringa oleifera* en la misma, siendo un aspecto beneficioso ya que afecta menos las propiedades naturales del agua a diferencia del uso de coagulantes químicos. Asimismo,

Esquivel (2019) en sus resultados reportados obtuvo un valor de 7,22 como pH inicial equivalente a nuestra investigación donde termino con 7,35 pH con la implementación de la *moringa oleifera* siendo su mejor coagulante teniendo como porcentaje de reducción 93,7% de turbidez, al igual que Urquía (2017) que obtuvo un pH inicial de 7,64, en donde gracias a los resultados de la *moringa oleifera* que tuvo como porcentaje de reducción el 98,76% y lo removió a 7,45 unidades de pH, observándose así que de acuerdo a su pH va incrementando su porcentaje de reducción, en donde a mayor cantidad de pH facilita su tratamiento volviéndolo más efectivo a diferencia de un pH bajo.

Corroborando dicho contexto mediante la literatura revisada, según Campos et al. (2003) afirma que los aminoácidos catiónicos y esenciales tales como la histidina, arginina y lisina están presentes en la fracción activa del coagulante natural haciendo posible la clarificación de aguas, teniendo como propiedad principal un punto isoeléctrico de rango 7 a 10 con escala base-alcalina, los cuales interactúan con las partículas coloidales causantes de la turbiedad en el agua. Por ello, en base a los propios resultados con relación al componente activo de la *moringa oleifera*, se determinó que a un pH 8 alcalino tuvo una mejor acción y eficiencia sobre el pH 5 ácido, concluyendo así que un coagulante natural con mayor presencia de aminoácidos alcalinos obtendrá una mejor reducción en aguas superficiales con tendencia base-alcalina.

4.2. Limitaciones

En la presente investigación se encontró como principal limitación a la falta de compromiso por parte de las comunidades cercanas en mantener en óptimas condiciones la Quebrada Huaycoloro, además de la falta de atención por parte de las autoridades en darle cuidado y vigilancia preservando la zona contaminada mediante monitoreos ambientales

usando la guía del ECA para Agua especificado en el Decreto Supremo N° 004-2017 establecida por el MINAM y el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales establecido por el ANA, el cual de no ser tratado a tiempo terminaría siendo un foco infeccioso que podría ocasionar severos daños a la salud y al medio ambiente.

Por otro lado, las actividades antropogénicas y sobre todo las desembocaduras industriales de todo tipo de clasificación que tienen como destino las aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, en donde el parámetro de la turbidez fue una de las más afectadas con valores elevados conteniendo una gran cantidad de partículas en suspensión. Sumado a ello, el último acontecimiento sanitario COVID-19 fue incrementando la contaminación de residuos sólidos mediante el uso excesivo de las mascarillas y elementos de limpieza perjudicando aún más el agua superficial de la zona.

4.3. Implicancias

Desde el punto de vista teórico, la presente investigación ha permitido llevar a cabo la incorporación de la literatura nacional e internacional, los cuales han abarcado un tema de gran importancia como es la implementación de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas superficiales. Asimismo, el trabajo ha sido de beneficio en la determinación de la dosificación y en el desarrollo a nivel experimental. De igual manera, su contribución desde el aspecto teórico para alcanzar los objetivos del tema central del estudio.

Por otro lado, como implicancias prácticas se consideró que la presente investigación forma parte de una alternativa de solución, el cual puede implementarse de manera efectiva y eficiente en la Quebrada Huaycoloro. Asimismo, por medio de los resultados obtenidos se concluyó que el coagulante *moringa oleifera* se desempeñó de manera positiva y eficiente

en el tratamiento de las aguas superficiales, ya que los coagulantes naturales son menos nocivos a diferencia de los coagulantes químicos que a través del tiempo van ocasionando severos problemas a la salud de la población y en el medio ambiente.

Por último, las implicancias metodológicas no solo se pueden orientar en una muestra semejante o del mismo volumen que la del presente estudio, sino también que se puede replicar a una mayor escala y en diferentes tipos de agua que requieren un post tratamiento debido a la contaminación ambiental. En el contexto del uso de los coagulantes naturales las metodologías de extracción y aplicación pueden cambiar; sin embargo, la investigación podrá ser relevante como una implicancia valida y fiable para futuros estudios relacionados al tema y en factibles alternativas de solución según el enfoque de cada autor.

4.4. Conclusiones

El uso de ambos coagulantes naturales ya sea de la *moringa oleifera* o la *opuntia ficus-indica* en el tratamiento, no presentaron una significancia según los resultados obtenidos a nivel de laboratorio y estadístico. Asimismo, el comportamiento individual de la *moringa oleifera* con una dosis de 40 mg/L logró una reducción de 48,57%. Por otro lado, la *opuntia ficus-indica* con una dosis de 65 mg/L obtuvo una reducción de 48,10%, siendo la *moringa oleifera* el coagulante natural que tiene una mayor predominancia sobre la *opuntia ficus-indica* en la reducción de turbidez en aguas de la Quebrada Huaycoloro.

Las aguas de la Quebrada Huaycoloro presentaron unos 126 NTU de turbidez, 8 470 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica, 7,22 unidades de pH y 4 240 mg/L de sólidos disueltos totales como valores iniciales antes del tratamiento, el cual mediante la implementación de los coagulantes naturales, se observó una ligera reducción por parte de la *opuntia ficus-indica* con dosis de 75 mg/L, en donde se obtuvo 8 020 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad, 7,47 de pH y 4 010 mg/L de SDT, a diferencia de la turbidez, el cual con una dosis de 65 mg/L redujo a 65,4 NTU finales. Mientras que la *moringa oleifera* presentó una mejor reducción con dosis de 50 mg/L, logrando 7 990 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad, 7,39 de pH y 4 050 mg/L de SDT, a diferencia de la turbidez, el cual con una dosis de 40 mg/L redujo a 64,8 NTU finales, confirmando así su predominancia en el tratamiento de aguas del presente estudio.

Se concluye que el factor dosis fue el que menos influyó en el porcentaje de reducción de la turbidez con relación al mejor coagulante natural *moringa oleifera*. Sin embargo, la dosis más efectiva fue el de 40 mg/L reduciendo el 49,13%, a diferencia de la dosis de 50 mg/L que solo redujo un 48,57% de turbidez, comprobando así mediante pruebas

estadísticas que no tuvo una influencia significativa debido a la cercanía entre sus cantidades de dosis aplicada en el tratamiento de aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro.

Se concluyó que el factor de pH modificado del mejor coagulante *moringa oleifera* tuvo una influencia significativa en el porcentaje de reducción de la turbidez, corroborando así mediante las pruebas estadísticas realizadas con el pH 5 y pH 8 teniendo como mayor efectividad al pH 8 con un 49,13% pasando de un 126 NTU inicial a 64,1 NTU final con una dosis de 40 mg/L, a diferencia del pH 5, el cual sólo obtuvo una reducción de 48,57% llegando a un 64,8 NTU final para el tratamiento de las aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro.

4.5. Recomendaciones

Para futuros ensayos o investigaciones es recomendable emplear el uso de la *moringa oleifera* en tratamientos de agua con relación a la turbidez debido a su potencial coagulante y floculante en la reducción de partículas. Además, de su acción eficiente en los parámetros de conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos. Asimismo, se aconseja que al obtener los resultados de los parámetros, se debe de considerar una revisión y comparación de los mismos con las normativas vigentes para mantener los valores dentro del estándar de calidad ambiental para el agua. De igual manera, es recomendable incrementar el número de repeticiones para así obtener datos relevantes que puedan asegurar una tendencia en el análisis estadístico, además de establecer una dosificación acorde al tipo de coagulante natural. Finalmente, se debe de tener en cuenta que la *moringa oleifera* reacciona de una mejor manera a un pH 8 alcalino a diferencia de un pH 5 ácido, producto de la predominancia de aminoácidos presentes en el coagulante con un punto isoeléctrico alcalino, alcanzando un mayor porcentaje de reducción de turbidez.

REFERENCIAS

- Acevedo, E. de J. (2019). *Uso de semillas de Moringa (moringa oleifera) como floculante natural para la purificación de aguas crudas de Río Negro, Río de oro y Quebrada Florida blanca, Santander* [Tesis, Universidad de Santander]. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/1050>
- Acevedo, Y., y Huaman, H. (2021). *Eficiencia del coagulante de mucílago de nopal (Opuntia ficus-indica) en la reducción de la turbidez del Río Ichu - Huancavelica - 2019* [Tesis, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4057>
- Aguirre, S. E., Piraneque, N. v., y Cruz, R. K. (2018). Sustancias Naturales: Alternativa para el tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia. *Información Tecnológica*, 29(3), 59–70. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000300059>
- ANA. (2020). *Glosario de Términos de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento (D.S. N° 001-2010-AG)*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-documento-denominado-glosario-terminos-ley-ndeg-29338-ley>
- ANA, y DGCRH. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA)*. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/209>
- Aranda, E., y Esquia, I. (2021). *Aplicación del polvo de moringa (moringa oleifera) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética* [Tesis, Universidad Nacional del Callao]. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/6298>
- Atupaña, F., y Guacho, J. (2019). *Determinación de la eficiencia del opuntia ficus-indica como biocoagulante para el tratamiento de aguas superficiales del Río Bulubulu* [Tesis, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39847>
- Barboza, T., de Souza, T., y Braga, P. (2017). Treatability of surface water using nature coagulants based on tannin and extract of seeds of oleiferous Moringa. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e Da Saúde*, 21(3), 152–155. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26054727004>

- Barreto, S., Vargas, D., Ruiz, L., y Gómez, S. (2019). Evaluación de coagulantes naturales en la clarificación de aguas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(1), 105–116. <https://doi.org/10.22490/21456453.3081>
- Bermejo, M. (1999). *Seminario Liofilización*. <https://www.uv.es/~mbermejo/Freeze-Drying.pdf>
- Bravo, M. (2017). *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales*. [Tesis, Universidad distrital Francisco José de Caldas]. <http://hdl.handle.net/11349/5609>
- Cabrera, A. (2016). *Identificación de las etapas de secado durante el proceso de liofilización* [Tesis, Universitat Politècnica de València]. <http://hdl.handle.net/10251/69224>
- Campos, J., Colina, G., Fernández, N., Torres, G., Sulbarán, B., & Ojeda, G. (2003). Caracterización del agente coagulante activo de las semillas de Moringa Oleifera mediante HPLC. *Boletín Del Centro De Investigaciones Biológicas*, 37(1), 35–43. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/3>
- Campos, L. (2020). *Biotratamiento del agua proveniente del humedal Albufera de Medio Mundo (Huaura, Lima) con Moringa Oleifera Lam para fines agrícolas* [Tesis, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/879>
- Castillo, M., y Avendaño, E. (2020). Efecto de las semillas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en las condiciones para la clarificación del agua del Río Sama. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 86(1), 47–57. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v86i1.272>.
- Contreras, K., Mendoza, Y., Salcedo, G., Olivero, R., y Mendoza, G. (2015). Nopal (*Opuntia ficus-indica*) as a complementary natural coagulant to clarify water. *Producción + Limpia*, 10(1), 40–50. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100004
- Coronel, N. (2017). *Coagulantes naturales a base de moringa oleífera y tuna opuntia ficus-indica para mejorar la calidad de agua para consumo humano* [Tesis, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/33231>

- Esquivel, A. (2019). *Comparación de la eficiencia de la moringa (Moringa oleifera) y el mucilago de tuna (Opuntia ficus-indica), en el tratamiento de aguas del río Reque* [Tesis, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/39463>
- Feria, J., Bermúdez, S., y Estrada, A. (2014). Efficiency of Moringa Oleífera seed as a natural coagulant to remove turbidity from Sinú river's water. *Producción + Limpia*, 9(1), 9–22. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v9n1/v9n1a01.pdf>
- Fernández, V. (2020). Tipos de justificación en la investigación científica. *Espíritu Emprendedor TES*, 4(3), 65–76. <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n3.2020.207>
- Gómez, M. (2018). *Tratamiento de las aguas superficiales mediante el uso de semilla de moringa (moringa oleifera) como coagulante orgánico en la cuenca baja del Río Caraveli – Arequipa 2017* [Tesis, Universidad Alas Peruanas]. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/4743>
- Guzmán, D., y Chávez, J. (2007). Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 73(1), 41–45. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000100005
- Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., y García, R. (2013). Reduction of water turbidity using natural coagulants: A review. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 253–262. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n1/v16n1a29.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (R. Hernández, Ed.; Sexta). MCGRAW-HILL. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hernández, V., y Trejo, R. (2004). Riesgos a la salud por presencia del aluminio en el agua potable. *Conciencia Tecnológica*, 25. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94402508>
- Inglese, P., Mondragon, C., Nefzaoui, A., y Sáenz, C. (2018). *Ecología del cultivo, manejo y usos del Nopal* (FAO, Ed.). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas. www.fao.org/

- Jaco, E., Gómez, W., Loroña, F., Zamora, N., y Huaman, N. (2022). Efficiency of *Opuntia ficus indica* as a coagulant for gray wastewater treatment and its application in a pilot system. *Ingeniería Del Agua*, 26(3), 157–171. <https://doi.org/10.4995/ia.2022.17478>
- Kiesling, R. (2015). Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. *ResearchGate*, 3, 50–60. <https://www.researchgate.net/publication/228607157>
- Lipps, W., Braun, E., y Baxter, T. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (24th ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation. www.standardmethods.org
- López, M. (2018). *Evaluación del uso de la cactácea Opuntia ficus-indica como coagulante natural para el tratamiento de aguas* [Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3541>
- Lozano, L. (2018). *Efecto en la disminución de la turbidez en el agua por floculantes de Opuntia ficus-indica(Tuna) con diferentes procesos de extracción en el Río Chonta de Cajamarca, 2018* [Tesis, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/721>
- Meza, M., Riaños, K., Mercado, I., Olivero, R., y Jurado, M. (2018). Evaluation of the coagulant power of aluminum sulfate and *Moringa oleífera* seeds in the clarification process of water in the swamp of Malambo, Atlántico. *Revista UIS Ingenierías*, 17(2), 95–104. <https://doi.org/10.18273/revuin.v17n2-2018009>
- MINAM. (2015). *ESDA Estudio de Desempeño Ambiental 2003 - 2013*. <https://www.minam.gob.pe/esda/descargas/>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis* (4a. Edición). Ediciones de la U. <https://universoabierto.org/2021/03/30/metodologia-de-la-investigacion-cuantitativa-cualitativa-y-redaccion-de-la-tesis/>
- Olivero, R., Aguas, Y., Mercado, I., Casas, D., y Montes, L. (2014). Using Tuna (*opuntia ficus-indica*) as natural coagulant in the clarification of the crudes waters. *Avances Investigación En Ingeniería*, 11(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.302>

- Romero, A., Guadalupe, E., y Blas, W. (2012). Estimado de descargas máximas en la microcuenca de Huaycoloro (Huachipa, Lima). *Revista Del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 13(25), 1628–8097. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v13i25.402>
- Ruíz, G. (2021). *Eficiencia de la tuna Opuntia ficus-indica como biocoagulante para la clarificación del agua de Estero Medina, parroquia Bella María, Provincia el Oro* [Tesis, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RUIZ%20GUZMAN%20GERMAN%20ALEXI%20S.pdf>
- Sánchez, P., y Quintero, P. (2020). *Análisis de la capacidad desinfectante y de reducción de turbidez de la tuna (Opuntia ficus-indica) en aguas del Río Teusacá en la vereda el Salitre, La Calera* [Tesis, Universidad Libre]. <https://hdl.handle.net/10901/19223>
- Urquía, K. (2017). *Eficiencia de la Opuntia Ficus-Indica frente a la Moringa Oleífera, en el tratamiento de aguas del Río Huaycoloro, SJL-2017*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/10877>
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Educación*, 33(1), 155–165. <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
- Zeas, B. (2018). *Estudio técnico económico del uso de la moringa como coagulante-floculante en aguas superficiales* [Tesis, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/33224>

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de Consistencia

“REDUCCIÓN DE TURBIDEZ MEDIANTE LOS COAGULANTES NATURALES (<i>moringa oleifera</i>) Y (<i>opuntia ficus-indica</i>) EN AGUAS SUPERFICIALES DE LA QUEBRADA HUAYCOLORO, 2022”						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Dependiente: Reducción de Turbidez			Tipo de Investigación: Según su propósito es de tipo aplicada.
			Dimensión	Indicador	Unidad de medida	
¿Cuáles son los porcentajes de reducción de turbidez de la (<i>moringa oleifera</i>) y la (<i>opuntia ficus-indica</i>) en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022?	Determinar los porcentajes de reducción de turbidez empleando (<i>moringa oleifera</i>) y (<i>opuntia ficus-indica</i>) en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022.	Existe una diferencia significativa con el uso del coagulante (<i>moringa oleifera</i>) y (<i>opuntia ficus-indica</i>) en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022.	Parámetros Físicoquímicos	Turbidez pH Conductividad SDT	NTU Unidad de pH μS/cm mg/L	Enfoque de Investigación: Se encuentra bajo un enfoque cuantitativo – explicativo.

Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis específicas	Variable Independiente: Tratamiento con coagulantes naturales (<i>moringa oleifera</i>) y (<i>opuntia ficus-indica</i>)			Diseño de Investigación:
			Dimensión	Indicador	Unidad de medida	
¿Cuáles son las características fisicoquímicas de las aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022?	Determinar las características fisicoquímicas al inicio y final del tratamiento con el coagulante de (<i>moringa oleifera</i>) y (<i>opuntia ficus-indica</i>) en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022.	Las características fisicoquímicas contienen altos niveles de turbidez, conductividad y solidos totales disueltos en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022.		Turbidez	NTU	Población y Muestra Población: La corriente de agua de la cuenca alta y cuenca baja de la Quebrada Huaycoloro. Muestra: 32 litros de agua superficial de la Quebrada Huaycoloro.
			Parámetros Fisicoquímicos	pH	Unidad de pH	
				Conductividad	µS/cm	
				SDT	mg/L	

¿Cuál es la influencia de la dosis del coagulante (*moringa oleifera*) en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022?

Determinar la influencia de la dosis del coagulante (*moringa oleifera*) en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas de la Quebrada Huaycoloro, 2022.

La dosis del coagulante (*moringa oleifera*) influye significativamente en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas de la Quebrada Huaycoloro, 2022.

Dosis ppm

Análisis de datos

Se reflejará la información en programas estadísticos como Minitab y Excel.

Instrumentos:

¿Cuál es la influencia del pH del medio en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022?

Determinar la influencia del pH del medio en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022.

El pH del medio influye significativamente en el porcentaje de reducción de turbidez en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022.

Factor de Operación

pH Unidad de pH

ANEXO N°3. Registro de Identificación del Punto de Monitoreo.

ANEXO N°4. Cadena de Custodia.

ANEXO N°5. Ficha de recolección de datos.

ANEXO N° 11. Matriz para la validación de expertos.

Anexo N° 2. Etiqueta para muestra de Agua

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

Fuente: ANA y DGCRH (2016)

Anexo N° 3. Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua:

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

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero:
(Código Pfaffstätter)

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

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

Descripción:
(Origen/Ubicación)

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

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

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

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

UBICACIÓN

Distrito: Provincia: Departamento:

Localidad:

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

Norte/Latitud: Zona: (17, 18 o 19; para UTM solamente)

Este/Longitud: Altitud: (metros sobre el nivel del mar)



Elaborado por Cañari Porras, Angiely
León Lopez, Karoll

Fecha 18/07/2022

Fuente: ANA y DGCRH (2016)

Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:

(Categorizado de acuerdo a la R.J. N°202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero:
(Código Pfaffstätter)

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

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

Descripción:
(Origen/Ubicación)

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

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

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

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

UBICACIÓN

Distrito: Provincia: Departamento:

Localidad:

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: Proyección UTM Geográficas
Norte/Latitud: Zona: (17, 18 o 19; para UTM solamente)
Este/Longitud: Altitud: (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de Ubicación del Punto de Monitoreo (referencia)



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



Elaborado por Cañari Porras, Angely
León Lopez, Karoll

Fecha 18/07/2022

Fuente: ANA y DGCRH (2016)

Anexo N° 4. Cadena de Custodia

Cadena de Custodia					
Código Numero de Custodia:	01	Solicitante:	Cañari Porras Angieley sherey León López Karoll Nicolle	DNI: 70972629 - 72191512	Firma: _____
Institución:	Universidad Privada del Norte	Dirección:	Av. Alfredo Menduola 6062, Los Olivos 15306	Provincia: Lima	Dpto: Lima
Teléfono:	-	Responsable del muestreo:	Cañari Porras Angieley sherey León López Karoll Nicolle	Distrito: Los Olivos	Urgencia: Alta

Código DILAB (1)	Código de campo	Fecha de Muestreo	Hora de muestreo	Tipo de muestra (2)	N° de envases por punto de muestreo			Preservación					Parámetros Físico - Químicos (4)										Parámetros Biológicos (4)			Observaciones				
								HCL	H2SO4	HNO3	NaOH	Otro:	SST	STD	DBO 5	DQO	Turbidez	Conductividad Eléctrica	pH	Aceites y grasas (MEH)	Metales totales (corrida)	Nitratos	Nitritos	Fosfatos	Fenoles		Sulfuros	Fluoruros	Coli. termotolerantes	Coliformes totales
					P (3)	V (3)	E (3)																							
LAB-BIOL0	Ghuay 1	18/07/22	01:14 pm	AS	X							X			X	X														muestras refrigeradas a temperatura ambiente.
LAB-BIOL0	Ghuay 2	18/07/22	02:12 pm	AS	X							X			X	X														muestras refrigeradas a temperatura ambiente.

(1) Campo exclusivo para el laboratorio

(2) AS (Agua Superficial); AM (Agua de Mar); AR (Agua Residual); BV (Blanco/Viajero); BC (Blanco de Campo); BE (Blanco de Equipo); SE (Sedimentos); LD (Lodos); SU (Suelos)

(3) P. Plástico; V. Vidrio; E. Estéril

(4) Ver lista de parámetros del Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua" y otros que se requiera para investigación.

Fuente: ANA y DGCRH (2016)

Anexo N° 5. Ficha de Recolección de Datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS									
Encargado de Laboratorio							Laboratorio		
Encargado de Muestreo							Lugar / Fecha / Hora		
Lineamientos									
Tipo de Coagulante	Dosis de Coagulante (mg/L)	Parámetros Físico - Químicos							
		pH		Turbidez (NTU)		Conductividad Eléctrica (µS/cm)		Sólidos disueltos totales (mg/L)	

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
Encargado de Laboratorio		Laboratorio		
Encargado de Muestreo		Lugar / Fecha / Hora		
Lineamientos				
Mejor Coagulante Natural	Parámetros Físico - Químicos	Dosis de Coagulante (mg/L)	pH 5	pH 8
			Final	Final

Anexo N° 6. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Fuente: MINAM (2017)

14		NORMAS LEGALES			Miércoles 7 de junio de 2017 /  El Peruano
Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3	
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	
Níquel	mg/L	0,07	**	**	
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05	
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	
Zinc	mg/L	3	5	5	
ORGÁNICOS					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₉ - C ₂₉)	mg/L	0,01	0,2	1,0	
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0	
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**	
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**	
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**	
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**	
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES					
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**	
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**	
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**	
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**	
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**	
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**	
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**	
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**	
BTEX					
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**	
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**	
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**	
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**	
Hidrocarburos Aromáticos					
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**	
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	
Organofosforados					
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**	
Organoclorados					
Aldrín + Dieldrín	mg/L	0,00003	0,00003	**	
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**	
Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**	
Endrín	mg/L	0,0006	0,0006	**	
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**	
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**	
Carbamato					
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**	
II. CIANOTOXINAS					
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**	
III. BIFENILOS POLICLORADOS					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**	
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS					
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000	
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**	
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**	
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶	

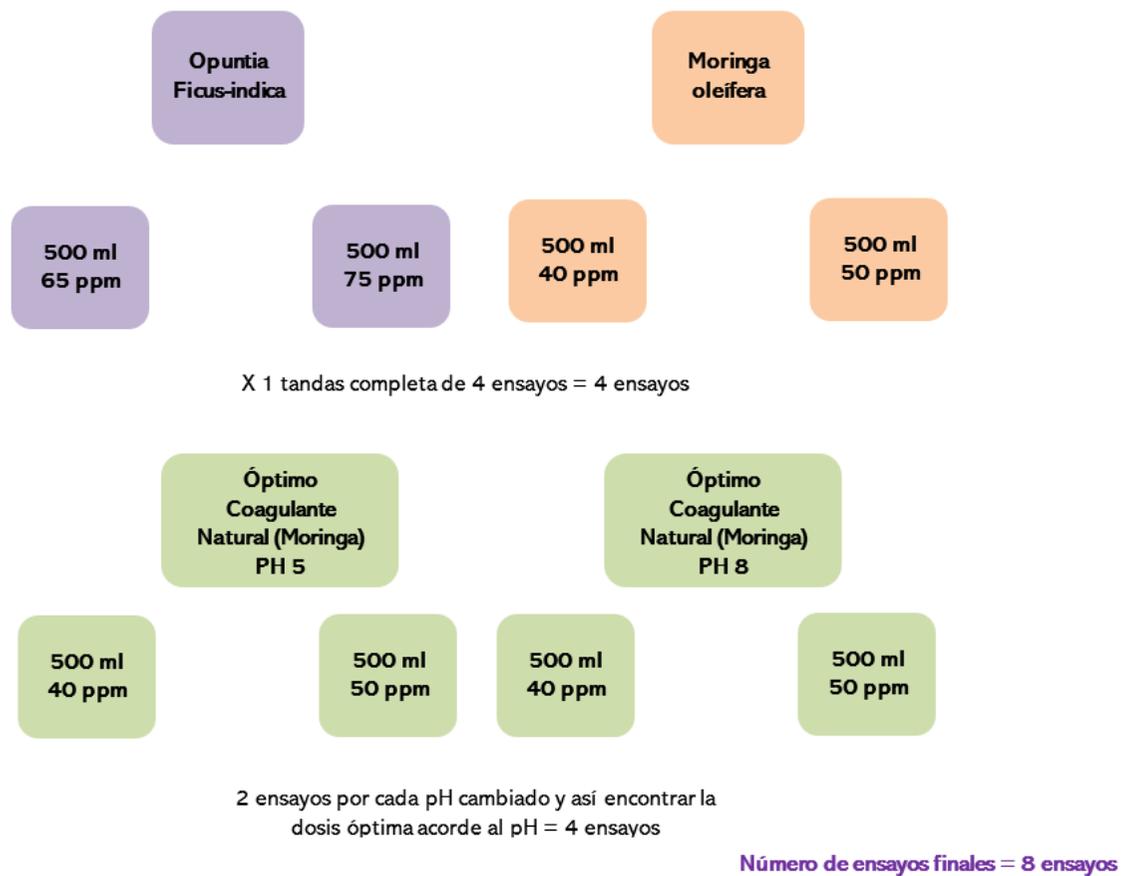
(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

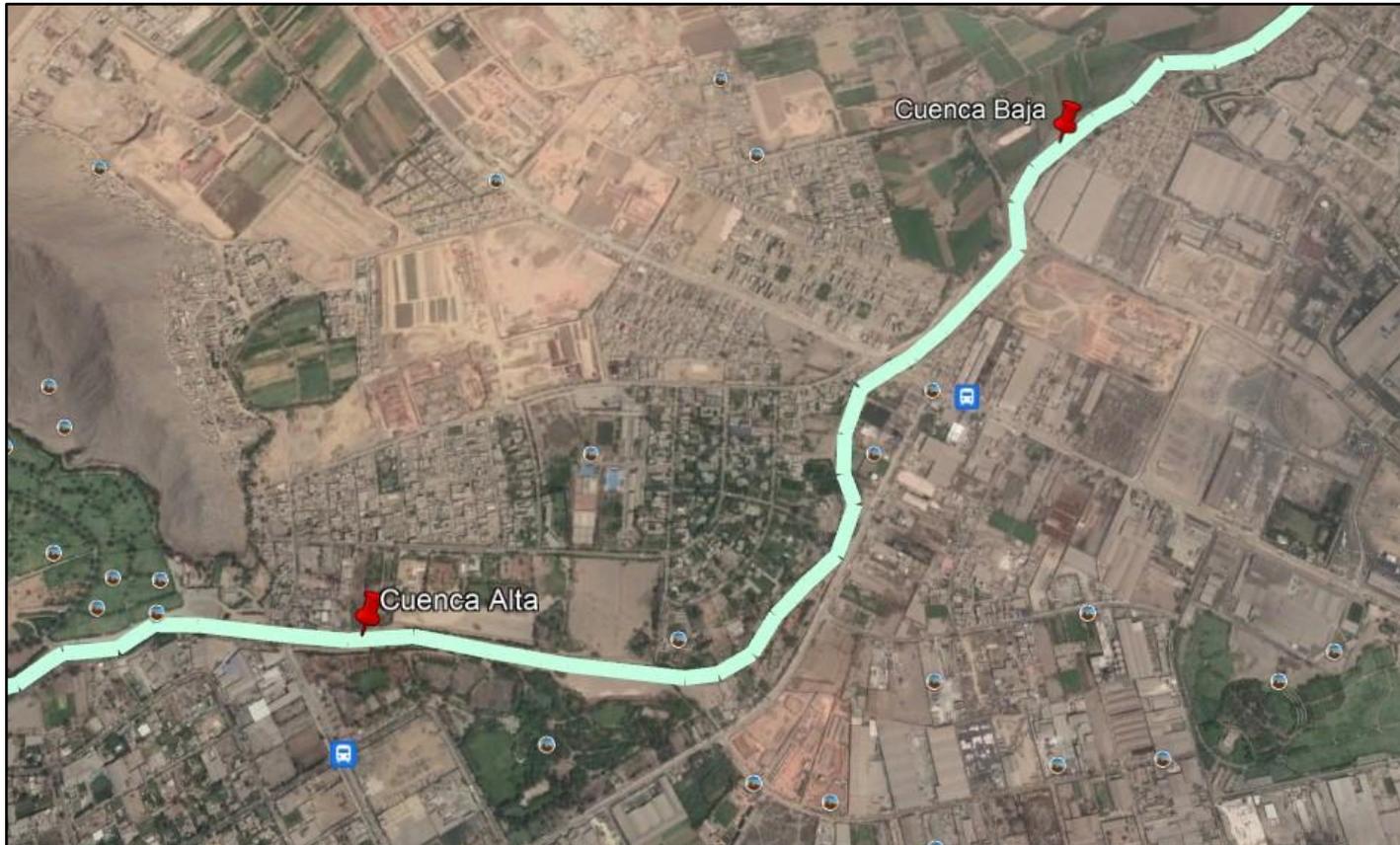
(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃-).

Fuente: MINAM (2017)

Anexo N° 7. Diseño de Investigación



Anexo N° 8. Georreferenciación de los puntos de monitoreo



Fuente: Google Earth Pro (2022)

Anexo N° 9. Evidencias fotográficas referentes a la investigación



Se observa desde una vista superior, el lugar de obtención del agua superficial del primer punto de muestreo, ubicado en la Cuenca Alta: Puente Los Laureles-Chosica.



Vista más cercana del primer punto de muestreo (PUNTO A).



Se observa en la imagen en una vista superior, el lugar de obtención de muestra del segundo punto de muestreo ubicado en la Cuenca Baja: Huachipa - Cemento Inka.



Vista más cercana del segundo punto de muestreo (PUNTO B).



Agua superficial recolectada del primer punto de muestreo.



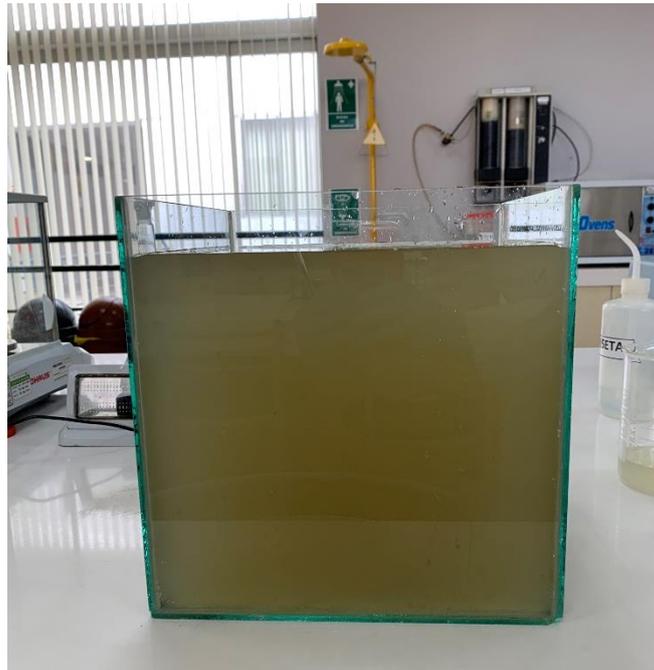
Agua superficial recolectada del segundo punto de muestreo.



En la imagen se observa el método de obtención de la muestra del primer punto, el cual será depositada en bidones de 4 litros que se usarán en el tratamiento de laboratorio.



En la imagen se observa la muestra recolectada del segundo punto que se usarán para el posterior tratamiento en laboratorio.



En la imagen se observa la muestra homogenizada de ambos puntos de muestreo, el cual será tomado en cuenta como prueba control, en donde se analizarán los parámetros iniciales antes del tratamiento.



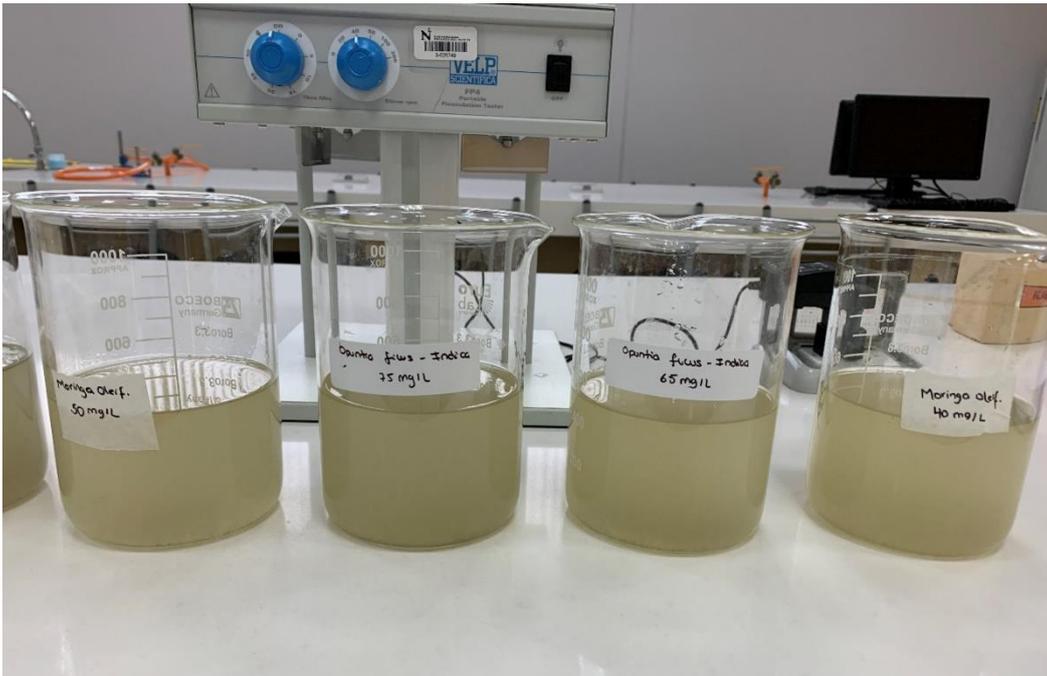
En la imagen se observan las dosis consideradas en la presente investigación, siendo 40mg/L y 50 mg/L para el coagulante natural *moringa oleifera* y 65 mg/L y 75 mg/L para la *opuntia ficus-indica*.



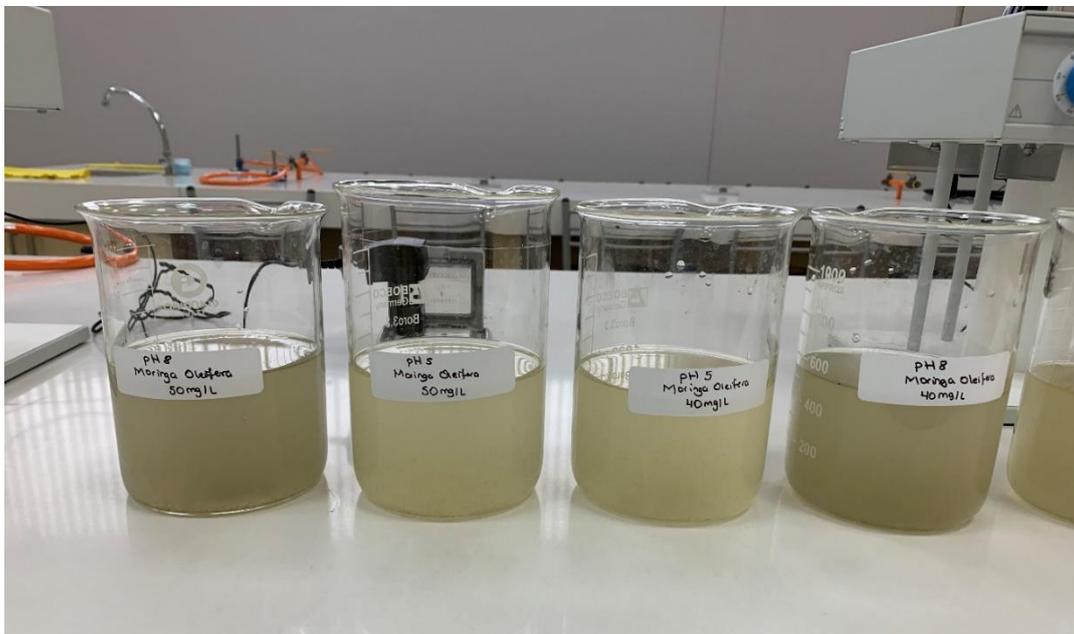
En la imagen se aprecia a los coagulantes naturales *opuntia ficus-indica* y *moringa oleifera* teniendo interacción con el agua de la Quebrada Huaycoloro mediante la prueba de Jarras.



En la imagen se observa la prueba de jarras para el pH modificado (5 y 8) del mejor coagulante *moringa oleifera*.



En la imagen se observan los resultados postratamiento del Test de Jarras para la determinación del mejor coagulante.



En la imagen se visualiza los resultados postratamiento de Test de Jarras del mejor coagulante *moringa oleifera* en la variación del parámetro de pH.



En la imagen se aprecia el proceso de filtración para la medición de los parámetros finales tanto para los coagulantes naturales y del mejor coagulante en su variación de pH.



En la imagen se visualizan a los miembros del equipo de investigación Angiely Cañari y Karoll Leon acompañadas del mentor y coordinador de laboratorio Denis Gabriel.



En la imagen se observa a el equipo de multiparámetro usado en la presente investigación.



En la imagen se visualiza a la prueba de jarras implementado en la obtención de los porcentajes de reducción de los coagulantes naturales.

Anexo N° 10. Certificados de Calibración

 <p>OMEGA PERU S.A. OPEXA Experiencia y Calidad a su Servicio</p>		ST-FR-01 / V01 Vigencia: 29.05.2013	
		N°	5036
INFORME DE MANTENIMIENTO			
TIPO DE TRABAJO - MANTENIMIENTO POR GARANTIA - MANTENIMIENTO POR O/S - VISITAS PARA EVALUACION DE EQUIPOS		FECHA 16/03/2022 N° O/S PER03-0000076637	
CLIENTE UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C. AREA Los Olivos REFERENCIA Proforma N° 22-123 TELEF. _____ FAX: _____			
EQUIPO:			
CANT	DESCRIPCION	MARCA	MODELO
01	TURBIDIMETRO	HACH CO.	2100Q
			N° SERIE 17090C061469
TRABAJOS REALIZADOS:			
- Desmontaje integral del equipo.			
- Limpieza y remoción de impregnados.			
- Revisión y mantenimiento tarjeta Electrónica de Control.			
- Mantenimiento del sistema óptico.			
- Revisión y mediciones en el sistema electrónico.			
- Ensamblaje final.			
- Pruebas de funcionamiento.			
- Ajuste con soluciones estándares de Formazina STABLCAL			
- Calibración Metrológica según Procedimiento PC-OMEGA-004.			
DOCUMENTOS A PRESENTAR:			
- Certificado de Calibración.			

OBSERVACIONES:			
CONDICIONES EN QUE QUEDAN LOS EQUIPOS:			
<input checked="" type="checkbox"/>		En buen estado de funcionamiento	
<input type="checkbox"/>		En las mismas condiciones previas a su evaluación.	
<input type="checkbox"/>		Otros: _____	
EM: RVA			
OMEGA PERU S.A  ----- Ing. Roque Veliz Acosta Ing. Junior - Servicio Técnico			
<hr/> Av. Oscar R. Benavides N° 1593-A Urb. Chacra Rios Norte Lima – Lima – Lima Telfs.: 336-6523 • 657-6206 • 657-6207 omega@omegaperu.com.pe			

OMEGA PERU S.A.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

0066-OP.M-2022

ÁREA DE METROLOGÍA

Solicitante : UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
Dirección : Av. Alfredo Mendiola N° 6062 - Los Olivos
Expediente : 28408
Referencia : O/S N° PER03-0000076637
Instrumento de Medición : TURBIDÍMETRO
 Alcance de Indicación : 0 NTU a 9,99 NTU / 10,0 NTU a 99,9 NTU / 100 NTU a 1 000 NTU (*)
 Resolución : 0,01 NTU / 0,1 NTU / 1 NTU
 Marca : Hach Co.
 Modelo : 2100Q
 Serie : 17090C061469
 Procedencia : U.S.A

Método de Calibración

La calibración se ha realizado siguiendo el procedimiento PC-OMEGA-004 para la Calibración de Turbidímetro

Fecha de Calibración : 16/03/2022

Lugar de Calibración : LABORATORIO DE METROLOGÍA - OMEGA PERÚ S.A.

Condiciones Ambientales

Temperatura	27 °C
Humedad Relativa	66 %
Presión Atmosférica	1001 mbar

Patrones de Referencia

Estándar Formacina Marca HACH Stabcal (**)	N° de Lote
N° de Catálogo 26848-01 Solución 20 NTU o FTU	A1098
N° de Catálogo 26849-01 Solución 100 NTU o FTU	A1099
N° de Catálogo 26605-01 Solución 800 NTU o FTU	A1083

Resultados

Indicación (NTU)	Valor de referencia (NTU)	Corrección (NTU)	Incertidumbre (NTU)
20.3	20.3	0.0	0.16
102	102.0	0.0	0.92
807	810.0	3.0	7.66

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la Medición". Generalmente el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Observaciones

- Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

- Con fines de identificación de la condición de calibrado se ha colocado una etiqueta autoadhesiva

(*) Indicado en el manual de instrucciones del fabricante

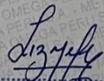
(**) La formacina es aceptado como estándar primario por The United States Environmental Protection Agency (USEPA)

- Los resultados corresponden al promedio de 3 mediciones

Fecha de Emisión: 16/03/2022

Responsable del Área de Metrología

Realizado por:


LIZ NOLBERTO GAONA
 Técnica Metrologa
 Servicio Técnico
 OMEGA PERU S.A.


 Ing. FELIX CAMARENA F.
 CIP 088393
 Jefe de Servicio Técnico
 OMEGA PERU S.A.

HC-OP.M-004

Pág 1 / 1

 <p>OMEGA PERU S.A. OPESA Experiencia y Calidad a su Servicio</p>	<p>ST-FR-01 / V01 Vigencia: 29.05.2013</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">N°</td> <td style="text-align: center;">5037</td> </tr> </table>	N°	5037														
N°	5037																
INFORME DE MANTENIMIENTO																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">TIPO DE TRABAJO</td> </tr> <tr> <td>- MANTENIMIENTO POR GARANTIA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- MANTENIMIENTO POR O/S</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>- VISITAS PARA EVALUACION DE EQUIPOS</td> <td></td> </tr> </table>	TIPO DE TRABAJO		- MANTENIMIENTO POR GARANTIA		- MANTENIMIENTO POR O/S	X	- VISITAS PARA EVALUACION DE EQUIPOS		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>FECHA</td> <td style="text-align: center;">17/03/2022</td> </tr> <tr> <td>N° O/S</td> <td style="text-align: center;">PER03-0000076637</td> </tr> </table>	FECHA	17/03/2022	N° O/S	PER03-0000076637				
TIPO DE TRABAJO																	
- MANTENIMIENTO POR GARANTIA																	
- MANTENIMIENTO POR O/S	X																
- VISITAS PARA EVALUACION DE EQUIPOS																	
FECHA	17/03/2022																
N° O/S	PER03-0000076637																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>CLIENTE</td> <td colspan="3">UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.</td> </tr> <tr> <td>AREA</td> <td colspan="3">Los Olivos</td> </tr> <tr> <td>REFERENCIA</td> <td colspan="3">Proforma N° 22-123</td> </tr> <tr> <td>TELEF.</td> <td></td> <td>FAX:</td> <td></td> </tr> </table>		CLIENTE	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.			AREA	Los Olivos			REFERENCIA	Proforma N° 22-123			TELEF.		FAX:	
CLIENTE	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.																
AREA	Los Olivos																
REFERENCIA	Proforma N° 22-123																
TELEF.		FAX:															
EQUIPO:																	
CANT	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	N° SERIE													
01	MEDIDOR MULTIPARAMETRO	HACH CO.	HQ40d	170500002275													
TRABAJOS REALIZADOS:																	
<ul style="list-style-type: none"> - Desmontaje integral del equipo. - Limpieza y remoción de impregnados. - Revisión y mediciones en el sistema electrónico. - Mantenimiento de Sensores de pH y Conductividad. - Ensamblaje final. - Pruebas de funcionamiento. - Calibración Metrológica pH - Procedimiento PC-OMEGA-001. - Calibración Metrológica Conduct - Procedimiento PC-OMEGA-002. 																	
DOCUMENTOS A PRESENTAR:																	
<ul style="list-style-type: none"> - Constancia ajuste Calibración en pH y Conductividad. 																	
OBSERVACIONES:																	
<p>El Electrodo de pH presenta indicios de desgaste pero con lecturas dentro del rango permitido. Tener en cuenta que podría presentar fallas en un tiempo no predecible y al ser un consumible y tener Año de Fabricación 2017 es recomendable adquirir un electrodo nuevo de reemplazo.</p>																	
CONDICIONES EN QUE QUEDA EL EQUIPO:																	
<input checked="" type="checkbox"/> En buen estado de funcionamiento																	
<input type="checkbox"/> En las mismas condiciones previas a su evaluación.																	
<input type="checkbox"/> Otros: _____																	
EM: RVA																	
<p>OMEGA PERU S.A  Ing. Roque Veliz Acosta Ing. Junior - Servicio Técnico</p>																	
<p>Av. Oscar R. Benavides N° 1593-A Urb. Chacra Rios Norte Lima – Lima – Lima Telfs.: 336-6523 • 657-6206 • 657-6207 omega@omegaperu.com.pe</p>																	

OMEGA PERU S.A.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

0069-OP.M-2022

ÁREA DE METROLOGÍA

Solicitante : UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
Dirección : Av. Alfredo mendiola N° 6062 - Los Olivos
Expediente : 28408
Referencia : O/S N° PER03-0000076637
Instrumento de Medición : MEDIDOR MULTIPARAMETRO (EN PARÁMETRO DE PH)
Alcance de Indicación : 0,00 a 14,00 pH (*)(**)
Resolución : 0,001 / 0,01 / 0,1 pH (*)(**)
Marca : Hach Co.
Modelo : HQ40d
Serie : 170500002275
Procedencia : U.S.A.
Modelo del Electrodo : PHC10101
Serie del Electrodo : 171542568010

Método de Calibración

La calibración se ha realizado siguiendo el procedimiento PC-OMEGA-001 para la Calibración de pHmetros Digitales

Fecha de Calibración : 17/03/2022
Lugar de Calibración : LABORATORIO DE METROLOGÍA - OMEGA PERÚ S.A.

Condiciones Ambientales

Temperatura	26 °C
Humedad Relativa	70 %
Presión Atmosférica	1001 mbar

Patrones de Referencia

Los resultados obtenidos tienen trazabilidad a la NIST / IUPAC	Certificado de Calibración / N° de Lote
Termómetro Digital - Cole Parmer - Model 90205-01	LT-0345-2021
Material de Referencia Certificado Marca Radiometer pH 4,005 @ 25 °C	1595-D-K-15184-01-00 2021-03 / C02819
Material de Referencia Certificado Marca Radiometer pH 7,000 @ 25 °C	1596-D-K-15184-01-00 2021-03 / C02820
Material de Referencia Certificado Marca Radiometer pH 10,012 @ 25 °C	1594-D-K-15184-01-00 2021-03 / C02818

Resultados

Indicación (pH)	Valor de referencia (pH)	Corrección (pH)	Incertidumbre (pH)
3.98	4.006	0.026	0.015
7.04	6.996	-0.044	0.015
10.04	10.000	-0.040	0.015

Nota: Los resultados están dados a la temperatura de referencia de 26.2 °C

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Observaciones

- Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

- Con fines de identificación de condición de calibrado se ha colocado una etiqueta autoadhesiva

(*) Indicado en el manual de instrucciones del fabricante

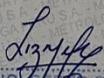
(**) Unidades de pH

-Los resultados corresponden al promedio de 3 mediciones

Fecha de Emisión 17/03/2022

Responsable del Área de Metrología

Realizado por:


 LIZ NOELLE GAONA
 Técnica Metrologa
 Servicio Técnico
 OMEGA PERU S.A.


 Ing. FELIX CAMARENA F.
 CIP 088393
 Jefe de Servicio Técnico
 OMEGA PERU S.A.

HC-OP.M-001

Pág 1 / 1

Anexo N° 11. Matriz de validación de expertos

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		MATRIZ PARA VALIDACIÓN DE EXPERTOS		
Título de la Investigación:		"REDUCCIÓN DE TURBIDEZ MEDIANTE LOS COAGULANTES NATURALES <i>Moringa Oleifera</i> y <i>Opuntia ficus-indica</i> EN AGUAS SUPERFICIALES DE LA QUEBRADA HUAYCOLORO, 2022"		
Línea de Investigación:		Desarrollo sostenible y Gestión empresarial		
Apellidos y nombres del experto:		BENITES ZELAYA ANDERSON ALEJANDRO		
El instrumento de medición pertenece a la variable:		Ficha de registro		
<p>Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "X" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.</p>				
Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tiene un sentido coherente y no están segadas?	X		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
8	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
9	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
<p>Sugerencias: Especificar el porqué de la gradiente de 10 ppm en las dosis de pruebas de los coagulantes de <i>Moringa Oleifera</i> y <i>Opuntia Ficus Indica</i>.</p>				
Firma del Experto:		 ANDERSON ALEJANDRO BENITES ZELAYA INGENIERO QUIMICO Reg. CIP N° 170711		

MATRIZ PARA VALIDACIÓN DE EXPERTOS

Título de la Investigación:	"REDUCCIÓN DE TURBIDEZ MEDIANTE LOS COAGULANTES NATURALES Moringa Oleifera y Opuntia ficus-indica EN AGUAS SUPERFICIALES DE LA QUEBRADA HUAYCOLORO, 2022"
Línea de investigación:	Desarrollo sostenible y Gestión empresarial
Apellidos y nombres del experto:	Ing Mg L. Fernando Contreras Blanco
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Ficha de registro

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "X" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?		X	Hay que incluir en la matriz de consistencia al Opuntia ficus, por que está en el título
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?		X	Incluir la variable del Opuntia en la redacción
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		Si, pero considerar lo mencionado
6	¿La redacción de las preguntas tiene un sentido coherente y no están segadas?	X		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
8	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
9	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		Si, pero considerar lo mencionado, además en el Anexo 5

Sugerencias: El estudio es en base a 2 especies, por lo que se debe incluir en la matriz de consistencia y en los demás instrumentos

Firma del Experto:



Ing Mg L. Fernando Contreras Blanco

MATRIZ PARA VALIDACIÓN DE EXPERTOS

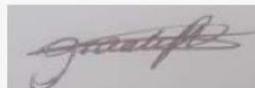
Título de la Investigación:	"REDUCCIÓN DE TURBIDEZ MEDIANTE LOS COAGULANTES NATURALES Moringa Oleífera y Opuntia ficus-indica EN AGUAS SUPERFICIALES DE LA QUEBRADA HUAYCOLORO, 2022"
Línea de investigación:	Desarrollo sostenible y Gestión empresarial
Apellidos y nombres del experto:	Graciela Marbetty Porras Lopez
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Ficha de registro

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "X" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		Cambiar el año / debido a la coyuntura
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tiene un sentido coherente y no están segadas?		X	Enviar en pdf todo esta descentrado
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
8	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
9	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias: Mejorar la calidad de las imágenes / Anexo N° 5. Ficha de Recolección de Datos colocar la fuente

Firma del Experto:



Graciela Marbetty Porras Lopez