

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

---

**"Comparación de la capacidad coagulante de sábila (aloe vera) y nopal/tuna (opuntia ficus-indica) para la remoción de turbidez en aguas crudas"**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
AMBIENTAL

AUTORA: Campos Firma, Maylee Katzumit

ASESOR: Zacarias Ventura, Héctor Raúl

HUÁNUCO – PERÚ

2024

# U

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

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

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Contaminación ambiental

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería ambiental

**Disciplina:** Ingeniería ambiental y geológica

**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

# D

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 75137517

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22515329

Grado/Título: Doctor en ciencias de la educación

Código ORCID: 0000-0002-7210-5675

**DATOS DE LOS JURADOS:**

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Valdivia Martel, Perfecta Sofía	Maestro en Ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714
3	Cajahuanca Torres, Raul	Maestro en gestión pública	22511841	0000-0002-5671-1907

# H



# UNIVERSIDAD DE HUANUCO

## Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día 20 del mes de febrero del año 2024, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Secretario)
- Mg. Raul Cajahuanca Torres (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 0263-2024-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: "**COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD COAGULANTE DE SÁBILA (*Aloe vera*) Y NOPAL/TUNA (*Opuntia ficus-indica*) PARA LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ EN AGUAS CRUDAS**", presentado por el (la) Bach. **CAMPOS FIRMA, MAYLEE KATZUMIT**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) A. PROBADA..... Por UNANIMIDAD..... con el calificativo cuantitativo de 15..... y cualitativo de BUENO..... (Art. 47)

Siendo las 16:10 horas del día 20..... del mes de Febrero..... del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

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

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

Mg. Raul Cajahuanca Torres  
DNI: 22511841  
ORCID: 0000-0002-5671-1907  
Vocal



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **HÉCTOR RAÚL ZACARIAS VENTURA**, asesor del P.A. de Ingeniería Ambiental y designado mediante documento: RESOLUCIÓN RN 1009-2023-D-FI-UDH del Bach. **Maylee Katzumit CAMPOS FIRMA** de la investigación titulada “COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD COAGULANTE DE SÁBILA (Aloe vera) Y NOPAL/TUNA (Opuntia ficus-indica) PARA LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ EN AGUAS CRUDAS.”

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 16% verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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

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

Huánuco, 28 de febrero de 2024.

ZACARIAS VENTURA, Héctor Raúl  
DNI N° 22515329  
Código ORCID: 0000-0002-7210-5675

# Revisión de Informe Final - Mayleé Campos

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

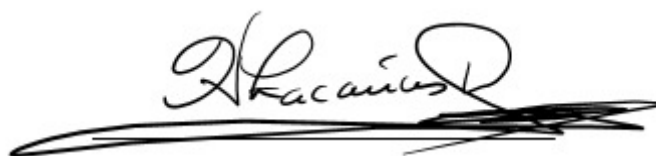
9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="https://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="https://distancia.udh.edu.pe">distancia.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://investigacion.cloududh.com">investigacion.cloududh.com</a> Fuente de Internet	<1%

Código ORCID: 0000-0002-7210-5675



ZACARIAS VENTURA, Héctor Raúl

DNI N° 22515329

Código ORCID: 0000-0002-7210-5675

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a Dios por guiarme por el camino correcto, a mis padres Hugo Campos Mauricio y Maria Firma Alvarado por su apoyo incondicional, por confiar en mí y darme los recursos necesarios en todos estos años de formación profesional.

A mis hermanos Diana, Franco y Thalía por sus consejos, por su apoyo y por darme la fuerza de seguir adelante para culminar con esta etapa, y lograr ser un buen profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradezco a Dios por guiarme en todo este camino, para realizar mi proyecto de investigación, gracias a él gozo de buena salud para seguir avanzando y creciendo como profesional.

Agradezco a la Universidad de Huánuco por formarme en ella, brindándome conocimientos para ser un buen profesional, a mis docentes por la paciencia en cada clase de brindar conocimientos técnicos y experiencia en la Ingeniería Ambiental.

Agradezco al Ing. Héctor Zacarías Ventura por la exigencia en este proyecto de investigación, su conocimiento y consejos para la elaboración de este trabajo de investigación.

A mis padres y hermanos por darme su apoyo incondicional, por confiar en mí, y estar conmigo todos estos años de mi formación profesional.

A mi mascota Pimpom por acompañarme cada día, en cada trabajo, por su compañía y su fidelidad.

Finalmente, a mis colegas por el tiempo e información compartida durante estos años.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	X
CAPÍTULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	17
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	19
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES .....	21
2.2. BASES TEÓRICAS.....	23
2.2.1. CAPACIDAD COAGULANTE DE LA SÁBILA (ALOE VERA) Y NOPAL/TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA) .....	23
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	45
2.4. HIPÓTESIS .....	47
2.5. VARIABLES .....	47



2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN .....	47
2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA .....	47
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	48
CAPÍTULO III .....	49
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION .....	49
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	49
3.1.1. ENFOQUE .....	49
3.1.2. ALCANCE O NIVEL .....	49
3.1.3. DISEÑO .....	49
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	50
3.2.1. POBLACION .....	50
3.2.2. MUESTRA .....	50
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. 51	
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	51
3.3.2. PARA LA PRESTACIÓN DE DATOS .....	54
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	54
CAPÍTULO IV.....	55
RESULTADOS.....	55
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS .....	55
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ..	60
CAPÍTULO V.....	62
DISCUSION DE RESULTADOS.....	62
CONCLUSIONES .....	65
RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	67
ANEXOS.....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables.....	48
Tabla 2 Para la recolección de datos.....	51
Tabla 3 Resultados de la remoción de turbidez en aguas crudas evaluada con la capacidad coagulante de la tuna, Huánuco, 2023.....	55
Tabla 4 Resultados de la remoción de turbidez en aguas crudas evaluada con la capacidad coagulante de la sábila (áloe vera), Huánuco, 2023 .....	56
Tabla 5 Resultados de la variación del pH en aguas crudas luego de aplicación de coagulante de la tuna, Huánuco, 2023.....	57
Tabla 6 Resultados de la variación del pH en aguas crudas luego de aplicación de coagulante de la sábila, Huánuco, 2023 .....	58
Tabla 7 Comparación de las diferencias descriptivas de la variación de la remoción de turbidez en aguas crudas luego de aplicación del coagulante de la tuna y la sábila, Huánuco, 2023 .....	59
Tabla 8 Prueba de normalidad de los datos .....	60
Tabla 9 Prueba t para muestras independientes .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Agua en el mundo.....	35
Figura 2 Agua dulce.....	40
Figura 3 Resultados de la remoción de turbidez en aguas crudas evaluada con la capacidad coagulante de la tuna, Huánuco, 2023.....	55
Figura 4 Resultados de la remoción de turbidez en aguas crudas evaluada con la capacidad coagulante de la sábila (áloe vera), Huánuco, 2023 .....	56
Figura 5 Resultados de la variación del pH en aguas crudas luego de aplicación de coagulante de la tuna, Huánuco, 2023.....	57
Figura 6 Resultados de la variación del pH en aguas crudas luego de aplicación de coagulante de la sábila, Huánuco, 2023 .....	58
Figura 7 Comparación de los resultados de la variación de la remoción de turbidez en aguas crudas luego de aplicación del coagulante de la tuna y la sábila, Huánuco, 2023 .....	59

## RESUMEN

La presente tesis que lleva como título: “COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD COAGULANTE DEL SÁBILA (Aloe vera) Y NOPAL/TUNA (Opuntia ficus-indica) PARA LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ EN AGUAS CRUDAS.” tuvo como objetivo comparar la capacidad coagulante de la sábila (Aloe vera) y nopal/tuna (Opuntia ficus-indica) para la remoción de turbidez en aguas crudas. Se trata de un estudio prospectivo, analítico, con intervención y longitudinal. La población de estudio estuvo constituida por aguas crudas de un canal de riego, del cual captan agua los pobladores para su consumo. Se realizó con la metodología experimental, donde la variable evaluativa tuvo la intervención de las variables de calibración, éstas fueron manipuladas en el laboratorio de la Universidad de Huánuco, de forma experimental para la obtención de resultados. Como resultado, se determinó que existe una diferencia en la capacidad coagulante entre la sábila y la tuna, para la remoción de turbidez en aguas crudas., la capacidad coagulante que tuvo la sábila fue de un 74.52 % y de la tuna fue de un 80.25% usando el tratamiento de coagulación y sedimentación. siendo suficiente para llegar a lo establecido por DS N° 031-2010-SA. Como conclusión se determinó que existe diferencia en la remoción de turbidez al emplear sábila y tuna, la tuna tiene mayor efectividad, usando el tratamiento de coagulación y sedimentación.

**Palabras claves:** capacidad coagulante, sedimentación, sábila, tuna.

## ABSTRACT

This thesis is titled: "COMPARISON OF THE COAGULANT CAPACITY OF ALOE VERA (Aloe vera) AND PACTUS PACTUS (Opuntia ficus-indica) FOR THE REMOVAL OF TURBIDITY IN RAW WATERS." The objective was to compare the coagulant capacity of aloe vera (Aloe vera) and cactus pear cactus (Opuntia ficus-indica) for the removal of turbidity in raw water. This is a prospective, analytical, interventional and longitudinal study. The study population consisted of raw water from an irrigation canal, from which residents collect water for consumption. It was carried out with the experimental methodology, where the evaluative variable had the intervention of the calibration variables, they were manipulated in the laboratory of the University of Huánuco, experimentally to obtain results. As a result, it was determined that there is a difference in the coagulant capacity between aloe vera and prickly pear, for the removal of turbidity in raw waters. The coagulant capacity of aloe vera was 74.52% and of prickly pear was 80.25%. % using coagulation and sedimentation treatment. being sufficient to reach what is established by DS N° 031-2010-SA. In conclusion, it was determined that there is a difference in the removal of turbidity when using aloe vera and prickly pear, prickly pear has greater effectiveness, using the coagulation and sedimentation treatment.

**Keywords:** coagulant capacity, sedimentation, aloe vera, prickly pear.

## INTRODUCCIÓN

Una problemática medio ambiental en los últimos años es la escasez de fuentes hídricas aptas para el consumo humano, debido a la sobrepoblación y contaminación de este recurso. En la actualidad, una parte de la población mundial consume agua de mala calidad, debido a que estas comunidades no tienen acceso a los coagulantes sintéticos que son necesarios para su potabilización.

El problema de la seguridad sanitaria del agua, puesto que el uso doméstico de aguas no aptas para el consumo humano pueden causar daños graves a la salud, enfermedades como el cólera, enfermedades gastrointestinales, problemas de parasitosis graves y riesgo de mortalidad, impactando negativamente a la población consumidora.

Las fuentes de agua destinadas al consumo humano son limitadas y a menudo no se les da la debida importancia. Se han llevado a cabo esfuerzos para mejorar la eficiencia del tratamiento del agua con el objetivo de purificarla. Aunque este recurso es vital, diversos factores socioeconómicos y geográficos complican su extracción y tratamiento. En la actualidad, muchas regiones habitadas en todo el mundo consumen agua de baja calidad o incluso sin tratar debido a la falta de coagulantes sintéticos esenciales para la potabilización del agua. En respuesta a esta situación, han surgido tecnologías alternativas más económicas y respetuosas con el medio ambiente, pero presentan limitaciones en su aplicación. (Martínez y Gonzales, 2012).

Existen floculantes comerciales como el sulfato de aluminio, que son conocidos y usados a nivel mundial, en nuestro país y todos sus departamentos, dado que tiene una alta eficiencia en el proceso de la remoción de floculantes, esto hace a que su precio en el mercado sea alto. Ante la escasez de fuentes de agua potable, se exploran soluciones sostenibles para su tratamiento.

La ineficacia en el tratamiento de aguas para su depuración se puede notar en algunas zonas agrícolas y ganaderas como lo es el centro poblado

de Matibamba distrito de Amarilis – Huánuco donde el recurso del agua proviene de canales de riego obteniendo agua turbia para su consumo.

La presente investigación pretende comparar cuál de dos biocoagulantes nopal (*Opuntia ficus-indica*) y la sábila (*Aloe vera*) tiene una mayor capacidad para remover la turbidez en aguas crudas, como una solución sostenible y amigable para tratar el agua de esta zona.

La solución ante este problema es hacer uso de biocoagulantes naturales de mayor efectividad, de fácil acceso y bajo costo, para esta investigación se puso en comparación dos plantas que presenta una característica en común que es el mucilago que ambos generan en su interior, la tuna y la sábila pasaron por un tratamiento de coagulación y sedimentación para la remoción de turbidez de aguas crudas, se demostró que ambos resultan ser efectivos debido a las propiedades que poseen.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los recursos más importante para poder sobrevivir es el agua, tanto para las personas, plantas, animales y el ambiente, frente a la escasez de fuentes hídricas para su consumo se busca alternativas sostenibles para su tratamiento.

Las fuentes hídricas que son de consumo humano, son muy escasas, muchas veces no se le da la suficiente importancia a este recurso, se realizaron intentos para mejorar la eficiencia del tratamiento para que el agua sea purificada. Este recurso es tan esencial, aun así, existen factores tanto socioeconómicos como geográficos que dificulta su extracción y tratamiento. En el presente muchas zonas pobladas en el mundo consumen un agua de baja calidad o incluso sin ser tratada. Estos casos se dan porque estas zonas no cuentan con coagulantes sintéticos que son imprescindibles a la hora de potabilizar el agua. Ante esta situación surgieron tecnologías alternativas que son de menor costo y amigables con el medio ambiente, estas tienen limitaciones al momento de ser aplicadas. (Martínez, Gonzales 2012).

La forma molecular de un agua impecable no existe en el ambiente, ya que puede contener sustancias que están en suspensión en relación al tamaño del material que contiene. Muchas veces de acuerdo a la impureza que está presente en el agua puede dar un aspecto turbio o de color. La turbiedad, quien va siendo la potencialidad de un cuerpo en estado líquido de dispersar un rayo de luz, puede ser debido a las partículas de arcilla procedente del desplazamiento de suelos, algas o bacterias. El color está conformado por sustancias químicas, muchas veces proviene de la degradación de hojas, tallos u otro tipo de materia orgánica con las cuales entrara en contacto.

La calidad del agua para poder ser consumida lleva consigo diversos problemas relacionados al tratamiento de agua para lograr su purificación,



estos problemas dificultan la inocuidad del recurso hídrico debido a la insuficiencia de capacitaciones para el personal encargado del proceso, lo que causa un mal manejo de coagulantes químicos y una dosificación errónea, otro problema viene a ser la parte del recurso económico ya que en muchos lugares del mundo no pueden cubrir el coste de tratamiento para la potabilización del agua. (UNICEF, 2014)

La población más afectada y vulnerable son los que se encuentran en zonas rurales que no tienen recursos económicos, y su acceso a la fuente de agua más cercana es dificultosa debido a su geografía, se necesita agentes químicos para la potabilización del agua, resulta ser inconveniente un tratamiento continuo debido a su alto costo, la utilización de agentes químicos tiene alteraciones como la variación del pH, además tiene cambios en el medio ambiente provocando precipitaciones ácidas y el material particulado afectando el recursos hídrico. (Ramírez, Jaramillo 2015).

La problemática de la seguridad sanitaria se da por el uso de aguas domesticas que no están en condición para ser consumidas debido a su calidad, estos son perjudiciales para salud trayendo enfermedades gastrointestinales, parásitos y riesgo de mortalidad, causando un impacto negativo a los consumidores viéndose afectada por los coloides que causan la turbidez, ya que contiene micro algas y agentes biológicos que daña la salud de los pobladores que consumen esta agua sin previo tratamiento. (OMS., 2012)

Existen floculantes comerciales como el sulfato de aluminio, que son conocidos y usados a nivel mundial, en nuestro país y todos sus departamentos, dado que tiene una alta eficiencia en el proceso de la remoción de floculantes, esto hace a que su precio en el mercado sea alto.

La ineficacia en el tratamiento de aguas para su depuración se puede notar en algunas zonas agrícolas y ganaderas como lo es el centro poblado de Matibamba distrito de Amarilis – Huánuco donde el recurso del agua proviene de canales de riego obteniendo agua turbia para su consumo.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la capacidad coagulante de la sábila (*Aloe vera*) y nopal/tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la remoción de turbidez en aguas crudas?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cómo es la remoción de turbidez en aguas crudas intervenida con la capacidad coagulante de la tuna, Huánuco, 2023?
- ¿Cómo es la remoción de turbidez en aguas crudas intervenida con la capacidad coagulante de la sábila, Huánuco, 2023?
- ¿Cómo es la variación del pH en aguas crudas luego de la intervención con el coagulante de la tuna y de la sábila, Huánuco, 2023?
- ¿Cuáles son las diferencias descriptivas de la variación de la remoción de turbidez en aguas crudas luego de aplicación del coagulante de la tuna y la sábila, Huánuco, 2023?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Comparar la capacidad coagulante de la sábila (*Aloe vera*) y nopal/tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la remoción de turbidez en aguas crudas.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir cómo es la remoción de turbidez en aguas crudas intervenida con la capacidad coagulante de la tuna, Huánuco, 2023

- Describir cómo es la remoción de turbidez en aguas crudas intervenida con la capacidad coagulante de la sábila, Huánuco, 2023
- Describir cómo es la variación del pH en aguas crudas luego de la intervención con el coagulante de la tuna y de la sábila, Huánuco, 2023
- Describir las diferencias descriptivas de la variación de la remoción de turbidez en aguas crudas luego de aplicación del coagulante de la tuna y la sábila, Huánuco, 2023

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Huánuco posee una planta potabilizadora, que abastece a un número limitado de habitantes, ya que el servicio tiene costo. Este recurso potable llega a los que se encuentran en ciudad dejando de lado a los habitantes de zonas agrícolas y ganaderas. El centro poblado de Matibamba distrito de Amarilis, es una zona donde no llega el recurso de agua potabilizada, los habitantes de esta zona obtienen el recurso por canales de riego, donde su consumo es de un agua turbia.

La importancia de mi investigación, es comparar cuál de dos biocoagulantes nopal (*Opuntia ficus-indica*) y la sábila (*Aloe vera*) tiene una mayor capacidad para remover la turbidez en aguas crudas, como una solución sostenible y amigable para tratar de agua de esta zona.

#### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

El recojo de muestras de agua para la recolección de datos fue defectuosa debido a las pendientes de la zona. Así mismo, encontrar un laboratorio implementado para la ejecución del proyecto.

La falta de bibliografía es una limitante en el estudio.

## 1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

A nivel mundial los floculantes de sulfato de aluminio son los más vendidos en el mercado para su uso en plantas potabilizadoras, la investigación tiene como fin renovar los métodos convencionales utilizados en el tratamiento con el uso de biocoagulantes que no afectara al medio ambiente ni al ser humano para su consumo. La importancia de la investigación es la comparación de los biocoagulantes nopal/tuna (*Opuntia ficus-indica*) y sábila (*Aloe vera*) para determinar cuál de estos tiene una mayor capacidad para remover la turbiedad en agua crudas como una forma de tratamiento sostenible para el consumo humano.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Espinosa y Zuluaga (2018) en su tesis: Evaluación de la capacidad de dos coagulantes naturales para la remoción de cargas contaminantes en el efluente final de la empresa textil Inruuzz S.A.S con relación al coagulante comercial sulfato de aluminio, Universidad El Bosque tuvo como **objetivo** hacer la evaluación de las capacidades que posee un par de coagulantes de origen natural para remover suprimir los grandes volúmenes de contaminantes que la empresa textilera INRUZZ S.A.S. arroja en el último afluente, en relación al coagulante de tipo mercante  $Al_2(SO_4)_3$ . En la **metodología** se procedió a hacer un análisis de las capacidades que posee para remover contaminantes en una porción de agua a través de un experimento con jarras en un contexto neutro, alcalino y ácido; y comparando así la potencialidad de dichos coagulantes. Se obtuvo de **resultados** que quien tuvo el coagulante con mayor idoneidad de remoción, en un contexto ácido, fue la Moringa, proporcionando los datos siguientes: turbidez de 66,2%, DQO 25,5%, color de 62,5% y de SST el 74.8 %; que eventualmente han sido evaluados con datos de sus capacidades de supresión del  $Al_2(SO_4)_3$  y los valores límites a permitir, para residuales industriales expresados en la resolución 0631 dada el 2015. Dando por **conclusión** que el coagulante natural Moringa Oleífera es con idoneidad de supresión, ciertamente próximo a la expresada por el  $Al_2(SO_4)_3$ , sin embargo, no estaba bajo lo estipulado por valores máximos a permitir.

Villa y Osorio (2020) en la revista sobre: Extracción, propiedades y beneficios de los mucílago, Revista Científica Dominios de las Ciencias tiene como **objetivo** saber sobre las distintas metodologías de extracción y primordiales características y provechos medicinales de

mucilago de las distintas plantas que pudieran ser divididas a través de sus reacciones acidas y de forma neutra. Tuvo como **metodología** al extraer en seco donde se aplicó 5 diferentes procedimientos de formar de extraer, en cada uno se usó mucho calor y se mantuvo firme todos los parámetros, como también lo triturado para las plantas. Tuvo como **resultado** todo tipo de practica de extraer en el lugar en base a cada comparación hecha de cada planta generada en Ecuador, dándose más conveniente el mucilago de cacao, a causa de la producción del mucilago en su patria. Como **conclusión** que casa mucilago al encontrarse con el agua, generara una solución de varias más con mucho nivel de ser viscoso y otros tipos de soluciones que no se adhieren como geles, además que el mucilago posee el poder de absorber no menos de 100 veces el peso que posee en el agua, optimiza su texturización y puede poner estable la emulsión, además mitigar la sinéresis y otros crearan gel.

Bravo (2017) en su tesis: Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, solidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales, Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Tiene por **objetivo** reunir información relacionada a la capacidad de floculación y coagulación de los metales de tipo pesado, DQO, suspensión de sólidos, colorantes y turbiedad que existe en las gua de clase residual a través de aplicar algún extracto salido de una fuente natural. En la **metodología** se reunió y se calificó la información, para fuentes bibliográfica, de 15 diferentes variedades de plantas y 2 variedades de animales, quienes se hallan expuestos en la literatura científica de actividades floculantes y coagulantes y se transforman en sustitutos de los productos de tipo químico como el  $\text{FeCl}_3$  que es cloruro férrico y el  $\text{AL}_2(\text{SO}_4)_3$  que viene a ser el sulfato de aluminio también vistos por ser en el proceso de potabilizar el agua como coagulante de agua. en esta investigación en particular, cada órgano usado de todas las plantas, se deslindaron de los agentes provenientes de los coagulantes activos de mencionadas especies, ya sean carbohidratos, proteínas y tanino únicamente. Con la meta de dar característica todo

tipo de condición buena y práctica para todas las etapas de coagulación y floculación, es importante encontrar reportes de algunos mecanismos de forma química de los fenómenos de los procesos ya mencionados. Obteniendo como **resultados** buenos en el desarrollo de coagulación – floculación; se debe considerar las consecuencias de algún factor como la dosis de coagulante, pH del agua, y concentración de inicio del contaminante. Pero, en determinadas variedades de vegetales, el índice de acides (pH) no varía, altamente, la disposición de coagulación en medida de los coagulantes no orgánicos. Dando por **conclusión** que diferentes análisis evidenciaron la idoneidad de agentes coagulantes - floculantes traídos desde fuentes naturales, presentando niveles, no mucho menos del 90%, de erradicación de agentes contaminantes.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Pinto (2017) en su tesis: Evaluación y comparación de la efectividad del uso de floculantes naturales Aloe vera (sábila) y Opuntia ficus-indica (nopal/tuna) y orgánicos (Ferrocryl® y Chemlok 2040 ®) en el tratamiento de aguas residuales del proceso de teñido de la empresa Franky y Ricky S.A., Universidad Católica de Santa María, tuvo como **objetivo** poner en prueba y realizar la comparación la capacidad que posee un coagulante y floculante del mucilago que se obtiene de la penca del nopal, como también del mucilago obtenido de las hojas de la sábila y así juntar los dos mucilagos, para tratar efluentes de textiles que forma parte de la industria textil de estudio. En la **metodología** se trabajó la relación del mucilago de la tuna con el mucilago obtenido de la sábila, a cada concentración respectivamente de: primero de 100 g / 200 ml, luego de 200 g / 200 ml, continuando con una concentración de 300 g / 200 ml, después de 400 g / 200 ml y finalmente de 500 g / 200 ml. Evaluándose los distintos parámetros tales como el Sólido total, Sólido sedimentable, conductividad, pH, Sólido disuelto y la turbidez, usando distintas herramientas como un turbidímetro, multiparámetro, y tomando en cuenta métodos realizados en anteriores investigaciones a esta. Proporcionándonos **resultados** muy buenos para el procedimiento en

base a él mucilago de peca que tuna, con dosificación de 500 g/200ml de agua ya con destilación de una cantidad de mucilago de 10 mililitros para una muestra de agua con tinta de 150 mililitros. **Concluyendo** que, al usar con la mezcla de los dos mucilagos, se vio la consecuencia coagulante y también floculante. Sin embargo, menos efectivo fue el mucilago de la sábila, puesto que cada floculo formado fueron de menos dimensión.

Moreno (2016) en su tesis: Disminución de la turbidez del agua del río Crisnejas en la comunidad de Chuquibamba-Cajabamba utilizando Opuntia ficus indica, Aloe vera y Caesalpinia spinosa, Universidad César Vallejo, encamino su **objetivo** a resolver el descenso de la turbidez que presenta las aguas del río Criznejas que usan los habitantes de Chuquibamba-Cajabamba usando Opuntia ficus indica, Aloe vera y Caesalpinia spinosa. Obtuvo una **metodología** experimental trifactorial, de forma que se manejen los factores al mismo tiempo con el fin de analizar la consecuencia no dependiente que cada factor genera en el dependiente. Se tuvo como **resultado** favorable, que la turbidez se disminuyó en un 61% al hacer uso de Opuntia ficus indica, usando Caesalpinia spinosa se disminuyó en un 48% y utilizando el aloe vera se redujo un 42%. **Concluyendo** que la Opuntia ficus fue la más idónea para poder minorar la turbiedad del agua

Lozano (2018) en su tesis: Efecto en la disminución de la turbidez en el agua por floculantes de Opuntia ficus-indica (Tuna) con distintos procesos de extracción en el río chonta de Cajamarca, 2018, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, tuvo como **objetivo** poner en prueba lo efectivo de las etapas para obtener el floculante producto del nopal u Opuntia ficus-indica, para reducir la turbidez de las aguas del río Chonta. Tiene como **metodología** el uso de un coagulante natural en aguas del ya mencionado; se probó lo eficiente que resulta ser el mucílago sacado de la Tuna como agente para aclarar. Las pruebas se dieron en progresión de laboratorio, con el agua a una turbidez inicial de 55NTU. Se evaluaron los parámetros tales como la dosis del coagulante (mucílago



fresco), Conductividad, el pH y la turbidez. Teniendo como **resultados** que el agua a un nivel inicial de turbidez de 10 NTU, logra una disminución de un 82 % de la turbiedad gracias al mucilago reciente del producto de extracción de este; los procesos para licuar y extraer han sido deficientes en la reducción de la turbidez. Como **conclusión** el proceso de conseguir el coagulante-floculante de *Opuntia ficusindica* (tuna) se refleja en lo efectivo que es para reducir la turbiedad del agua, debido la modificación en los caracteres físicos. De esta manera este fue el de mayor efectividad en el proceso del escurrimiento.

### 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

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

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

Cerna (2020) en su tesis: Optimización de las dosis de alúmina en diferentes valores de pH y turbidez iniciales para la remoción de turbidez

en el agua de consumo humano de la UNAS, Universidad Nacional Agraria De La Selva. Basó su **objetivo** en mejorar las concentraciones de alúmina ( $Al_2O_3$ ) que posibilita la eficiente supresión en aguas para el consumo potable de la UNAS. Uso una **metodología** donde se usó agua con preparación Caolínica que mostraba la turbiedad de un agua de tipo natural, además se hizo un ajuste en el pH de inicio de toda la muestra para probar el pH en donde se da la mejor eficacia de supresión. Mostrando una turbiedad inicial con datos de 50 UNT, 200 UNT y 400 UNT, quienes se fueron adecuando a el pH de 8, 9 y 10, las concentraciones de óxido de aluminio fueron de 3, 6, 9, 12 y 15 mililitros provenientes de una disolución inicial de 8000 ppm. Obteniendo de **resultado** lo siguiente: se exponen que las más optimas remociones eficientes pasan en concentraciones de 3 ml a 9 ml que depende de datos del pH de inicio, por otro lado, observamos que el pH desciende agregando alamina y que las eficacias más elevadas de supresión pasaron debido a que el pH último estaba en un rango de 5 a 7. **Concluyendo** que de donde saco la muestra de agua apta para el consumo de la UNAS tiene una turbiedad inaugural de 248.6, se hizo las concentraciones del rango dado con anterioridad y se halló luego de un lapso de descanso de media hora, un resultado eficiente de 98%.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. CAPACIDAD COAGULANTE DE LA SÁBILA (ALOE VERA) Y NOPAL/TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA)

#### ➤ Biocoagulantes

Sotheeswaran, Nand, Matakite, & Kanayathu (2011). Los biocoagulantes al estar compuestos en polímeros de origen natural, son sanos, amigables con el medio biológico y no resultan ser toxicos siempre y cuando utilicen de manera adecuada. Entre sus principales compuestos encontramos polisacáridos, proteínas, taninos, mucílagos, y también alcaloides.

Para el saneamiento del agua residual de tipo industrial, o también llamada la potabilización del agua, estos agentes biocoagulantes, tienen una intervención óptima, ya que gracias a estos se permite la desestabilización de la llamada: “Contaminación coloidal”, es decir, de aquellos sólidos suspendidos, así como también la eliminación de estos en términos de DQO. A lo largo de los años se ha demostrado la eficacia que tiene los metales pesados en la absorción, estos pueden absorber gran cantidad de cadmio, zinc, plomo y cromo en los extractos de las plantas. Gracias a la intervención de los biocoagulantes, se producen menores cantidades de lodos residuales, mediante estudios concluyeron que esta producción es cinco veces menor en comparación con los lodos en los que intervienen coagulantes químicos.

#### ➤ Principales coagulantes

Guzmán, Villabona, Tejada & García (2013). Principalmente se definen tres coagulantes, entre los que tenemos:

**Polielectrolitos:** Son aquellos polímeros orgánicos sintéticos que tienen una mayor dimensión molecular, tienen carga eléctrica neta; Se ha demostrado que llegan a ser muy eficientes en el rango del pH, sin embargo, tiende a ser muy costoso, se usan acompañados de otros coagulantes, pero metálicos.

**Coagulantes metálicos:** Durante años han sido los más comprados por el mercado para la potabilización del agua, ya que estos tienen la capacidad de comportarse como coagulantes y a su vez como floculantes, que, al ser diluido, se crea complejos hidratados. Los ejemplares más comercializados son:  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  y  $\text{FeCl}_3$ .

**Coagulantes Naturales:** En comparación de los coagulantes que tienen un amplio desarrollo en el mercado, los coagulantes naturales tienen un gran potencial porque genera mínima o nula toxicidad, pero que aún no ha sido explotado de gran manera; los coagulantes naturales también conocidos como biocoagulantes suelen producirse de forma

natural en el ambiente gracias a las reacciones bioquímicas que ocurren en el reino animal y vegetal.

### ➤ **Coagulantes y floculantes poliméricos (Polielectrolitos)**

Arboleda (1992). Los polielectrolitos, para el tratamiento de agua, se clasifican de la siguiente manera:

**Polímeros naturales:** viene a ser el resultante de reacciones bioquímicas que ocurren en el reino animal y vegetal, entre las reacciones tenemos carbohidratos, proteínas y polisacáridos como el almidón y los glucósidos. Gran cantidad de estos polímeros tienen la característica de ser floculantes y coagulantes, motivo por el cual son los aplicados en pueblos indígenas para poder aclarar el agua. Un claro ejemplo sería lo que sucede con el mucilago del nopal que es usado generalmente en la sierra de nuestro país y en otros lugares del mundo, o las semillas de nirmalí que son manipuladas en la India.

**Polímeros sintéticos:** este tipo de polímero está compuesto de forma orgánica debido a que se somete a reacciones químicas de productos derivados del petróleo y carbón. Dentro de este rubro, encontramos a gran cantidad de polímeros

Son aquellos compuestos orgánicos que han sido producto de una reacción química procedentes del petróleo y carbón. Dentro de este rubro, encontramos a la mayoría de los polímeros que han sido elaborados por la industria y que tiene una venta mayor en el mercado. La mayoría de estos polímeros vienen en una presentación de polvo seco, mientras que otros vienen de forma líquida que contienen concentraciones de polímeros activos entre 10% al 60%.

### ➤ **Modos de empleo de los polielectrolitos**

Arboleda (1992). Los polímeros se pueden usar de tres formas diferentes al añadirse al agua tales como:

- a. Ayudantes de floculación.

- b. Ayudantes de coagulación.
- c. Coagulantes.

Los polielectrolitos funciona como un ayudante en la floculación, los primeros en formarse son los microfloculos, seguidamente los polielectrolitos que intervienen para reforzar las uniones e incrementar la cantidad de núcleos, para que puedan integrarse en cada floculo. En este aspecto, los polímeros son añadidos de quince a sesenta segundos posterior a los coagulantes metálicos, ya que pueden saturar completamente los espacios de absorción para así formar completamente el flóculo. Esta forma es aplicada para un óptimo desarrollo de los polielectrolitos.

#### ➤ **Coagulantes metálicos**

Arboleda (1992). El autor los divide en dos grupos:

Coagulación con sales de aluminio: Es la creación de un floculo más pesado debido a las propiedades de las sales de aluminio. Los sulfatos alumínicos son los más vendidos en el mercado por su eficacia, su costo bajo y se puede manejar de forma sencilla, son de los más usados para potabilizar el agua, encontramos también al cloruro de polialuminio, sulfato de aluminio amoniacal, entre otros.

Química de coagulación con aluminio: el sulfato de aluminio en su fórmula química representado por  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  son partículas hidratadas de color amarillo pálido, al conectar con el agua se convierte en grumos consistentes.

#### ➤ **Tipos de coagulación**

Arboleda (1992). Los tipos de coagulación para el tratamiento de aguas son:

Coagulación por incorporación: se da a raíz de la incorporación de una densidad muy alta de coagulantes, donde el límite de solubilidad superara la concentración del agua. Los hidróxidos empiezan a caer y

forma parte de una reacción alcalina, el ingreso de los coagulantes al agua da la creación de una mezcla espumosa (conocido como floculo de barrido) que al momento de descender va a atrapar a los coloides y algunas partículas suspendidas en el agua, estas van a sedimentar y próximamente a decantar.

Coagulación por neutralización de la carga: según Mackrle la energía coloidal con liofóbicos pueden ser neutralizadas por la alteración de los iones en su concentración, que indica la potencialidad del coloide, también se puede dar por la carga de iones absorbidas que es contraria a otros iones que indican la potencialidad y son lo suficientemente capaces para sustituirlos en la capa de Stern.

Coagulación por Puente Químico: los contraiones serán adsorbidos debido a la energía química que forma enlaces ionicos, covalentes, de hidrogeno entre otros, las partículas serán absorbidas y por otro lado los coloides estarán en suspensión, quedando en puntos estratégicos para su adsorción donde la cantidad de la carga del coloide se elevara altera de un negativo a un positivo que lo mantendrá estable.

Coagulación por compresión de doble capa: se da el incremento del electrolito que va a unirse en la capa de Gouy-Chapman donde se encuentra los contraiones, este va a disminuir las fuerzas repulsivas a gran magnitud, eliminando la barrera de energía. Por lo tanto, el aumento de una sal neutra mejor dicho un electrolito indiferente, no cambiara la potencialidad del coloide sino alterara la figura de la curva de manera en que las fuerzas culómbicas vayan reduciendo el espacio hasta donde sea útil.

#### ➤ **Coagulantes vegetales naturales**

Taninos: fueron usados antiguamente para hacer cuero de la piel de los animales, asimismo algunas variedades de fueron empleadas para ser floculantes. Funcionan naturalmente como metabolitos en las plantas pudiendo encontrarse fácilmente en las hojas, las cortezas e incluso en los frutos. (Beltrán, Sanchez & Gomez, 2010).

Cactus: corresponde a la familia Cactaceae siendo de género Opuntia, se caracteriza por la producción de hidrocoide que se encuentra dentro de la penca, más nombrado mucílago, funciona en forma de mallas moleculares para poder detener el material existente en el agua. (Saag, Sanderson, Moyna & Ramos, 1975).

Moringa oleífera: también conocido como por sus nombres científicos Miracle tree o Drumstick tree, es originario de un árbol inofensivo y sin toxinas, sus semillas son lo llamativo de esta planta ya que contiene un aceite que puede ser ingerido por los humanos sin causar daños y también funciona como un elemento disolvente al agua. (Ndabigengesere, Narasiah & Talbot, 1995).

Almidón: la forma principal en la que reúne los carbohidratos en los tejidos va a darse en las diferentes especies de las plantas, donde se verá acumulado en la parte de las hojas, los tejidos que no participan en la fotosíntesis serán involucrados en la reproducción como pueden ser semillas, tubérculos y frutos. (Rodríguez, Lugo, Rojas & Malaver, 2007).

#### ➤ **Mecanismos físico-químicos de coagulación natural**

Bratby (1980). El biocoagulante conduce un conjunto de actividades neutralizando cargas, que con la incorporación de extractos de las plantas que llevan dentro de sí como mucílagos, polifenoles, gomas o incluso proteínas para desestabilizar la carga coloidal.

En biocoagulante al aumentar su energía iónica, va a contenerse en la doble capa de energía eléctrica, donde va a detener la aversión entre moléculas coloidales. El biocoagulante trasciende en la alteración del pH, puede retener de sólidos suspendidos, menora la salinidad; de la misma forma, la existencia de iones con carga positiva y negativa como los sulfatos, bicarbonatos y cloruros. Un parámetro de mayor importancia en el proceso de floculación es el pH, este va a demostrar que tan afectada está el agua, debido a la cantidad de cargas de los sólidos que están en la superficie.



➤ **Coagulación**

Dempsey (2006). Conceptualiza la palabra coagulación, como el agregado de sustratos al agua, de tal manera en que los contaminantes y moléculas disueltas se conglutinen y se forme un fragmento de mayor tamaño para que en el proceso de remoción, puedan ser retirados los sólidos formados, así mismo, los coagulantes químicos pueden remover algunas especies que se encuentran suspendidos en el agua, pero este trae inconvenientes asociados a la economía ya que resultan ser más costosos, también forma una gran cantidad de lodos que genera residuos tóxicos debido a los químicos, ante esta situación se busca nuevas alternativas como la utilización de biocoagulantes.

➤ **El proceso de coagulación:**

Arboleda (1992). Es aprovechable para:

- a. Removimiento las partículas ligeras orgánicas e inorgánicas que causan turbiedad en el agua.
- b. Despejar el color aparente o verdadero.
- c. Supresión de organismos infecciosos, virus y bacterias.
- d. Asolamiento del reino plantae como placton y algas.
- e. Supresión de materias que causan olores y dan sabor al agua, agregados químicos que se encuentran en suspensión, materia orgánica, etc.

➤ **Floculación**

Arboleda (1992). Se da por la desestabilización de moléculas presentes en el agua, al momento de colisionar entre ellas van a crear coágulos de mayor tamaño. En el primer fenómeno pueden actuar tres mecanismos: centrado en la energía electrostática donde la adsorción será desestabilizada se dará fuerzas de repulsión y atracción, en el puente químico habrá una dependencia entre la energía química y los coloides suspendidos, por ultimo una sobrecarga de mezclas en el agua por coagulantes.

➤ **El proceso de coagulación/floculación**

Trujillo, Duque, Arcila & Rincón (2014). Es usado en la supresión de fragmentos que se encuentran en suspensión, tanto de aguas residuales o de aguas que serán tratadas para la potabilización. Los componentes más utilizados en la coagulación – floculación son: los polímeros de cadena larga, cloruro férrico y el alumbre. Este proceso hará que los fragmentos que estén suspendidos en el agua disminuyan su energía. Por otro lado, en el agua residual los fragmentos tienen energía negativa. La suspensión de fragmentos, se da por la interacción de cargas formando una fuerza de repulsión haciendo que estas asciendan a la superficie del agua. Al darse la coagulación va a disminuir la energía negativa, con la añadidura de este los gránulos se creará los micro flóculos. En el caso de la floculación, con la añadidura de estos gránulos van a crearse flóculos de mayor tamaño, este proceso va a depender del pH y la temperatura. Por último, la sedimentación consiste en que los sólidos tanto químicos como biológicos van a descender de forma acelerada.

➤ **Componentes de prueba en la coagulación**

✓ **Sistema de dosificación**

Vargas (1990). Para las pruebas de agitación en serie, cada unidad debe estar preparada para la añadidura del coagulante químico, esto debe darse de un modo seguro y rápido, ya que cada vaso precipitado o jarra de laboratorio estarán ubicadas de forma ordenada. El equipo que se usa, es de suma importancia para realizar esta demostración.

En esta prueba al momento de agregar el coagulante a los vasos, se empleará una pipeta graduada, al momento de agregar el compuesto químico si su velocidad es baja va a afectar en la dosificación, ya que se debe realizar el agregado de forma rápida para no haya variedad en la dosificación.

### ✓ **Sistemas de agitación**

Vargas (1990). La agitación es una variable de suma importancia en la prueba que se va a realizar, debido a la intensidad con la que se agitará el agua en cada unidad, convirtiéndolo en una mezcla en homogénea, se puede usar paletas magnéticas o mecánicas, una vez terminado el proceso se dejará reposar para poder observar los resultados.

### ✓ **Descripción de las jarras**

Vargas (1990). Para la utilización de las jarras se debe tener en cuenta el acomodo y tener una capacidad de 2000ml, si la jarra resulta ser demasiado grande se puede cambiar de jarras de una medida de 1000ml. Se recomienda no usar jarras más pequeñas de la medida dada, debido a que va a causar deficiencias al momento de agregar menores cantidades de coagulantes, para hallar el resultado de la muestra más óptimo en la sedimentación del agua. También se puede usar vasos de forma cuadrada, donde debe consolidar los cambios en los resultados, en el cual presentará variedad en la selección del cálculo gradiente.

### ✓ **Iluminación**

Vargas (1990). La iluminación es adecuada, aunque no esencial, al momento de examinar los flocos existentes en las jarras. Para la preparación de las jarras se debe tener en cuenta una base de color blanco e iluminación con un ángulo  $90^\circ$  de donde se observará. Se recomienda evitar cualquier ingreso de luz de otra fuente, ya que causará calidez y la variación de resultados en el proceso de coagular y sedimentar, los resultados serán deficientes e incorrectos.

### ➤ **Selección de coagulantes**

Romero (2000). Se necesita un buen manejo de los coagulantes al momento de realizar las pruebas en jarras, para eso se debe seleccionar

al coagulante adecuado según las propiedades del agua a tratar. Para este proceso debemos tener en cuenta una guía práctica nos puede servir para la clasificación del agua ya sea alcalina o turbia y para la elección del coagulante.

➤ **Parámetros de Dosificación de coagulantes**

Vargas (1990). Determina que la dosificación primordial en los ensayos en jarra que se realizara a nivel laboratorio son cinco:

Selección del coagulante apropiado: busca realizar pruebas con los distintos coagulantes del mercado mediante ensayos de jarra para escoger al que tiene una eficacia superior a las demás, también se debe tener en cuenta el precio, porque se busca que este sea económico y no realizar un mayor gasto al momento de potabilizar el agua.

Rango de dosis optimas necesarias: Busca la rapidez de desestabilizar la molécula coloidal, mediante una dosificación precisa para la creación de flóculos con caracteres de mayor tamaño, peso y sea compacto, para ser atrapado en el decantador logrando pasar el filtro, y no se quiebre con facilidad en el proceso.

Concentración óptima: Estriba la concentración de sustancia a utilizar, sea aprovechable al máximo y favorable para que el proceso sea de forma óptima.

PH óptimo de coagulación: Se usarán muestras ya estudiadas, donde se podrá medir el pH de la reacción causada por los coagulantes. Se basa en regular el pH en el rango adecuado de forma óptima.

Selección del ayudante y dosis optima: En las pruebas de jarras se realizará ensayos donde se va a escoger entre todos los ayudantes para la coagulación, el más eficaz para los diversos tipos de agua a tratar, este debe ser de bajo costo para que genere gastos masivos al momento de potabilizar.

➤ **Factores en el proceso de coagulación que los hace deficientes.**

Amirthrajah (1987). Nos dice que existe diversos factores que van a desfavorecer este proceso:

1. Dosificación de coagulantes.
2. El pH.
3. Temperatura del agua.
4. Cationes o aniones existentes en la fuente.
5. Concentración de partículas orgánicas o color.
6. Concentración de turbiedad o coloides.
7. Movimiento electroforético de las partículas.
8. Pendiente de rapidez en la mezcla lenta y fuerza de la mezcla rápida.

El proceso puede ser afectado debido a los ocho factores que participan y causan modificaciones.

➤ **Características de la Tuna**

Warner (1972). Nos dice que la tuna es de genero *Opuntia* que puede ser rastrera, arborescente o arbustiva, puede ser de silueta simple o de silueta matorral. Tiene un tronco fijo, duro y consistente, sus ramas se extienden con una forma de cáliz.

Rivas, (1998) Nos dice que esta planta puede medir incluso cinco metros de altura. La parte de las pencas tiene un espesor de dos centímetros y puede llegar a tener un ancho de treinta a cincuenta centímetros, obtiene el color de un verde oscuro. Algunas especies poseen espinas con caracteres de ser endebles y cortas, estas tienen un color amarillento o blanquecino. A varias especies les crece frutos e incluso flores, pueden ser de color rojo, amarillo o naranja con una forma ovalada. Viene a ser una planta de fácil adaptación, crece en terrenos infértiles y sin humedad, no necesita de mucha atención ya que pueden llegar a ser independiente en temperaturas altas, pero se ve expuesta cuando la temperatura es baja.

➤ **Características de la sábila**

Calderon, Quiñonez y Pedraza (2011). El *Aloe vera* posee propiedades antioxidantes, así mismo, tiene la capacidad de reducir el daño congruente y el estrés. Se ha visto estudios donde experimentan en animales y en pruebas in vitro que tiene como resultado que la capacidad de neutralizar moléculas de forma indirecta o directa, el *Aloe vera* reacciona a la capacidad antioxidante directa y las convierte en neutras, incluso participa reaccionando en la capacidad antioxidante indirecta y las inactiva.

➤ **Extracción del mucílago de Nopal**

Diaz, Campos, Rocabruno y Uruchurtu (2019). Para la utilización de mucílago de las hojas, debemos tener en cuenta su estado, se recomienda hayan crecido en un ambiente sano y fresco. Es necesario quitar las espinas, para un buen manejo de la hoja, su procedimiento de extracción es el siguiente:

- a. Limpiar las hojas, para retirar el polvillo y cualquier otro residuo existente.
- b. Cortar en trozos las hojas con una medida de un centímetro por un centímetro, para aprovechar la mayor cantidad de gel.
- c. Mezclar los trozos con agua para extraer el mucílago con diferentes concentraciones.

➤ **Remoción de turbidez de aguas crudas**

**El agua**

Romero (1996). El agua, tiene una composición simple, pero llega a ser crucial para la existencia de todo ser vivo, ya que, en la biosfera, es la sustancia más abundante, encontrándose en sus tres estados; además, los seres vivos estamos compuestos de agua, siendo entre el 65% a 95% de la composición del peso de nuestros organismos.

**Figura 1**

*Agua en el mundo*



*Nota:* Ágora diario del agua publicado en el 2020, se puede observar la distribución total del agua en el mundo, un 2.5% de agua es dulce y el otro 97.5% del agua es salada.

### ➤ **Estructura química y propiedades del agua**

Lavoisier (1790). Definió la composición química del agua demostrando, mediante una explosión producto de la combinación de hidrogeno y oxígeno, que el agua estaba compuesta de estos dos elementos, dando pase a otros científicos como Carlisle y Nicholson, descomponiendo el agua, electrólisis, demostraron su composición de H<sub>2</sub>O.

Arboleda (1992). Forma de la molécula: Tiene como fórmula H<sub>2</sub>O, se ha demostrado que mediante un análisis espectroscópico que el enlace es de ángulo de 104.5°. La sustancia tiene moléculas polares porque el hidrogeno al ser menos electronegativo que el oxígeno hace que tenga algo de carga positiva y debido a que el oxígeno tiene los electrones más cerca, este presenta una carga negativa, aunque la molécula en conjunto es neutra. Cuando dos o más molécula de agua se unen pueden crear enlaces de hidrogeno.

Arboleda (1992). Estructura molecular: Se genera cuando dos o más moléculas de agua se unen y forman enlaces de hidrogeno, debido a la atracción de moléculas de agua con el oxígeno, de carga parcial positiva, y el hidrogeno de carga parcial negativa.

➤ **Propiedades físicas del agua**

El autor Arboleda (1992). nos menciona las propiedades físicas que tiene el agua, siendo estas las siguiente:

- a. Estado: gaseoso, líquido y sólido.
- b. Sabor: insípido.
- c. Olor: carece de olor
- d. Color: no tiene color
- e. Densidad: 1 g/c.c a 4°C
- f. Presión: 217 atm.
- g. Temperatura: 374°C.
- h. Punto de hervor: 100°C
- i. Punto de congelamiento: 0°C

➤ **Propiedades químicas del agua**

Romero (1996). El agua presenta las siguientes propiedades químicas reaccionando con:

- a. Óxidos ácidos.
- b. Óxidos básicos.
- c. Metales.
- d. No metales
- e. Sales

➤ **Impurezas en fuentes de agua**

Vargas & Romero (2006). En el libro nos indica la clasificación de las impurezas en el agua, se da según su tamaño:

Partículas coloidales: También son sólidos suspendidos, pero de tamaño más reducido, presentan una velocidad muy lenta con respecto a su sedimentación, asimismo producen turbidez y variación del color del agua.



Sólidos suspendidos: Consiste en sólidos ya sea de origen mineral, como los limos, arenas, arcillas, etc.) o de origen orgánico debido al desacoplamiento de plantas y descomposición de animales. Además, las algas, plancton, bacterias, virus y demás microorganismos también son partes de las impurezas. Todos estos generan que el agua varíe en su color y produzca turbidez.

Sustancias disueltas: habitualmente son sustancias inorgánicas, ya sean aniones y cationes, también encontramos sustancias orgánicas tales como alcoholes, ácidos, etc. Dentro de esta categoría también son considerados los gases.

### ➤ **Coloides**

Romero (2000). Generalmente son sólidos fraccionados de una forma muy fina, variando entre 1 y 100  $\mu\text{m}$ , estos no realizan sedimentación por acción de la gravedad, pero pueden ser retirados por acción de la coagulación, acción biológica o filtración.

### ➤ **Clasificación de los coloides**

Arboleda (1992). Nos muestra una clasificación a su criterio, es decir que no obligatoriamente es completa, pero a su manera de ver lo divide en moleculares, no moleculares (micelares); diuturnos, liofóbicos, caducos, liofílicos, inorgánico y orgánicos.

Coloides de asociación, no moleculares: se suelen formar durante la unión de partículas de minerales ínfimas, tal es el caso del oro; también se da en compuestos orgánicos como en jabones, detergentes que naturalmente, en aparición de un dispersante, se aglutinan en porciones de volumen coloidal.

Coloides moleculares: comprendidas en sustancias polímeras las cuales son producto de largas cadenas orgánicas, tiende a tener pesos moleculares muy altos, entre (15 000 a 100 000); con longitudes de entre 105 y 5(102  $\mu\text{m}$ ) y espesor de entre 0.2 a 1  $\mu\text{m}$ . Los polímeros tales como el almidón, las proteínas, la gelatina, etc., se encuentran dispersos de

forma molecular, ya no conforman parte de los solutos, al contrario sino de los coloides.

Coloides liofílicos: También llamados hidrofílicos, al tener relación con el agua, están formados por moléculas dispersadas en mezclas aglutinadas o poliméricas, al encontrarse dispersados reaccionan con el agua químicamente, tal es el caso de la materia orgánica y jabones, presente en el agua oscura, presenta una fuerte cohesión con el solvente. Su estabilidad obedece a la capacidad de hidratación que lo envuelve, es decir que las moléculas de agua pegadas actúan como protección al impedir que las partículas entren en contacto.

Coloides liofóbicos, Son demasiado inestables en comparación a los liofílicos, debido a su formación por mezclas insolubles al esparcir en metales, arcillas, etc. En consecuencia, a estos que se le da más énfasis al momento de tratar el agua.

Coloides diuturnos: Presentan un tiempo corto de aglutinamiento y transformación a lo que respecta en una etapa de observancia.

Coloides caducos: Estos son pasajeros que se juntan y se transforman velozmente. Se divide en orgánicos donde se encuentra grasas y proteínas, e inorgánicos donde hallamos la arcilla mineral y el oro.

#### ➤ **Forma del coloide**

Arboleda (1992). Se presenta una relación entre la forma y sus propiedades, mas no se ha realizado una adecuada clasificación; siendo mencionada por algunos autores como isométricas, dimensiones iguales en todas las direcciones como las esferas y los poliedros, y anisométricas, debido a que son más largos en 1 o 2 dimensiones como pueden ser las cintas, láminas, cilindros, entre otros.

### ➤ **Propiedades de los coloides**

Romero (2000). Nos explica las propiedades principales: área superficial extremadamente grande y movimiento browniano. Son las que hacen que la ley de gravedad no se cumpla en ellas, imposibilitando la remoción por sedimentación simple. El gran tamaño de área superficial, hace que los coloides, adhieran iones en cantidades variables, dando como producto una carga de energía lo cual ayudara a estabilizarla. Por ende, los productos de ambas propiedades, las partículas generan una colisión constante.

Romero (2000). También nos explica que la resultante originada por las fuerzas de atracción y repulsión actuante, en los coloides, es la responsable de su estabilidad. La energía de atracción conocida como las fuerzas de Vander Waals, serán provocadas durante la interrelación de dipolos de moléculas, ya sean inducidas o estables; y las fuerzas de repulsión son las que rechazan el agua, siendo el más usado para potabilizar el agua, la potencial zeta; entonces lo que se quiere lograr es reducir las fuerzas de repulsión para poder obtener la cohesión de las partículas de esta manera puedan ser removidas por gravedad.

### ➤ **Características del agua dulce**

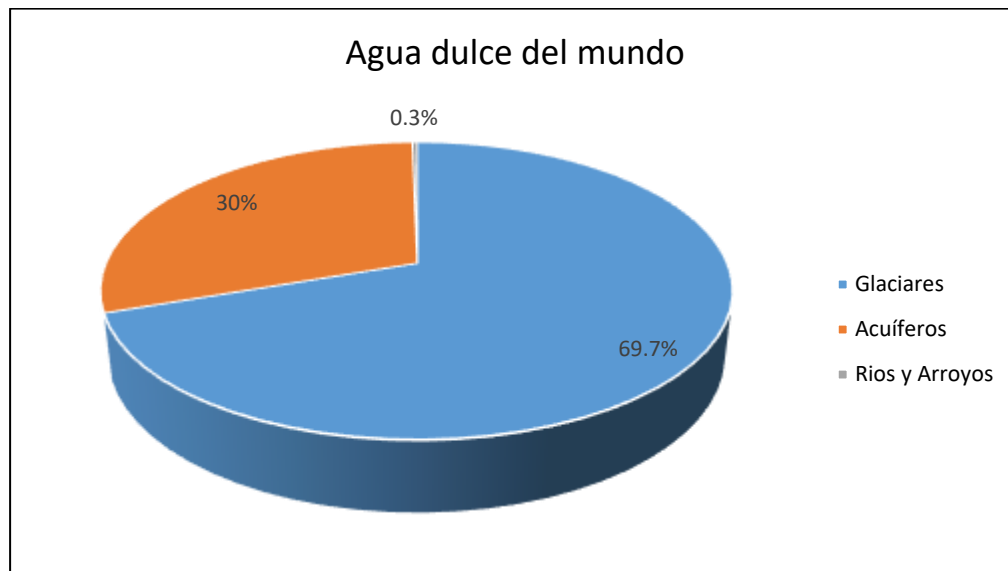
Arboleda (1992). El agua de lluvia como los ríos y quebradas recogen impurezas transportándolas a embalses lagos y mares. Se puede considerar que existe menos impurezas cerca de los cursos altos de los ríos, pero no se puede afirmar que un agua superficial esté libre de contaminantes, ni considerando que, gracias a la sedimentación, el cual ayuda a la purificación natural y la muerte de bacterias patógenas se realice una purificación del agua natural al 100%.

Arboleda (1992). Nos menciona que el agua puede presentar impurezas en solución o en suspensión, es por eso que las materias suspendidas deben ser retiradas, de la misma manera se aplica para cualquier sustancia disuelta que torne en peligro para el uso industrial o

el uso doméstico. En conclusión, la contaminación ocurrente en el agua y su disposición depende de la fuente de origen del agua.

**Figura 2**

*Agua dulce*



*Nota:* Ágora diario del agua publicado en el 2020, se puede observar que el mayor porcentaje de 69.7% de agua dulce pertenece a los glaciares, seguido del 30% perteneciendo a los acuíferos y por ultimo con 0.3% a ríos y arroyos.

### ➤ **Turbiedad**

Trujillo, Duque, Arcila & Rincón (2014). La turbiedad va a medir la intensidad de transmisión de luz existente del agua, el cual nos define la calidad en función de la materia que se encuentra en suspensión, tanto coloidalmente como residual. Generalizando se tiene que no hay vínculo entre la turbidez y la aglutinación de fragmentos sólidos en suspensión del agua. Nos menciona que la turbiedad presenta una alteración en las propiedades absorbentes de luz de partículas suspendidas, así mismo, la fuente de luz y en la medición. Debido a estas variaciones debemos ser prudentes al revisar valores de turbiedad que se presentan en referencias bibliográficas, aunque pueden ser controladas y analizadas en un mismo proceso o sistema.

Arboleda (1992). A comparación de la definición anterior nos dice que por efecto visual los rayos de luz van a pasar por la muestra de agua, este va a traspasar y podrá reflejarnos la suspensión. Este término

expresa una gran cantidad de materia suspendida en el agua, de diversos tamaños que puede ocasionar turbiedad.

➤ **Naturaleza química de la turbiedad**

Arboleda (1992). La turbiedad tiene como principal componente la arcilla en dispersión, el cual viene a ser tierra fina de un diámetro máximo de 0.002 mm, suele variar en el tono de color, y es plástico al ser mezclado con un limitado volumen de agua. Hablando químicamente son silicatos de aluminio presentando fórmulas complejas y físicamente se puede decir que está formado de cristales con una definida estructura atómica reticular. Al proyectarse la luz en la solución del agua con moléculas en suspensión, consigue poder redireccionarlas en varios sentidos, teniendo igual longitud de onda que puede proyectar la luz. Por ende, una pequeña parte de la luz proyectada puede ser difundida con una longitud mayor de onda a la proyectada y una parte de la energía puede ser expulsada como calor o radiación de longitud de onda grande.

➤ **Determinación de la turbiedad**

Arboleda (1992). En su libro nos comenta que el método Nefelométrico es el más usado para la determinación de la turbidez, el cual consiste en medir la turbiedad a través de un tubímetro, dándonos resultados en UTM más conocido como unidades de turbidez nefelométrica. Lo que busca es comparar la dispersión de potencia de los rayos de luz con la suspensión estándar, que tengan la misma condición de medida. Mientras más luz sea diseminada, más turbiedad presentara. La suspensión de polímero de fornacina, es usada como la suspensión estándar de referencia debido a que es fácil de elaborar. También presenta la característica de que es fácil asemejar a pruebas anteriores.

➤ **Color**

Romero (1996). El agua está dividida en los siguientes tipos: el color aparente, es el color que produce la sustancia en solución y

también en coloidales, pero también, el producido por el material suspendido; este es determinado a la muestra inicial sin filtros o una previa centrifugación.

El color verdadero, es el color que presenta el agua una vez disuelto la turbidez que presentaba, siendo este el color base y junto a este se realiza la medición del pH, pues hay una relación directamente proporcional de la intensidad del color del agua junto con el pH.

#### ➤ **Naturaleza del color**

Romero (1996). Para la naturaleza del color, nos explica que el color del agua se debe a la existencia del hidrogeno y del manganeso en forma coloidal o en solución; también debido al contacto con material orgánico en descomposición, residuos industriales y de taninos como el ácido húmico. Su color natural es debido a la presencia de partículas coloidales cargadas negativamente, esta puede ser disipada gracias a un coagulante,  $Al^{+++}$  o el  $Fe^{+++}$ . En conclusión, el grupo de compuestos causantes del color, son llamados sustancias húmicas.

#### ➤ **Tamaño de las partículas de color**

Ante los distintos tamaños de partículas que se encuentra en el agua para poder determinar el color existe diversas investigaciones donde ponen en duda si esta se encuentra en un estado coloidal o se encuentran disueltas.

De acuerdo al autor Packham (1964), las partículas húmicas se encuentran dentro de una solución verdadera, no obstante, una porción de partículas es lo necesariamente grande, y no puede presentar fenómenos coloidales.

En cambio, para los autores Black y Christman (1963), hallaron que un gran porcentaje de las partículas tienen diámetros menores a 3.5  $\mu$ , encontrándose muy cerca del límite entre dispersión verdadera y dispersión coloidal.

➤ **La determinación del color**

Romero (1996). Nos indica que primero se debe realizar la centrifugación a la muestra, para luego poder realizarle a la muestra una comparación visual con soluciones de concentración de colores conocidos, estos a partir de una solución de fórmula  $K_2PtCl_6$ , siendo su contenido de 250 miligramos por litro de cobalto y 500 miligramos por litro de Pt, también se pueden usar discos de vidrios con colores ya calibrados para el ensayo.

➤ **Remoción de color**

Arboleada (1992). El motivo por el cual se debe remover el color del agua, es para tener una apariencia industrial, estético y químico – sanitario.

- a. Industrial, puesto en muchas industrias comerciales donde hacen uso de resinas aniónicas tienen problemas en el su intercambio iónico.
- b. Estético, ya que gran parte de la población tienen preferencia a un agua incolora.
- c. Químico-sanitario, dado que pasa por un proceso de cloración, creando cloroformos donde algunos estudios ponen en juicio que trae enfermedades cancerígenas, entorpece los resultados del clorométrico, pone estables al manganeso y al hierro que están en solución y dificulta la coagulación.

Para hacer la remoción del color se necesita un pH bajo, incluso menor del que se usa para la turbiedad

➤ **Mecanismos en la remoción de color**

Arboleada (1992). Los divide en:

- a. Estequiometría: se utiliza este mecanismo dado a que se debe usar una porción de coagulantes metálicos que sea proporcional a los litros de agua donde se quitará el color.

- b. No neutralización: busca remover el color máximo mediante el punto isoeléctrico, se da cuando las partículas están por llegar a este punto, pero generalmente no lo hacen. Esto muchas veces causa una deficiencia al momento de querer quitar el color.

➤ **Instrumento para medir el pH**

Vargas (1990). El pH viene a ser un parámetro donde se va a medir el concentrado del ion de hidrogeno, se lee susceptiblemente en 0.01 und. en el peachimetro se recomienda que su electrodo sea de vidrio, ya que ayuda a compensar la temperatura ambiente. Para el uso del peachimetro se debe controlar su rango mediante una disolución fresca. Generalmente el peachimetro se usa para medir aguas superficiales, aguas potabilizadas, donde en este último nos pide un rango de 0.05 und.

➤ **Comparación entre las características de la turbiedad y color**

Arboleda (1992). Debemos tener mucho cuidado al analizar el color aparente y el color verdadero debido a que el primero es el resultado de medir sin haber removido la turbiedad, este último no da las características precisas del agua, en cambio el segundo es el producto de haber removido la turbiedad por centrifugación o filtración, en cambio. Ambos valores son distintos a tomar en cuenta al realizar el proceso de coagulación.

➤ **Relación entre color y pH**

Black & Christiman (1963). Confirman que existe la relación entre el color y el pH. Al incrementar el pH el color se intensifica, siendo los que generan mayor intensidad, aguas que en un principio tuvieron colores de intensidad baja.

➤ **Tratamiento de aguas**

Reynolds (2002). Para tratar el agua y llegar a su potabilización, se debe seguir lo siguiente:



1. Se debe empezar por un Pre tratamiento—remoción física, para que las materias grandes sean retiradas.
2. Luego se realiza una Deposición primaria—sedimentación por gravedad, de esta manera algunos contaminantes adheridos y partículas sólidas sedimentaran.
3. Después mediante lodos activados o por filtros de goteo se hará un tratamiento secundario—digestión biológica el cual estimula el desarrollo de microorganismos.
4. Finalmente se realiza un tratamiento terciario o tratamiento químico, también puede ser usado para mejorar los pasos del tratamiento primario. La desinfección y la precipitación son tratamientos químicos o terciarios.

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Coagulante natural**

Considerado como una alternativa sostenible para el medio ambiente, que aún no se aprovecha adecuadamente; ocurren espontáneamente en plantas y animales dado por reacciones químicas. Generalmente tienen poca o ninguna toxicidad. (Guzmán, Villabona, Tejada & García, 2013)

- **Aloe vera**

Durante el período de floración, la planta de *Aloe vera* está compuesta por raíces, tallos, flores y hojas. El crecimiento de las hojas se da cerca del suelo, alrededor del tronco, el crecimiento del tallo es desde el medio en forma ascendente, son compactos, densos y pesados, da frutos de forma tubular de color rojo o amarillo. (Reynolds & Dweck, 1999).

- **Opuntia ficus-indica**

Sobresale por ser una planta arboriforme, rastreras o arbustivas con una apariencia simple o zarzal. Su tallo es duro y leñoso, bien delimitado, sus ramificaciones se extienden en forma de cáliz. Da frutos de color rojo, naranja y amarillo. (Warner, 1972).

- **Mucílago**

Se asemeja a un gel que si lo juntamos con agua va a producir un elemento mucilaginoso, posee una capacidad para retener solidos disueltos. En su interior está compuesto por galactosa y glucosa más conocidos como polisacáridos. (Babora, Freire & Olivera, 2014).

- **Coagulación**

Definido como el aditamento sustratos al agua, de tal manera en que los contaminantes y moléculas disueltas se conglutinen y se forme un fragmento de mayor tamaño para que en el proceso de remoción, puedan ser retirados los sólidos formados. (Dempsey, 2006).

- **Floculación**

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

- **Turbidez**

La turbidez por efecto visual, es la expresión de la luz que van a pasar por el muestrario de agua, este va a traspasar y podrá reflejarnos la suspensión. Este término expresa una gran cantidad de materia suspendida en el agua, de diversos tamaños que puede ocasionar turbiedad. (Arboleda, 1992).

- **Color**

La etiología en el color del agua se debe a la existencia del hidrogeno y del manganeso en forma coloidal o en solución; también debido al contacto con material orgánico en descomposición, residuos industriales y de taninos como el ácido húmico. (Romero, 1996).

- **Aguas crudas**

Es un agua de forma natural que no ha recibido ningún tipo de tratamiento. Estos se encuentran en fuentes naturales como quebradas, lagos y ríos, esta agua acumula impurezas por medio del viento. (Arboleda, 1992).

## **2.4. HIPÓTESIS**

La capacidad coagulante de la sábila (*Aloe vera*) es diferente a nopal/tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la remoción de turbidez en aguas crudas.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN**

Capacidad coagulante de la sábila (*Aloe vera*) y nopal/tuna (*Opuntia ficus-indica*).

### **2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA**

Remoción turbidez en aguas crudas.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Título: “Comparación de la capacidad coagulante del nopal (*Opuntia ficus-indica*) y la sábila (*Aloe vera*) para la remoción de turbidez en aguas crudas”.

**Tabla 1**

*Operacionalización de Variables*

<b>Variable de calibración</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor final</b>	<b>Tipo de variable</b>
Capacidad coagulante	Coagulantes Naturales	- Sábila ( <i>Aloe vera</i> ) - Nopal/tuna ( <i>Opuntia ficus-indica</i> )	Nominal dicotómica
<b>Variable evaluativa</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medición</b>	<b>Tipo de variable</b>
Remoción turbidez en aguas crudas.	<b>Parámetros físicos</b> Turbiedad	NTU	Numérica continua
<b>Variables de caracterización</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medición</b>	<b>Tipo de variable</b>
Parámetros físicos	Turbidímetro	NTU	Numérica continua

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Se usó cuatro criterios para determinar la investigación (Supo & Zacarías, 2020). Según la planificación de las mediciones de la variable del estudio es prospectivo porque este estudio posee la característica del uso de datos primarios es decir la recolección de datos propios. Según el número de variables analíticas el estudio es analítico por que se analiza más de una variable. Según el número de mediciones de la variable de estudio es longitudinal porque existen tres variables que requieren de diversas mediciones. Según la intervención del investigador el estudio es con intervención, participación del investigador.

##### **3.1.1. ENFOQUE**

Debido a que se usó la recolección de datos para ser analizadas, el estudio tendrá un enfoque cualitativo, ya que se hará uso de uso de la estadística ya que los parámetros a usar son de medición numérica, esto nos ayudara a tener resultados más precisos. (Sampieri, Collado & Lucio, 2003).

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

Según lo establecido en los alcances, la investigación pertenece al nivel aplicativo, ya que se hará uso de los antecedentes para poder manipular la variable de calibración y obtener el resultado que este produce. (Supo & Zacarías, 2020).

El investigador introduce cantidades deliberados con el fin de observar la capacidad que tiene las variables.

##### **3.1.3. DISEÑO**

En la investigación se realizó un diseño experimental, donde la variable evaluativa tendrá la intervención de las variables de calibración,

están serán manipuladas de forma experimental para la obtención de nuevos resultados

G. E.1  $\Theta_1$ -----X1-----  $\Theta_2$

G. E.2  $\Theta_1$ -----X2-----  $\Theta_2$

Donde:

G.E.1: Grupo experimental con la planta *Opuntia ficus-indica*.

G.E.2: Grupo experimental con la planta *Aloe vera*.

$\Theta_1$ : Observación inicial (pre test).

$\Theta_2$ : Observación final (post test).

X1: Intervención con la especie *Opuntia ficus-indica*.

X2: Intervención con la especie *Aloe vera*.

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1. POBLACION

Para la investigación se tomó como población las aguas del canal de riego que abastece el centro poblado de Matibamba en el distrito de Amarilis, provincia de Huánuco, departamento de Huánuco.

### 3.2.2. MUESTRA

La muestra de la investigación es de 12 litros de agua del canal de riego del centro poblado de Matibamba, se tendrá 17 unidades de análisis para el laboratorio.

La investigación se realizó empezando en el mes de junio y culminando en octubre, del año 2023.

### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 2

*Para la recolección de datos*

Variable	Indicadores	Técnicas	Instrumentos o recursos
X: Capacidad coagulante	Coagulantes Naturales		
Y: Remoción de turbidez en aguas crudas.	Parámetros físicos: -Turbidez	Observación	- Turbidímetro
Parámetros físicos	-Turbidez	Observación	- Turbidímetro

#### Protocolo

El Protocolo De Monitoreo De La Calidad Sanitaria De Los Recursos Hídricos Superficiales incluye la recolección de datos (ante, durante, después de la ejecución). (MINSA, 2010)

#### Parámetros Establecidos en el Monitoreo

- Parámetros físicos: turbiedad.

#### Ubicación de los puntos de muestreo

Los puntos de ubicación para el monitoreo debe cumplir con lo siguiente:

- La identificación del lugar, donde se realizará el muestreo, debe contar con la ubicación puntual de forma precisa.
- Su accesibilidad debe ser de forma segura y de rápido ingreso, para recolectar la muestra.
- La representatividad, nos pide evitar zonas donde se existen turbulencias o pantanos que no estén relacionados con la fuente de

agua, con excepción de que alguna de estas zonas sea parte de la evaluación.

## **Muestreo, preservación, conservación y envío de las muestras al laboratorio de análisis**

### **Consideraciones generales**

- En la recolección de muestras de agua se recomienda que los frascos sean de vidrio, estén limpios, esterilizados y secos para prevenir la contaminación en la muestra.
- Después de recoger las muestras éstas deben preservarse a temperaturas bajas.
- Se debe usar cajas térmicas para transportar las muestras, estas deben contar con hielo para que se mantenga a bajas temperaturas y no afectar la muestra.
- Cada muestra debe contar con un registro.
- Asegurarse de que la muestra llegue de forma segura al laboratorio mediante rastreos formales.

### **Toma de muestra**

- Se recomienda tomar la muestra en zonas donde no haya turbulencias, así mismo, debe tener en cuenta la velocidad del caudal, su profundidad y el espacio entre las orillas.
- Para tomar la muestra se debe ir al punto medio, viendo la profundidad de acuerdo al parámetro que se va analizar.
- Al momento de tomar la muestra se debe capturar de forma contraria de donde viene el caudal.
- Se debe tener en cuenta al momento de cerrar las muestras, el espaciado de la cabeza, se debe dejar un mínimo del 1% para que pueda expandirse la muestra.

### **Preservación de las muestras de agua**

Después de preservar la muestra se debe cerrar de forma hermética, evitando el ingreso de algún contaminante en la muestra, se



recomienda pegar cinta alrededor de la boquilla, para prevenir algún derrame.

### **Conservación y envío de las muestras de agua**

- Se deberá usar cajas térmicas para conservar las muestras.
- Los envases de vidrio tienen que ser empaquetados para prevenir derrames y roturas. Si se usa hielo, estos deben ser colocados en empaques herméticos para prevenir alguna fuga en el coolers.
- En caso de que las muestras sean analizadas por parámetros físicos químicos, se debe hacer llegar la muestra en menos de 24 horas, para que no haya variación en los resultados.
- Las muestras al ingresar al laboratorio deben estar acompañadas con su información.

### **Método de Experimentación**

#### **Pre- tratamiento**

- Se preparó dieciséis muestras de agua turbia, ocho para ser probadas con sábila (Aloe vera) y los otros ocho para ser probada con tuna (Opuntia ficus indica).
- Se realizó dos soluciones, una de mucilago de sábila (Aloe vera) y la otra de mucilago de tuna (Opuntia ficus indica).
- Se pesó la solución de los mucilagos en la balanza analítica según los antecedentes una cantidad de 18 g
- Se agregó a 0,5 litros de agua en cada solución.
- Con la solución preparada, se procede a hacer empleo de la bagueta que servirá para agitar la muestra.

#### **Procedimiento**

Para la prueba de jarras se hizo lo siguiente:

- Se agitaron las muestras de agua crudas preparada, se usó 500 ml en cada vaso precipitado, para medir la turbidez inicial.

- Las muestras permanecieron agitadas durante un minuto, con una velocidad de 100rpm. Después de este tiempo se procedió a agregar el mucilago de la sábila, donde la muestra fue agitada por 15min con una velocidad de 50rpm.
- Seguidamente se hizo uso del mucilago de la tuna, que fue agregada a la muestra donde fue agitada por 15min con una velocidad de 50rpm.
- Se reposa ambas soluciones alrededor de veinte minutos y se procede a hacer la última medición de la turbidez.
- Se lleva a cabo el mismo procedimiento para los 8 tratamientos de cada coagulante.

### **Análisis**

Por ultimo las dieciséis muestras serán enviadas al laboratorio para los resultados de la capacidad coagulante que tiene sábila (*Aloe vera*) y la tuna (*Opuntia ficus indica*).

### **3.3.2. PARA LA PRESTACIÓN DE DATOS**

Se aplicará el uso de Tablas y gráficos resultantes de análisis estadísticos, los resultados de estos serán interpretados por el investigador, los mismos que serán útiles para la discusión de la hipótesis y llegar a las conclusiones del proyecto de investigación.

### **3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Los datos serán procesados utilizando el software Word, el análisis de la información será con ayuda de Tablas de frecuencia, gráficos y pruebas de hipótesis.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

**Tabla 3**

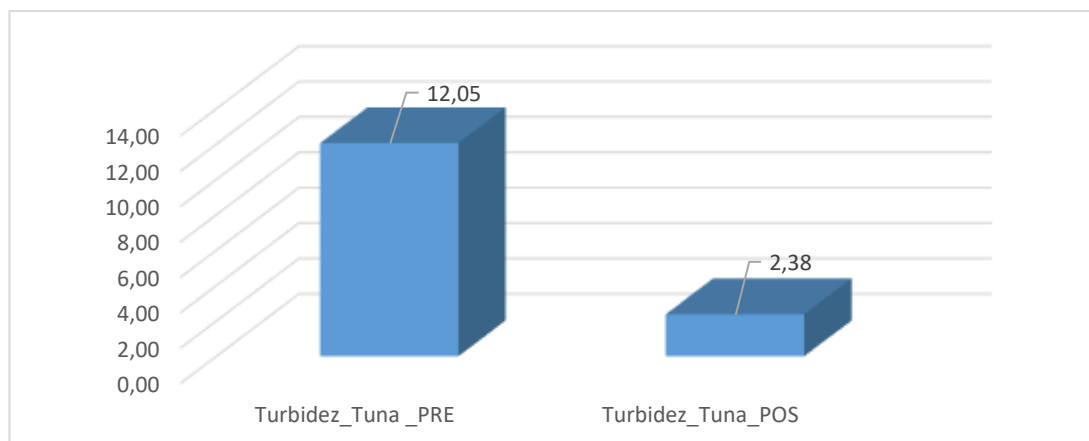
*Resultados de la remoción de turbidez en aguas crudas evaluada con la capacidad coagulante de la tuna, Huánuco, 2023*

	Turbidez_Tuna _PRE	Turbidez_Tuna POS	Turbidez_Tuna DIF
Media	12.05	2.38	-9.67
Error estándar de la media	0.18	0.12	0.07
LI 95% Nivel de confianza	11.70	2.14	-9.80
LS 95% Nivel de confianza	12.39	2.61	-9.55

*Nota.* Medidas estadísticas en las aguas crudas y después de la aplicación del coagulante.

**Figura 3**

*Resultados de la remoción de turbidez en aguas crudas evaluada con la capacidad coagulante de la tuna, Huánuco, 2023*



*Nota.* Los resultados demuestran que, con la aplicación de tuna, se ha logrado remover el 80.25% de la turbidez de las aguas con las que se inició el estudio.

**Tabla 4**

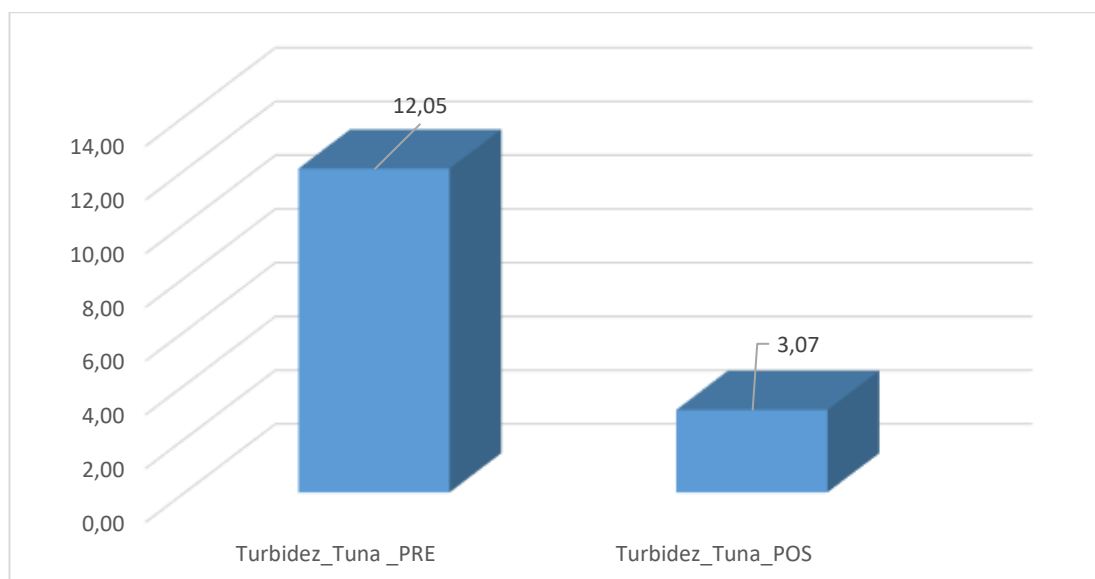
*Resultados de la remoción de turbidez en aguas crudas evaluada con la capacidad coagulante de la sábila (áloe vera), Huánuco, 2023*

	Turbidez_Sábila _PRE	Turbidez_Sábila POS	Turbidez_Sábila DIF
Media	12.05	3.07	-8.98
Error estándar de la media	0.18	0.10	0.10
LI 95% Nivel de confianza	11.70	2.87	-9.18
LS 95% Nivel de confianza	12.39	3.27	-8.78

*Nota.* Medidas estadísticas en las aguas crudas y después de la aplicación del coagulante.

**Figura 4**

*Resultados de la remoción de turbidez en aguas crudas evaluada con la capacidad coagulante de la sábila (áloe vera), Huánuco, 2023*



*Nota.* Los resultados demuestran que, con la aplicación de sábila, se ha logrado remover el 74.52% de la turbidez de las aguas con las que se inició el estudio.

**Tabla 5**

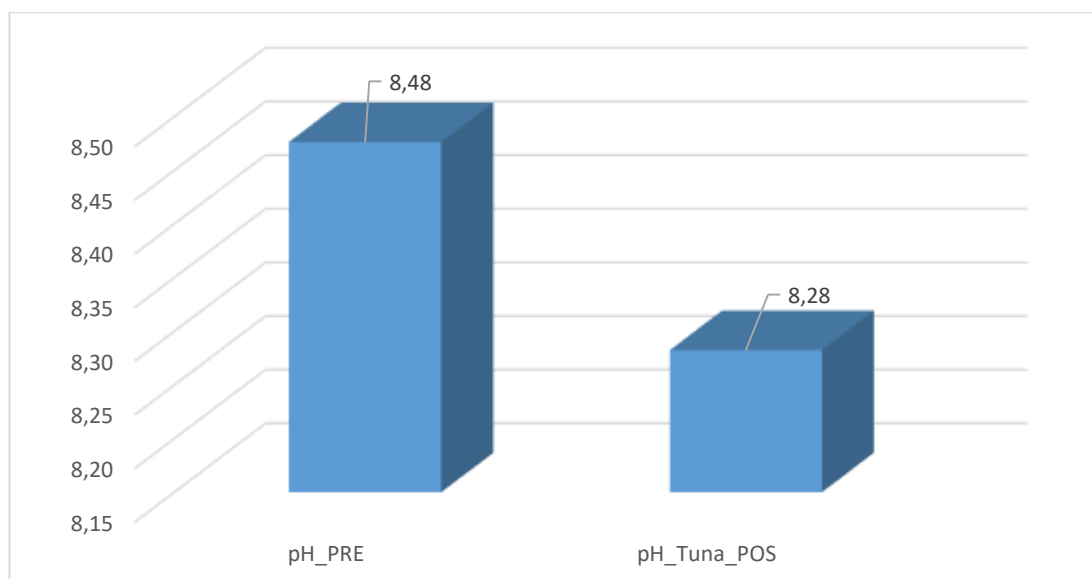
*Resultados de la variación del pH en aguas crudas luego de aplicación de coagulante de la tuna, Huánuco, 2023*

	pH_Tuna PRE	pH_Tuna POS	pH_Tuna DIF
Media	8.4763	8.2825	-0.1938
Error estándar de la media	0.02897	0.02864	0.01017
LI 95% Nivel de confianza	8.42	8.23	-0.21
LS 95% Nivel de confianza	8.53	8.34	-0.17

*Nota.* Medidas estadísticas en las aguas crudas y después de la aplicación del coagulante.

**Figura 5**

*Resultados de la variación del pH en aguas crudas luego de aplicación de coagulante de la tuna, Huánuco, 2023*



*Nota.* Los resultados demuestran que, con la aplicación de la tuna, se ha logrado disminuir en 2.36% el valor del pH de las aguas con las que se inició el estudio.

**Tabla 6**

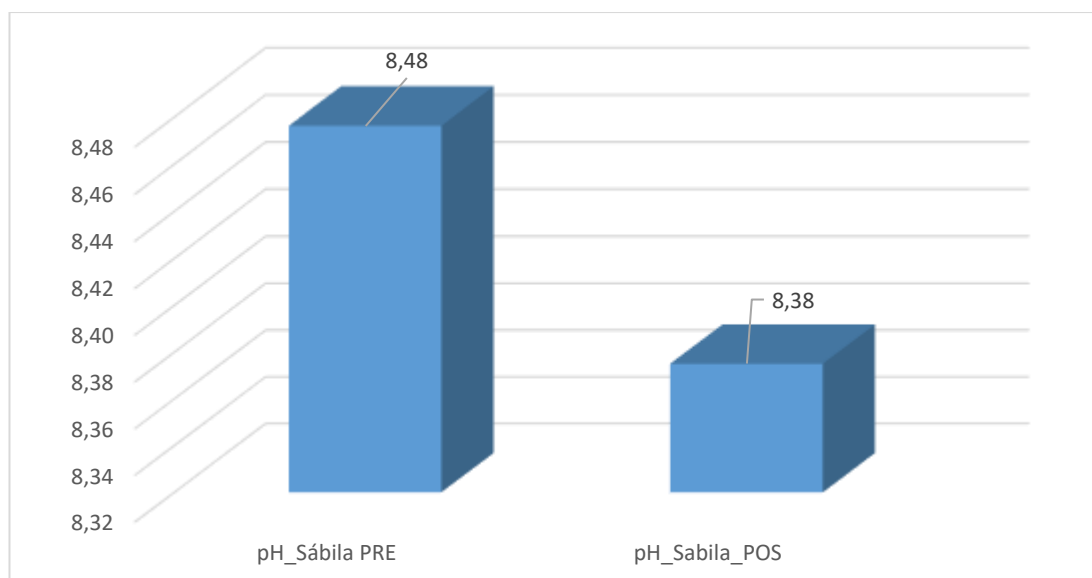
*Resultados de la variación del pH en aguas crudas luego de aplicación de coagulante de la sábila, Huánuco, 2023*

	pH_Sábila PRE	pH_Sábila POS	pH_Sábila DIF
Media	8.4763	8.3750	-0.1013
Error estándar de la media	0.02897	0.03128	0.01008
LI 95% Nivel de confianza	8.42	8.31	-0.12
LS 95% Nivel de confianza	8.53	8.44	-0.08

*Nota.* Medidas estadísticas en las aguas crudas y después de la aplicación del coagulante.

**Figura 6**

*Resultados de la variación del pH en aguas crudas luego de aplicación de coagulante de la sábila, Huánuco, 2023*



*Nota.* Los resultados demuestran que, con la aplicación de la sábila, se ha logrado disminuir en 1.18% el valor del pH de las aguas con las que se inició el estudio.

**Tabla 7**

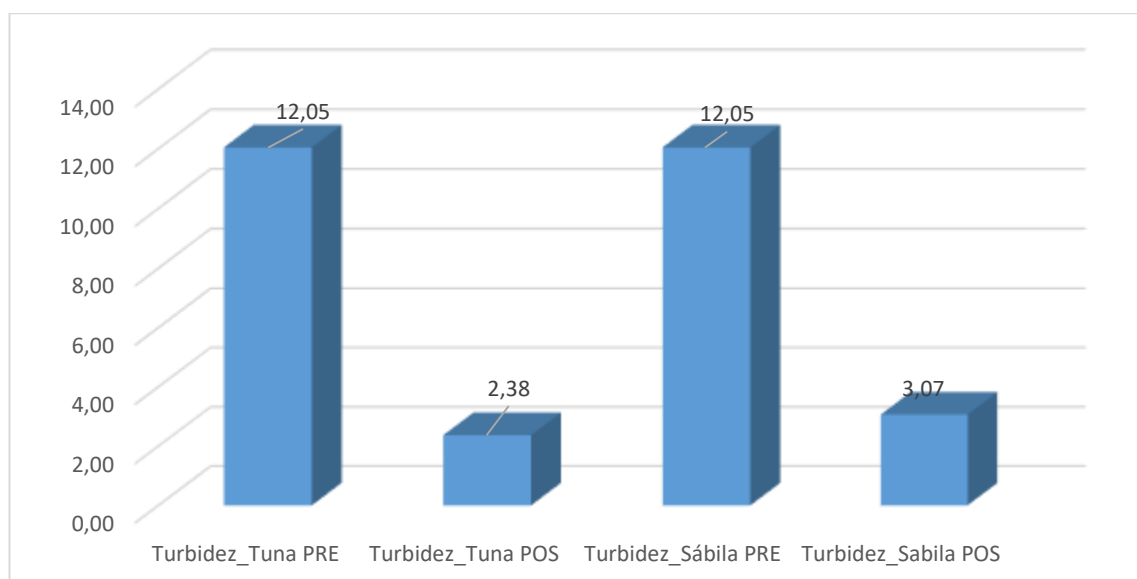
*Comparación de las diferencias descriptivas de la variación de la remoción de turbidez en aguas crudas luego de aplicación del coagulante de la tuna y la sábila, Huánuco, 2023*

	Turbidez_Tuna PRE	Turbidez_Tuna POS	Turbidez_Sábila PRE	Turbidez_Sabila POS
Media	12.05	2.38	12.05	3.07
Error estándar de la media	0.18	0.12	0.18	0.10
LI 95% Nivel de confianza	11.70	2.14	11.70	2.87
LS 95% Nivel de confianza	12.39	2.61	12.39	3.27

*Nota.* Medidas estadísticas en las aguas crudas y después de la aplicación del coagulante.

**Figura 7**

*Comparación de los resultados de la variación de la remoción de turbidez en aguas crudas luego de aplicación del coagulante de la tuna y la sábila, Huánuco, 2023*



*Nota.* Se aprecia que para el caso de la tuna, se obtuvo una reducción de la turbidez en un 80.24 % y para el caso de la sábila, se obtuvo una reducción de la turbidez en un 74.52 %.

**Tabla 8***Prueba de normalidad de los datos*

		Turbidez_Tuna _DIF	Turbidez_Sabila_D IF	pH_Tuna_DI F	pH_Sabila_D IF
N		8	8	8	8
Parámetro s normales	Media	-9,6738	-8,9800	-,1938	-,1013
	Desviación estándar	,18415	,28928	,02875	,02850
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,175	,233	,319	,278
	Positivo	,159	,143	,319	,163
	Negativo	-,175	-,233	-,184	-,278
Estadístico de prueba		,175	,233	,319	,278
Sig. asintótica (bilateral)		<b>,200</b>	<b>,200</b>	<b>,160</b>	<b>,068</b>

*Nota.* En la prueba estadística de la normalidad se ha verificado que los datos se aproximan a una distribución normal, debido a que el p-valor obtenido supera el nivel de significancia convencional de 0.05, por tal razón se recomienda el uso de una prueba estadística paramétrica, la prueba a usar sería la t de Student para muestras independientes.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

El presente estudio plantea la contrastación de la siguiente hipótesis ( $H_1$ ):

$H_1$ : La capacidad coagulante de la sábila (Aloe vera) es diferente a la capacidad coagulante del nopal/tuna (Opuntia ficus-indica) para la remoción de turbidez en aguas crudas.

Por otra parte, se tiene la hipótesis nula ( $H_0$ ), que rechaza dicha afirmación:

$H_0$ : La capacidad coagulante de la sábila (Aloe vera) no es diferente a la capacidad coagulante del nopal/tuna (Opuntia ficus-indica) para la remoción de turbidez en aguas crudas.

El nivel de significancia que se establece es el convencional, es decir, **5%**.

Prueba estadística: t de Student para muestras independientes.

Cálculo del p-valor mediante la prueba estadística.



La prueba estadística permitirá determinar las diferencias existentes entre los resultados al emplearse los distintos tratamientos.

**Tabla 9**

*Prueba t para muestras independientes*

	Prueba de Levene de		prueba t para la igualdad de medias		
	igualdad de varianzas		t	gl	Sig. (bilateral)
	F	Sig.			
Se asumen	3.030	0.104	-5.722	14	0.000
varianzas iguales					
No se asumen			-5.722	11.873	0.000
varianzas iguales					

*Nota.* Los resultados indican que existen diferencias entre los tratamientos empleados para la remoción de interés, ello se deduce debido a que el p-valor obtenido (Sig=0.000) es inferior al nivel de significancia convencional, con lo que queda demostrada la hipótesis alterna, que afirma que existe diferencia entre los tratamientos empleados (tuna y sábila) para remover la turbidez de las aguas crudas. Los resultados descriptivos indican que la tuna remueve mejor la turbidez del agua cruda.

## CAPÍTULO V

### DISCUSION DE RESULTADOS

**Con respecto al objetivo general:** Comparar la capacidad coagulante de la sábila (Aloe vera) y nopal/tuna (Opuntia ficus-indica) para la remoción de turbidez en aguas crudas.

En la comparación de la capacidad coagulante de la sábila (Aloe vera) y nopal/tuna (Opuntia ficus-indica), para la remoción de turbidez en aguas crudas, se demostró que ambos coagulantes son eficaces. La capacidad coagulante que tuvo la sábila fue de un 74.52 % y de la tuna fue de un 80.25% usando el tratamiento de coagulación y sedimentación.

Morales (2019) demostró que el mucilago de la sábila presentó un poder coagulante, pero no lo suficiente de acuerdo con el DS N° 031-2010-SA. Debido a la turbidez de la fuente de agua incluido con arcilla en sus diferentes pruebas.

Olivero, Aguas, Mercado, Casas y Montes (2014) demostraron que el mucilago de la tuna es eficaz en la clarificación en aguas crudas, poco turbias.

Pinto (2017) demostró al usar coagulantes naturales y orgánicos en aguas residuales del proceso de teñido en una empresa textil, que la tuna es más efectiva como coagulante y floculante.

Se demuestra que la especie de la tuna es más efectiva de acuerdo a sus antecedentes en el tratamiento de agua residual y cruda, con los diversos procesos como en escurrimiento, maceramiento, polvo y gel.

Se observa en la Tabla 3 y Tabla 4 que ambos coagulantes son eficaces, en aguas crudas poco turbias, siendo la tuna con mayor capacidad de remoción.

**Con respecto al objetivo específico 1:** Describir cómo es la remoción de turbidez en aguas crudas intervenida con la capacidad coagulante de la tuna, Huánuco, 2023

La capacidad de la tuna para la remoción de turbidez en aguas crudas fue muy buena, se puede observar que en la Tabla 3 que la turbiedad bajó hasta un 80.25% usando el tratamiento de coagulación y sedimentación. Esto se logró dar debido a que la fuente de agua presentaba una turbidez promedio de 12 NTU.

La tuna viene siendo probado en diferentes procesos para tratamientos de aguas residuales y/o crudas, demostrando que sus propiedades son efectivas en la remoción de turbiedad y otros parámetros.

**Con respecto al objetivo específico 2:** Describir cómo es la remoción de turbidez en aguas crudas intervenida con la capacidad coagulante de la sábila, Huánuco, 2023

La capacidad de la sábila para la remoción de turbidez en aguas crudas fue buena, se observa en la Tabla 4 que se obtuvo hasta un 74.52% de remoción usando el tratamiento de coagulación y sedimentación. Esto se debe a la turbiedad promedio de 12 NTU.

La sábila debido a algunas características que comparte con la tuna, se ha puesto a prueba en el tratamiento de aguas, demostrando efectividad.

**Con respecto al objetivo específico 3:** Describir cómo es la variación del pH en aguas crudas luego de la intervención con el coagulante de la tuna y de la sábila, Huánuco, 2023

La capacidad de la sábila y la tuna en la remoción de turbiedad interfirió en el pH del agua, esta fuente de agua presenta pH alcalino, haciendo uso de la tuna se logró bajar la alcalinidad un 2.36% mientras que con el uso de la sábila se logró un 1.18%.

**Con respecto al objetivo específico 4:** Describir las diferencias descriptivas de la variación de la remoción de turbidez en aguas crudas luego de aplicación del coagulante de la tuna y la sábila, Huánuco, 2023

Se aprecia que, para el caso de la tuna, se obtuvo una reducción de la turbidez en un 80.24 % y para el caso de la sábila, se obtuvo una reducción de la turbidez en un 74.52 %.

## CONCLUSIONES

Se concluye que efectivamente hay diferencia en la capacidad coagulante entre la sábila y la tuna, para la remoción de turbidez en aguas crudas. La capacidad coagulante que tuvo la sábila fue de un 74.52 % y de la tuna fue de un 80.25% usando el tratamiento de coagulación y sedimentación. siendo suficiente para llegar a lo establecido por DS N° 031-2010-SA.

Se concluye que la capacidad coagulante de la tuna funcionó de forma eficaz en la remoción de turbidez de aguas crudas, logrando hasta un 80.25%, obteniendo el resultado debido a la turbidez presente en la fuente de agua.

Se concluye que el mucilago de la sábila tiene poder coagulante en la remoción de turbiedad de aguas, logrando hasta un 74.52%, esto se debe a la turbidez de la fuente de agua.

Se concluye que ambos coagulantes naturales intervinieron en el pH de la fuente de agua, reduciendo su alcalinidad hasta un 2.36% como resultado de la tuna y un 1.16% resultado de la sábila, el agua no logró llegar a un pH neutro, pero logró bajar la alcalinidad del agua de forma mínima.

Se concluye que, descriptivamente, en las unidades observadas, con el tratamiento usando sábila y la tuna, la tuna tiene mayor efectividad, frente al tratamiento de coagulación y sedimentación.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que hacer uso de los coagulantes naturales en zonas donde no llega el agua potable como una solución sostenible y amigable con el medio ambiente y es de bajo costo.
- Se recomienda a la comunidad del centro poblado de Matibamba hacer uso de la tuna esta planta crece de manera silvestre en la zona y facilita su obtención, es más eficaz en la coagulación y sedimentación para la remoción de turbidez del agua captada del canal de riego, de preferencia en los meses de lluvia cuando el agua es más turbia.
- Se recomienda a la Universidad de Huánuco implementar los laboratorios para realizar más análisis de los recursos.
- Se recomienda al gobierno regional, dar atención a las comunidades más alejadas, para brindarles un agua potable, accesible y así cuidar la salud de más personas de la región.
- Se recomienda a otros investigadores con el mismo interés del tema abordado, que ambos coagulantes son efectivos calculando el tiempo de sedimentación, en caso de la sábila, si se deja sedimentar por horas el agua se hará turbia, por las mismas propiedades de la planta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Amirtharajah, A. (1987) *“Seminario Intemacional sobre Tecnología Simplificada para potabilización del agua”* Acodal. Cali-Colombia.  
<https://b-ok.lat/book/2724275/cb1f8c?id=2724275&secret=cb1f8c>
- Arboleda, J. (1992) Libro *“Teoría y práctica de la Purificación del agua”*, ed. Acodal, 1992. Colombia.  
<https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/teoria.pdf>
- Babora, R., Freire, R. & Olivera, W. (2014): *“Remoción de Turbidez de Aguas Usando Aloe Vera como Coagulante Natural”*  
[https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11549/DiestraRamos\\_F%20%20RamosParedes\\_I.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11549/DiestraRamos_F%20%20RamosParedes_I.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Beltrán, J., Sanchez, J. & Gomez, M. (2010) *“Nuevos agentes coagulantes a partir del extracto de tanino: estudios preliminares de optimización”* Revista de ingeniería química 162 (3): 1019-1025.  
<https://doi.org/10.22490/21456453.3081>
- Black, A., & Christiman, R. (1963) *“Características de las aguas superficiales coloreadas”*. Jour AWWA. 55(7): 897  
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/07926-08.pdf>
- Bratby, J. (1980) *“Coagulación y floculación”*. Revista Uplands Press, Londres.  
<https://es.scribd.com/document/428773419/Ingenieria-Tecnologia-Memoria-VCRC-2017-pdf>
- Bravo, M. (2017). *“Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, solidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales”*. Universidad Distrital Francisco José De Caldas.  
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/5609>
- Calderón, H. (2019) *“Remoción de arsénico mediante el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana para el tratamiento de*

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

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

Calderón, M., Quiñonez, M., & Pedraza, J. (2011) “*Efectos benéficos del aloe*” Vertientes Revista Especializada en Ciencias de la Salud, 14(2):53-73, 2011.

<https://www.medigraphic.com/pdfs/vertientes/vre-2011/vre112a.pdf>

Cerna, A. (2020) “*Optimización de las dosis de alúmina en diferentes valores de pH y turbidez iniciales para la remoción de turbidez en el agua de consumo humano de la UNAS*”, Universidad Nacional Agraria De La Selva.

<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1732>

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

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

Dempsey, B. (2006) “*Características y reacciones de los coagulantes*”. Interface Science and Technology Vol. 10, Elsevier, Países Bajos, 5p.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852018000200008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000200008)

Díaz, Y., Campos, E., Rocabrano, C., & Uruchurtu, J. (2019) “*Aditivo natural (mucílago de nopal) sobre las propiedades electroquímicas del acero de refuerzo del hormigón*” Revista ALCONPAT, 9(3), 260 - 276.

<https://www.revistaalconpat.org>



Espinosa, R., & Zuluaga, S. (2018). *“Evaluación de la capacidad de dos coagulantes naturales para la remoción de cargas contaminantes en el efluente final de la empresa textil Inruuzz S.A.S con respecto al coagulante comercial sulfato de aluminio”* Universidad El Bosque.

<https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/118/browse?type=author&value=Espinosa+Ot%C3%A1lora%2C+Rub%C3%A9n+Dar%C3%ADo>

Guzmán, L., Villabona, A., Tejada, C. & García, R. (2013) *“Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión”*, Revista U.D.C.A Actualidad y divulgación científica 16(1): 253 – 262

<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/881>

Lavoisier, A. (1770) Libro *“Tratado elemental de química”*

<https://revistas.unal.edu.co>

López, M. (2018). *“Evaluación del uso de la cactácea Opuntia ficus-indica como coagulante natural para el tratamiento de aguas”*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3541>

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”*. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.

<http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/721>

Martínez, J., & González, L. (2012). *“Evaluación del poder coagulante de la tuna (Opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas”*. Universidad De Cartagena.

<https://n9.cl/ebudy>

MINSA (2007). *“Protocolo De Monitoreo De La Calidad Sanitaria De Los Recursos Hídricos Superficiales”* Perú.

[http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf)

Morales, J. (2019). "*Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano – Oxapampa – 2018*". Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

<https://1library.co/document/q5wkvlwq-determinacion-coagulante-sabila-remocion-turbidez-tratamiento-consumo-oxapampa.html>

Moreno, S. (2016). "*Disminución de la turbidez del agua del río Crisnejas en la comunidad de Chuquibamba-Cajabamba utilizando Opuntia ficus indica, Aloe vera y Caesalpinia spinosa*". Universidad César Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/6854?show=full>

Ndabigengesere, A., Narasiah, K. & Talbot, B. (1995) "*Agentes activos y mecanismo de coagulación de aguas turbias utilizando Moringa-Oleifera*". Water Research, 29, 703-710.

[https://issuu.com/olhoyoss/docs/memorias\\_xviiiiccq\\_2019\\_popayan](https://issuu.com/olhoyoss/docs/memorias_xviiiiccq_2019_popayan)

Olivero, R., Aguas, Y., Mercado I., Casas D. & Montes L. (2014) "*Utilización de Tuna (opuntia ficus-indica) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas*"

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/302/238>

OMS (2012). "*Informe acerca de los progresos sobre el agua potable y saneamiento*".

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992020000100157&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992020000100157&script=sci_arttext)

Packham, R. (1964) "*Studies of Organic Color in Natural Water*". Proc. Soc. Water Treat. Exam., 13:316

<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/teoria.pdf>

Pinto, A. (2017). *“Evaluación y comparación de la efectividad del uso de floculantes naturales Aloe vera (sábila) y Opuntia ficus-indica (nopal/tuna) y orgánicos (Ferrocryl® y Chemlok 2040 ®) en el tratamiento de aguas residuales del proceso de teñido de la empresa Franky y Ricky S.A.”*. Universidad Católica de Santa María.

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM\\_b2de5a2e4efa9a69677274f4ece4c69e](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_b2de5a2e4efa9a69677274f4ece4c69e)

Ramírez, H., & Jaramillo, J. (2015). *“Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua”*. UNIMILITAR.

<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/document-1.pdf>

Reynolds, K. (2002). *“Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica: Identificación del Problema.”*

<http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>.

Reynolds, T., & Dweck, A. (1999) *“Gel de hoja de aloe vera: una actualización de revisión”* National Library of Medicine.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10624859/>

Rivas, M. (1998). *“Cactáceas de Costa Rica. San José”*, Costa Rica: EUNED. p 33

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3688/TESIS%20reparada%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, M., Lugo, U., Rojas C., & Malaver, C. (2007) *“Evaluación del proceso de la coagulación para el diseño de una planta potabilizadora”*. Umbral Científico. 11:8-16.

<https://www.redalyc.org/pdf/304/30401102.pdf>

Romero, J. (2000) *“Calidad Del Agua”*, Escuela Colombiana de Ingeniería.

<https://www.librosyeditores.com>

Romero, R. (1996) *“Acuiquímica”* Escuela Colombiana De Ingeniería.

<https://revistas.udistrital.edu.co>

Saag, L., Sanderson, G., Moyna, P. & Ramos, G. (1975) "*Composición del mucílago de Cactaceae*" Revista de ciencia de la alimentación y la agricultura Volumen 26, Número 7 pag. 993-1000.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.2740260716>

Sampieri, R., Collado, C. & Lucio, P. (2003) "*Metodología de la Investigación*" McGraw – Hill Interamericana, México.

<http://metodos-comunicacion.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/219/2014/04/Hernandez-Sampieri-Cap-1.pdf>

Sotheeswaran, S., Nand, V., Matakite, M. & Kanayathu, K. (2011) "*Moringa oleifera y otras semillas locales en la purificación de agua en países en desarrollo*", Revista de investigación de química y medio ambiente 15, 2.

[https://www.researchgate.net/publication/255484408\\_Moringa\\_oleifera\\_and\\_Other\\_Local\\_seeds\\_in\\_Water\\_Purification\\_in\\_Developing\\_Countries](https://www.researchgate.net/publication/255484408_Moringa_oleifera_and_Other_Local_seeds_in_Water_Purification_in_Developing_Countries)

Supo, J. & Zacarías, H. (2020) "*Metodología de la investigación científica: Para las Ciencias de la Salud y las Ciencias Sociales*"

[https://books.google.com.pe/books/about/Metodolog%C3%8Da\\_de\\_la\\_Investigaci%C3%93n\\_Cient.html?id=WruXzQEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Metodolog%C3%8Da_de_la_Investigaci%C3%93n_Cient.html?id=WruXzQEACAAJ&redir_esc=y)

Trujillo, D., Duque, L., Arcila, J., & Rincón, A. (2014) "*Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano*" Rev. ion vol.27 no.1 Bucaramanga Jan./June 2014

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-100X2014000100003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-100X2014000100003)

UNICEF (2014). "*Water and Sanitation*".

[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2014/jmp-report/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2014/jmp-report/en/)

Vargas, J. (2018). “*Comparación de la capacidad coagulante del opuntia ficus indica mill de tres departamentos para el tratamiento de aguas del rio Chillón-Aahh Santa Cruz Del Norte- Lima 2018*”. Universidad César Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21095?show=full>

Vargas, L. (1990) Libro: “*Criterios para la selección de los procesos y de los parámetros óptimos de las unidades*” Cap. 11

<https://docplayer.es/36882906-Capitulo-11-criterios-para-la-seleccion-de-los-procesos-y-de-los-parametros-optimos-de-las-unidades.html>

Vargas, M., & Romero L. (2006) “*Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica*” *Tecn. Marcha*. 19(4):37-41

<https://www.metarevistas.org/Record/oai:ojs:revistas.udca.edu.co:articulojs-881/Details>

Villa, D. & Osorio, M. (2020). “*Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos*”. *Revista Científica Dominios de las Ciencias*.

[https://redib.org/Record/oai\\_articulo2635327-extracci%C3%B3n-propiedades-y-beneficios-de-los-muc%C3%ADlagos](https://redib.org/Record/oai_articulo2635327-extracci%C3%B3n-propiedades-y-beneficios-de-los-muc%C3%ADlagos)

Warner, E. (1972). “*Impacto Económico de los Nuevos Procesos de Tratamiento de Agua*”. Asunción, Paraguay: Memorias Simposio Nuevos Métodos de Tratamiento de Agua. 527 – 536.

[https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34251/lmcuadr\\_ospu.pdf?sequence=1](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34251/lmcuadr_ospu.pdf?sequence=1)

## **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Campos Firma, M. (2024). *Comparación de la capacidad coagulante de sábila (aloe vera) y nopal/tuna (opuntia ficus-indica) para la remoción de turbidez en aguas crudas* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: “Comparación de la capacidad coagulante de la sábila (*Aloe vera*) y nopal/tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la remoción de turbidez en aguas crudas”.

Problema General	Objetivo General	Hipótesis general	Variable /indicadores	Metodología
¿Cuál es la capacidad coagulante de la sábila ( <i>Aloe vera</i> ) y nopal/tuna ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) para la remoción de turbidez en aguas crudas?	Comparar la capacidad coagulante de la sábila ( <i>Aloe vera</i> ) y nopal/tuna ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) para la remoción de turbidez en aguas crudas.	La capacidad coagulante de la sábila ( <i>Aloe vera</i> ) es diferente a nopal/tuna ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) para la remoción de turbidez en aguas crudas	<b>Variable de calibración</b> Coagulantes naturales <i>Aloe vera</i> (sábila) y <i>Opuntia ficus-indica</i> (nopal/tuna) <b>Variable evaluativa</b> Remoción de turbidez en aguas crudas Parámetro físico - Turbidez del agua	El tipo de investigación: prospectivo, analítico, longitudinal y con intervención del investigador Enfoque: cuantitativo. Alcance o nivel: nivel aplicativo Diseño: experimental  G. E.1 $\Theta_1$ -----X----- $\Theta_2$ G. E.2 $\Theta_1$ -----X----- $\Theta_2$
Problemas específicos	Objetivos específicos			Población: está conformada por aguas turbias del río Huallaga, Amarilis – Huánuco-Huánuco. Muestra: 12 litros de agua turbia superficial.
¿Cómo es la remoción de turbidez en aguas crudas intervenida con la capacidad coagulante de la tuna, Huánuco, 2023?	Describir cómo es la remoción de turbidez en aguas crudas intervenida con la capacidad coagulante de la tuna, Huánuco, 2023			
¿Cómo es la remoción de turbidez en aguas crudas intervenida con la capacidad coagulante de la sábila, Huánuco, 2023?	Describir cómo es la remoción de turbidez en aguas crudas intervenida con la capacidad coagulante de la sábila, Huánuco, 2023			
¿Cómo es la variación del pH en aguas crudas luego de la intervención con el coagulante de	Describir cómo es la variación del pH en aguas crudas luego de la			

---

la tuna y de la sábila, Huánuco, 2023?  
¿Cuáles son las diferencias descriptivas de la variación de la remoción de turbidez en aguas crudas luego de aplicación del coagulante de la tuna y la sábila, Huánuco, 2023?

intervención con el coagulante de la tuna y de la sábila, Huánuco, 2023  
Describir las diferencias descriptivas de la variación de la remoción de turbidez en aguas crudas luego de aplicación del coagulante de la tuna y la sábila, Huánuco, 2023

---



## ANEXO 2

# CARTA DE COMPROMISO DEL ESTUDIANTE Y ASESOR



**UDH**  
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
1945

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**Facultad de Ingeniería**  
Programa Académico de Ingeniería Ambiental



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

### CARTA DE COMPROMISO DEL ESTUDIANTE Y ASESOR

Huánuco, 11 de agosto de 2023


Al firmar la presente:


Hacemos constar que recibimos el reglamento de uso de laboratorio y equipos reglamento que hemos leído.

Nos comprometemos a acatar las disposiciones del reglamento  
Hacemos constar que conocemos el manejo y uso de los equipos solicitados

Como asesor y alumno, aceptamos la responsabilidad de cubrir los gastos que se generen por reposición o compostura de los equipos y partes, debido a negligencia o impericia, así como la reposición por pérdida de material

Los servicios y los costos derivados del desgaste normal del equipo serán cubiertas por el Laboratorio.

  
NOMBRE: Dr. Héctor Zacañas Ventura  
Asesor


  
NOMBRE: Mayra Katarmit Campos Firra  
Alumna

c.c.  
Archivo  
Laboratorio de Química Ambiental de P.A. de Ingeniería Ambiental


Carretera Central Km. 2.5 - La Esperanza Teléfono N° 51-9773 - Anexo 310 Huánuco - Perú  
E-mail: [laboratorioambiental@udh.edu.pe](mailto:laboratorioambiental@udh.edu.pe) / [secretaria.ambiental.hco@udh.edu.pe](mailto:secretaria.ambiental.hco@udh.edu.pe)

# ANEXO 3

## SOLICITUD DE USO DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**Facultad de Ingeniería**  
 Programa Académico de Ingeniería Ambiental



---

"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

HUÁNUCO, 11 DE AGOSTO DE 2023

**SEÑORA:** Mg. BERTHA LUCILA CAMPOS RIOS  
 (Decana de la Facultad de Ingeniería)

**ALUMNO:** Mayra Katzynt Campos Firme  
 BACHILLER  EGRESADA ( ) ESTUDIANTE ( ) OTRO ( )

**ASESOR O TUTOR:** Dr. Hector Zaccarias Ventura

**TÍTULO DE TESIS, PROYECTO O ESTANCIA:** *Comparación de la capacidad de la Sábila (AlbeVero) y Nepal/Tuna (Opuntia ficus-indica) Para la remoción de trióxido en aguas crudas*  
**E-MAIL:** 201711744 @udh.edu.pe

**SOLICITA:** Uso de laboratorio  Equipo ( )

**SOLICITA CLAVE DE ACCESO DE LABORATORIO:** SI ( ) No

**PERIODO DE PRÉSTAMO DE LABORATORIO:**

FECHA	HORA
22-08-23 al 24-08-23	4:00 pm - 6:00 pm

**LISTA DE EQUIPO Y MATERIALES A SOLICITAR**

Cantidad	Descripción del equipo	Descripción de materiales	OBSERVACIONES
1	Turbidímetro	Vaso Precipitado	
1	Colimetro	Briguela	
1	Autotoma Análisis	Mataz	
1	Aguavir		

**ADJUNTO:**

- BOLETA DE PAGO
- CARTA DE COMPROMISO

*[Firma]*  
**NOMBRE:** Dr. Hector Zaccarias Ventura  
**ASESOR**

*[Firma]*  
**NOMBRE:** Mayra Katzynt Campos Firme  
**ALUMNO**

**Nota:** En caso de pérdida, robo y/o descompostura del equipo y material prestado, el usuario deberá reponerlo o gestionar los recursos para su reposición. No se recibirán solicitudes que no vengan firmadas por el tutor. Las solicitudes deberán ser entregadas al responsable con una semana de anticipación a la fecha de solicitud de préstamo del material.

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

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Exp. N° .....  
**11 AGO. 2023**  
 HORA: 19:22  
**RECIBIDO**

## ANEXO 4 PANEL FOTOGRÁFICO



*Recolección de muestras del canal de riego en el centro poblado de Matibamba.*



*Muestras llevadas al laboratorio de la Universidad de Huánuco.*



*Preparación del mucilago de la sábila y tuna*



*La muestra agua es agitada para calcular la turbidez inicial*



*Medición inicial de la turbidez del agua*



*Medición del pH inicial*



*Las soluciones son pesadas para cada tratamiento.*



*Proceso de agitación de las muestras.*



*Proceso de sedimentación de las muestras.*



*Proceso de tratamiento en el laboratorio en la Universidad de Huánuco.*



*Medición del pH final.*



*Medición de la turbidez final.*