

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“EFICIENCIA DEL COAGULANTE NATURAL EXTRAÍDO DE LA  
CÁSCARA DE PLÁTANO BELLACO HARTON (*Musa sp.*) PARA  
LA REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA PROVENIENTE  
DE LOS PANTANOS DE VILLA – CHORRILLOS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**AUTORES:**

CARMEN VERONICA ARENAS PALACIOS

CARLOS GUSTAVO LINARES CARRION

**ASESOR:**

Ing. Dr. LUIS AMERICO CARRASCO VENEGAS

**LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

**CALLAO 2024**

**PERU**



## INFORMACIÓN BÁSICA

<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería Química
<b>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:</b>	Facultad de Ingeniería Química
<b>TÍTULO:</b>	“Eficiencia del Coagulante Natural extraído de la Cáscara de Plátano Bellaco Hartón ( <i>Musa sp.</i> ) para la reducción de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos De Villa – Chorrillos”
<b>AUTORES / CÓDIGO ORCID / DNI</b>	Arenas Palacios, Carmen Veronica 0009 – 0007 – 6461 – 4174 / 71446370 Linares Carrion, Carlos Gustavo 0009 – 0006 – 4972 – 2479 / 70439399
<b>ASESOR / CÓDIGO ORCID / DNI</b>	Carrasco Venegas, Luis Americo 0000 – 0002 – 7832 – 3366 / 25825871
<b>LUGAR DE EJECUCIÓN</b>	Laboratorio de Ingeniería Química
<b>UNIDAD DE ANÁLISIS</b>	Muestra de agua tomada de los Pantanos de Villa - Chorrillos
<b>TIPO / ENFOQUE / DISEÑO</b>	Aplicada / Cuantitativa / Experimental
<b>EXPERIMENTAL</b>	
<b>TEMA OCDE</b>	2.4.2 Ingeniería de Proceso

## HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

La presente Tesis fue sustentada por la señorita bachiller **ARENAS PALACIOS CARMEN VERONICA** y el señor bachiller **LINARES CARRION CARLOS GUSTAVO** ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

**Ing. Dr. DIAZ BRAVO PABLO BELIZARIO : PRESIDENTE**

**Ing. Dr. MEDINA COLLANA JUAN TAUMATURGO : SECRETARIO**

**Lic. Dr. TRUJILLO PÉREZ SALVADOR APOLINAR: VOCAL**

**Lic. Mg. CABRERA ARISTA CESAR : SUPLENTE**

**Ing. Dr. CARRASCO VENEGAS LUIS AMERICO : ASESOR**

Tal como está asentado en el Libro de Actas N°01 Folio N°140 y Acta N°139 de fecha **VEINTISÉIS DE OCTUBRE DEL 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis con Ciclo Taller de Tesis, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado con la resolución N°150 – 2023 CU de fecha 15 de junio de 2023.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
XII CICLO TALLER DE TESIS  
JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



ACTA N° 139 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

LIBRO N° 01 FOLIO N° 140 ACTA N° 139 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

A los 26 días del mes de octubre del 2024, siendo las 10:11...horas, se reunieron, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, el JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS, para la obtención del Título profesional de Ingeniero Químico, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao:

Ing. Dr. DIAZ BRAVO PABLO BELIZARIO	PRESIDENTE
Ing. Dr. MEDINA COLLANA JUAN TAUMATURGO	SECRETARIO
Lic. Dr. TRUJILLO PÉREZ SALVADOR APOLINAR	VOCAL
Lic. Mg. CABRERA ARISTA CESAR	SUPLENTE
Ing. Dr. CARRASCO VENEGAS LUIS AMÉRICO	ASESOR

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los bachilleres LINARES CARRIÓN CARLOS GUSTAVO Y ARENAS PALACIOS CARMEN VERONICA, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico, sustentan la tesis "EFICIENCIA DEL COAGULANTE NATURAL EXTRAÍDO DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO BELLACO HARTON (*Musa sp.*) PARA LA REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA PROVENIENTE DE LOS PANTANOS DE VILLA – CHORRILLOS", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera presencial.

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado de Sustentación y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por APROBADO con la escala de calificación cualitativa BUENO y calificación cuantitativa 16, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio de 2023.

Se dio por concluida la sustentación a las 10:45... horas del día 26 de octubre del año en curso.

Ing. Dr. DIAZ BRAVO PABLO BELIZARIO  
PRESIDENTE DE JURADO DE SUSTENTACIÓN

Ing. Dr. MEDINA COLLANA JUAN TAUMATURGO  
SECRETARIO DE JURADO DE SUSTENTACIÓN

Lic. Dr. TRUJILLO PÉREZ SALVADOR APOLINAR  
VOCAL DE JURADO DE SUSTENTACIÓN

Lic. Mg. CABRERA ARISTA CESAR  
SUPLENTE DE JURADO DE SUSTENTACIÓN

Ing. Dr. CARRASCO VENEGAS LUIS AMÉRICO  
ASESOR DE JURADO DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
XII CICLO TALLER DE TESIS  
JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



*“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”*

**INFORME N° 005-2024-JS-XIICTT-FIQ**

DE : Ing. Dr. DIAZ BRAVO PABLO BELIZARIO  
PRESIDENTE DE JURADO DE SUSTENTACIÓN  
XII CICLO TALLER DE TESIS – FIQ

PARA : Ing. Dr. CALDERÓN CRUZ JULIO CESAR  
DECANO – FIQ

ASUNTO : LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES

FECHA : Bellavista, 20 de noviembre de 2024

Me dirijo a usted para saludarlo cordialmente y a su vez comunicarle que al haberse visto y revisado las observaciones formuladas por el Jurado de Sustentación del XII Ciclo Taller de Tesis FIQ a la Tesis titulada **“EFICIENCIA DEL COAGULANTE NATURAL EXTRAÍDO DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO BELLACO HARTON (*Musa sp.*) PARA LA REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA PROVENIENTE DE LOS PANTANOS DE VILLA – CHORRILLOS”** presentado por los bachilleres señor **LINARES CARRIÓN CARLOS GUSTAVO** y señorita **ARENAS PALACIOS CARMEN VERONICA** de la Facultad de Ingeniería Química, el Jurado de Sustentación da su conformidad respecto al levantamiento de observaciones para que continúe con los trámites respectivos.

Atentamente.

Ing. Dr. DIAZ BRAVO PABLO BELIZARIO  
PRESIDENTE DE JURADO DE SUSTENTACIÓN  
XII CICLO TALLER DE TESIS – FIQ

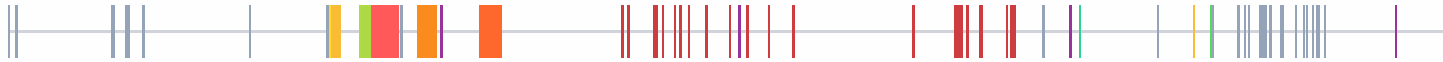
# TESIS LINARES CARRION - ARENAS PALACIOS

**11%**  
Textos sospechosos

**11% Similitudes**  
< 1% similitudes entre comillas  
2% entre las fuentes mencionadas  
**2% Idiomas no reconocidos (ignorado)**

<b>Nombre del documento:</b> TESIS LINARES CARRION - ARENAS PALACIOS.pdf <b>ID del documento:</b> f9ed353d3ea1732f304de634191d6a26db1ced49 <b>Tamaño del documento original:</b> 3,4 MB <b>Autores:</b> []	<b>Depositante:</b> FIQ PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION <b>Fecha de depósito:</b> 21/10/2024 <b>Tipo de carga:</b> interface <b>fecha de fin de análisis:</b> 21/10/2024	<b>Número de palabras:</b> 15.180 <b>Número de caracteres:</b> 105.454
---	--	---

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes de similitudes

### Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>repositorio.umsa.bo</b> http://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/123456789/29822/1/PG-2538.pdf 2 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (546 palabras)
2	<b>bibdigital.epn.edu.ec</b>   Repositorio Digital - EPN: Estudio de la actividad coagulante/... https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25664 3 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (291 palabras)
3	<b>repositorio.unac.edu.pe</b>   Remoción de turbiedad y sólidos suspendidos totales con... https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6368 3 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (262 palabras)
4	<b>repositorio.unac.edu.pe</b> https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/20.500.12952/6368/1/TESIS_PREGRADO_DAVIRAN_FIA... 11 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (258 palabras)
5	<b>www.redalyc.org</b> https://www.redalyc.org/journal/3420/342068240009/342068240009.pdf 2 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (276 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>bibdigital.epn.edu.ec</b>   Repositorio Digital - EPN: PIS-15-20 - Estudio del comportami... https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24150	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
2	<b>www.scielo.org.pe</b> http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v88n4/1810-634X-rsqp-88-04-301.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
3	<b>PROYECTO_ISIDRO NUÑEZ JULIO WALTHER.pdf</b>   PROYECTO_ISIDRO NUÑ... #43ca12 El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
4	<b>www.repositorio.usac.edu.gt</b> http://www.repositorio.usac.edu.gt/6697/1/Mary Karen Carrillo.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
5	<b>PT CHAVEZ FERNANDEZ RAMOS.pdf</b>   PT CHAVEZ FERNANDEZ RAMOS #c8f76a El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)

### Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://bit.ly/2VuaZ7M
2	https://doi.org/10.18273/revion.v33n2
3	https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/9830
4	http://webcd.usal.es/Web/ETAP/unidades/documen.alu/jartest/jartest.htm
5	http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34157105008

## **DEDICATORIA**

Dedicamos esta tesis principalmente a Dios, por brindarnos la fortaleza necesaria para alcanzar este objetivo. A nuestros progenitores, por su amor incondicional y por inspirarnos a seguir adelante. A nuestra hija, Alessia Fernanda, quien nos motiva a progresar. Y a nuestros hermanos, agradecemos su apoyo constante durante las largas noches de investigación.



## **AGRADECIMIENTO**

Expresamos nuestra gratitud a Dios por las valiosas experiencias adquiridas durante nuestra trayectoria en la universidad, así como a la institución por facilitarnos la formación profesional en nuestra pasión. Agradecemos a la universidad por permitirnos convertirnos en profesionales en lo que tanto amamos. Esta tesis servirá como testimonio y evidencia perdurable en el acervo de conocimientos y desarrollo de las futuras generaciones.

# INDICE

INDICE DE FIGURAS .....	10
INDICE DE TABLAS .....	11
RESUMEN .....	12
ABSTRACT .....	13
INTRODUCCIÓN .....	14
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	15
1.2. Formulación del problema.....	15
1.2.1. Problema General .....	15
1.2.2. Problemas Específicos .....	16
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. Objetivo General .....	16
1.3.2. Objetivos Específicos .....	16
1.4. Justificación .....	16
1.5. Delimitantes de la investigación.....	18
1.5.1. Teórica .....	18
1.5.2. Espacial.....	18
1.5.3. Temporal .....	18
II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes.....	19
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	19
2.2.2. Antecedentes nacionales .....	22
2.2. Bases teóricas .....	27
2.2.1. Parámetros de la calidad del agua .....	27
2.2.2. Parámetros de contaminación por materia orgánica.....	31

2.2.3. Método de coagulación – floculación .....	32
2.2.4. Procesos de Reducción de Sólidos .....	38
2.2.5. Cáscara de plátano .....	38
2.3. Marco conceptual .....	44
2.4. Definición de términos básicos. ....	45
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	47
3.1. Hipótesis.....	47
3.1.1. Hipótesis general.....	47
3.1.2. Hipótesis específicas.....	47
3.2. Operacionalización de variable .....	47
3.2.1. Variables independientes .....	47
3.2.2. Variable dependiente.....	47
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO .....	49
4.1. Diseño metodológico .....	49
4.2. Método de investigación .....	51
4.3. Población y muestra .....	63
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado .....	64
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	64
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	65
4.7. Aspectos éticos en investigación .....	65
V. RESULTADOS .....	66
5.1. Resultados descriptivos .....	66
5.2. Resultados inferenciales.....	71
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	75
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares. ....	76
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes.....	77

VII.	CONCLUSIONES .....	78
VIII.	RECOMENDACIONES.....	79
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	80
	ANEXOS .....	85
	ANEXO I: Matriz de consistencia .....	86
	ANEXO II: Data recopilada para determinar el % de remoción de la turbidez del agua de los Pantanos de Villa .....	87
	ANEXO III: Certificados de resultados de laboratorio.....	88

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Adición de agentes químicos aplicando energía en la mezcla .....	33
<b>Figura 2</b> Desestabilización del coloide y compresión de la capa difusa .....	34
<b>Figura 3</b> Musa acuminata, banana fruto partenogénico .....	39
<b>Figura 4</b> Fórmula química de la celulosa .....	41
<b>Figura 5</b> Fórmula química de la hemicelulosa.....	42
<b>Figura 6</b> Estructura química del almidón.....	43
<b>Figura 7</b> Determinación de humedad de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp.).....	52
<b>Figura 8</b> Determinación de cenizas de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp.).....	53
<b>Figura 9</b> Determinación del pH de la casaca de plátano Bellaco Hartón (Musa sp.) ...	54
<b>Figura 10</b> Selección de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp).....	55
<b>Figura 11</b> Lavado superficial de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp) .....	56
<b>Figura 12</b> Cortado de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp) .....	56
<b>Figura 13</b> Secado de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp).....	57
<b>Figura 14</b> Molienda de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp).....	58
<b>Figura 15</b> Malla N°18 de 1 mm utilizada en el macro molino .....	59
<b>Figura 16</b> Equipo Soxhlet .....	59
<b>Figura 17</b> Coagulantes realizados a pH 6, 7 y 8 .....	61
<b>Figura 18</b> Prueba de Jarras .....	62
<b>Figura 19</b> Prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov para porcentaje de remoción de turbidez .....	71

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Características químicas de cascara de plátano .....	40
<b>Tabla 2</b> Operacionalización de las variables operacional .....	48
<b>Tabla 3</b> Matriz del diseño experimental .....	50
<b>Tabla 4</b> Simulación del Proceso de coagulación y floculación.....	62
<b>Tabla 5</b> Características fisicoquímicas del plátano Bellaco Harton (sp.) .....	66
<b>Tabla 6</b> Resultados de la caracterización fisicoquímica inicial de los Pantanos de Villa .....	67
<b>Tabla 7</b> Remoción de turbidez - pH .....	68
<b>Tabla 8</b> Prueba t de una muestra para la remoción de turbidez con respecto al pH .....	72
<b>Tabla 9</b> Prueba t de una muestra para la remoción de turbidez con respecto a la concentración .....	73
<b>Tabla 10</b> Comparaciones en parejas de Tukey para la remoción de turbidez, con respecto a la concentración.....	73
<b>Tabla 11</b> Remoción de turbidez con respecto al pH y dosificación de coagulante a 400 ppm.....	74
<b>Tabla 12</b> Comparaciones en parejas de Tukey para la remoción de turbidez, con respecto al pH a la concentración de 400 ppm de coagulante .....	74

## RESUMEN

Hoy en día, la búsqueda de nuevas opciones para eliminar la turbidez en el procesamiento de aguas residuales cobra cada vez más relevancia; debido al significativo efecto ambiental que produce el uso constante de coagulantes inorgánicos en el ámbito industrial en Perú. El objetivo de esta investigación es determinar la eficiencia de un coagulante natural a base de cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) como alternativa para reducir la turbidez del agua en Los Pantanos de Villa. Para evaluar la efectividad de este coagulante, se diseñó un experimento factorial de dos factores: el pH de la solución, con niveles de 6, 7 y 8, y la concentración del coagulante, con valores de 200, 300 y 400 mg/L. Utilizando el método de Jar test, se obtuvo una reducción de turbidez del 93.62% a un pH de 8 y con una concentración de 400 mg/L de coagulante. Esto demuestra la eficacia del coagulante a base de cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) en el tratamiento del agua.

**Palabras clave:** *Cascara de plátano, turbidez, coagulante natural.*

## ABSTRACT

Nowadays, the search for new options to eliminate turbidity in wastewater processing is becoming increasingly relevant; due to the significant environmental effect produced by the constant use of inorganic coagulants in the industrial field in Peru. The objective of this research is to determine the efficiency of a natural coagulant based on Bellaco Hartón banana peel (*Musa sp.*) as an alternative to reduce water turbidity in Los Pantanos de Villa. To evaluate the effectiveness of this coagulant, a factorial experiment was designed with two factors: the pH of the solution, with levels of 6, 7 and 8, and the concentration of the coagulant, with values of 200, 300 and 400 mg/L. Using the Jar test method, a 93.62% turbidity reduction was obtained at a pH of 8 and with a concentration of 400 mg/L of coagulant. This demonstrates the effectiveness of the banana peel-based coagulant Bellaco Hartón (*Musa sp.*) in water treatment.

**Keywords:** *Banana peel, turbidity, natural coagulant.*



## INTRODUCCIÓN

El agua es fundamental para el bienestar humano y el desarrollo de la vida. Se clasifica en diversas categorías según sus características químicas, físicas o biológicas. Entre estas categorías, se encuentran las aguas superficiales, que son aquellas que fluyen o permanecen en reposo sobre la superficie terrestre. Estas incluyen ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales y otros cuerpos de agua, ya sean naturales o artificiales. [1] Estas aguas, según su origen, pueden tener un alto contenido de sólidos suspendidos, bacterias, materia orgánica y otros contaminantes. La turbidez del agua no solo afecta su apariencia visual, sino que también puede albergar microorganismos y contaminantes que representan un riesgo para la salud humana. En este contexto, la investigación de coagulantes naturales para el tratamiento del agua ha cobrado relevancia. La cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) ha demostrado poseer propiedades coagulantes y floculantes, lo que la convierte en una alternativa prometedora para mejorar la calidad del agua. [2]

Esta investigación evaluará la eficacia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) para reducir la turbidez del agua en los Pantanos de Villa, Chorrillos. El objetivo es determinar si este coagulante natural puede ser una alternativa efectiva y sostenible para el tratamiento del agua en esta región. Para respaldar este estudio, se revisarán investigaciones previas que han analizado la efectividad de coagulantes naturales, como la cáscara de plátano y la médula de plátano, en la reducción de la turbidez del agua.

# I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Descripción de la realidad problemática

El agua es un recurso natural y renovable fundamental para la vida, crucial para el desarrollo sostenible y el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que lo sustentan. Además, es vital para la seguridad nacional. [3]

La existencia de ecosistemas biodiversos, como los humedales, está íntimamente relacionada con el agua. Un ejemplo de esto es los Pantanos de Villa, en Chorrillos, donde la calidad del agua en términos de sus características fisicoquímicas y microbiológicas influye directamente en la diversidad de hábitats para la flora y la fauna.

Actualmente, los Pantanos de Villa, en Chorrillos, enfrenta preocupaciones significativas debido a la expansión urbana y sus factores antrópicos, como la industria, la acumulación de residuos sólidos, el smog y la presencia de coliformes fecales. Estos elementos han tenido un impacto negativo en las características del ecosistema. En particular, se destaca la contaminación de los cuerpos de agua y de los canales alimentadores, lo que provoca una alteración en la calidad del agua del humedal. [4]

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema General

- ¿Cuál es la eficiencia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) en la reducción de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa, en el distrito de Chorrillos?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál será el pH apropiado de aplicación del coagulante natural para la eliminación de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa, en el distrito de Chorrillos?
- ¿Cuál es la dosificación apropiada de coagulante natural para la eliminación de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa, en el distrito de Chorrillos?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Determinar la eficiencia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) para la reducción de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa, en el distrito de Chorrillos.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar cuál será el pH apropiado de aplicación del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*).
- Conocer la dosificación apropiada de coagulante natural para eliminación de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa, en el distrito de Chorrillos.

### **1.4. Justificación**

La justificación de esta investigación sobre la eficacia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) para la disminución

de la turbidez del agua de los Pantanos de Villa - Chorrillos se basa en los siguientes aspectos:

- **Importancia del suministro de agua potable de calidad:**

El acceso al agua potable constituye un derecho humano básico y es crucial para la salud y el bienestar de la población. El agua de fuentes naturales, como los pantanos, puede exhibir elevados niveles de turbidez debido a la presencia de partículas en suspensión, esto cual puede comprometer su calidad y seguridad. [5]

- **Necesidad de tecnologías sostenibles para el tratamiento del agua:**

La utilización de coagulantes naturales en el tratamiento del agua representa una alternativa sostenible y asequible a los coagulantes químicos. La cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) ha evidenciado propiedades coagulantes y floculantes, lo que la posiciona como una alternativa prometedora para el tratamiento del agua.

- **Importancia de la investigación en la eficiencia de coagulantes naturales:**

La evaluación de la eficacia de coagulantes naturales, como la cáscara de plátano bellaco hartón, en la disminución de la turbidez del agua es un campo de interés en la investigación científica. Investigaciones anteriores han evidenciado resultados alentadores respecto a la eficacia de los coagulantes naturales en la reducción de la turbidez del agua y en la mejora de su calidad.

- **Relevancia del estudio en la región de Villa - Chorrillos:**

La evaluación de la eficacia del coagulante natural derivado de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) para la disminución de la turbidez del agua de los pantanos de Villa - Chorrillos es crucial para la salud y el bienestar de la comunidad local. Los resultados de esta investigación pueden ofrecer información relevante para la implementación de tecnologías sostenibles y accesibles que optimizan la calidad del agua en la región.

## **1.5. Delimitantes de la investigación**

### **1.5.1. Teórica**

Este estudio se centra en la teoría de la potabilización del agua, específicamente en la potabilización primaria mediante el método de coagulación - floculación, empleando coagulantes naturales en lugar de coagulantes químicos, con el objetivo de preservar el medio ambiente.

### **1.5.2. Espacial**

La toma de muestras será realizada frente a la laguna principal del área natural protegida, entre las avenidas Hernando Lavallo frente a el Country Club Villa. El desarrollo de la investigación se llevará a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

### **1.5.3. Temporal**

La presente investigación se ejecutó entre los meses de junio hasta agosto del presente año, el cual tuvo dos fases, de campo y laboratorio, así como procesamiento de datos y posterior análisis de su desarrollo.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

A continuación, se presenta antecedentes de estudio que guardan relación directa e indirecta con el objeto de estudio de esta investigación.

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

En la investigación “Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando médula de banano como coagulante”, analizaron la eficiencia de la médula de banano como sustancia coagulante en la clarificación de aguas naturales y compararon con el sulfato de aluminio, utilizaron un diseño experimental factorial, siendo la dosis (10, 20, 40, 60, 80 y 100 mg/L) y el tipo de coagulante (químico o natural) los factores. La turbidez del agua del río Magdalena emplearon como variable respuesta. El proceso de clarificación que realizaron mediante la aplicación de la prueba de jarras usando muestras de agua del río en Barranquilla, departamento del Atlántico, Colombia. El proceso de clarificación que comprobaron mediante el análisis estadístico ANOVA y la prueba de HSD (diferencia significativa) de Tukey, en el cual el coagulante natural reduce la turbidez inicial del agua objeto de estudio (210 UNT) en un 67,57%. Los autores señalan que la médula de banano siendo un residuo agroindustrial es una opción viable y sustentable en la remoción parcial de la turbidez del agua del río Magdalena. [6]

En la investigación “Análisis del plátano y banano (*Musa paradisiaca* L.) como coagulante para el tratamiento de afluentes”, analizaron la efectividad del

banano y plátano (*Musa Paradisiaca L.*) como coagulantes - floculantes en el tratamiento del agua cruda del río Guatapurí (Departamento del Cesar, Colombia). El diseño experimental fue completamente aleatorizado. Se evaluaron soluciones coagulantes con banano y plátano como soluto orgánico para tratar aguas crudas con diferente turbidez inicial, analizándose su efecto en la eliminación de sólidos disueltos que aportan turbidez, conductividad eléctrica y alcalinidad. Los resultados mostraron una remoción significativa en la turbidez hasta de un 86.8 % (banano) y 84.1% (plátano) al aplicar 10 ppm de coagulante para una turbidez inicial de 250 NTU. Al aplicar dosis de 5, 20, y 75 ppm en agua con turbidez inicial de 576 NTU, se logró una eliminación significativa de la turbidez (banano = 99.3, 98.5 y 98.5 %; plátano = 99.3, 98.3 y 98.4 %). Se concluye que las soluciones coagulantes con solutos de plátano y banano permitieron eliminar la turbidez del agua cruda del río Guatapurí. [7]

En la investigación “Evaluación de la mezcla de un coagulante químico-natural en el proceso de clarificación de una ciénaga”, realizaron la evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y la mezcla de sulfato de aluminio - almidón de yuca (*Manihot esculenta*) con una proporción 2:8, en el proceso de clarificación del agua de la Ciénaga Grande (Atlántico - Colombia). Para el registro de las características iniciales se efectuó un muestreo simple del agua. Posteriormente, en la etapa de simulación del proceso de clarificación se implementó el test de jarras, donde se observó la reducción de la turbidez que se obtuvo al utilizar el coagulante químico y la mezcla. Para finalizar concluyeron que el sulfato de aluminio logró un porcentaje de remoción del 70% con una dosis de 20 mg/L, mientras que para la mezcla de sulfato de aluminio - almidón de

yuca la eliminación de la turbidez fue de 71,06% con una dosis de 60 mg/L, partiendo de un valor inicial de 69 UNT. [8]

En el trabajo de investigación “Estudio de la actividad coagulante/floculante de polímeros naturales extraídos de materiales de desecho en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales: estudio del comportamiento de polímeros orgánicos naturales, extraídos de materiales de desecho, como coagulantes y/o floculantes dentro del proceso de depuración de agua residual doméstica”, realizaron la extracción de la pectina de cáscara de naranja, polvo de semilla de tamarindo y almidón de cáscara de plátano verde extraídos a partir de materiales de desecho orgánicos cuyos rendimientos respecto a la materia prima de desecho fueron 7.52%, 28.20% y 23.33% respectivamente. La extracción requiere recursos como agua potable, agua destilada, ácido sulfúrico y etanol al 96%, siendo la pectina que más recursos necesita, por otro lado, también se realizó un análisis proximal, el cual reveló que estos biopolímeros están compuestos en su mayoría por carbohidratos, seguido de proteínas y fibras. Se evaluó el comportamiento de los biopolímeros como agentes coagulantes/floculantes en el tratamiento de aguas residuales domésticas muestreadas de la caja de revisión de la FICA, a la cual, de su caracterización fisicoquímica y biológica, se tuvo que supera los límites máximos permisibles establecidos en la normativa para turbidez, DQO, sólidos y coliformes. La turbidez inicial fue de 105 NTU, el cual se usó como control para los ensayos de prueba de jarras donde se obtuvo dosis óptimas a las cuales se dio la remoción de turbidez, pH, color y DQO fueron 300 mg/L para la pectina de cáscara de naranja, y 200 mg/L para el polvo de semilla de tamarindo y almidón



de plátano verde. Los tres biopolímeros mostraron una capacidad limitada para remover la turbidez y color comparado con el sulfato de aluminio, por lo que se demuestra que, si tienen propiedades coagulantes/floculantes ya que muestran una desestabilización de partículas y formación de flocs, a pesar de ello no son tan eficientes con coagulante/floculantes químicos tradicionales. [9]

En el trabajo de investigación “Eficiencia del quitosano como coagulante en el tratamiento de efluentes de una planta de sacrificio de cerdo”, evaluaron la eficiencia del quitosano como coagulante natural y la caracterizaron de los efluentes mediante los siguientes parámetros: pH, turbidez, color y sólidos totales (STT). El tratamiento de los efluentes se realizó mediante la prueba de jarras a diferentes concentraciones de 50 a 800 mg/L del quitosano disuelto en ácido acético. Compararon la efectividad del quitosano (700 mg/L) con sulfato de aluminio (430 mg/L) y poliacrilamida (90 mg/L). La dosis de quitosano (700 mg/L) permitió obtener porcentajes de reducción de turbidez de 83,1%, para valores iniciales de 15,6 NTU. Los autores concluyeron que las diferencias entre las dosis del quitosano (700 mg/L) y los coagulantes convencionales (430 mg/L) de sulfato de aluminio y (90 mg/L) de poliacrilamida en la reducción de NTU, fue de 83,2 %, 86,5% y 88.2% respectivamente observaron que el tratamiento con quitosano fue el coagulante con mayor eficiencia de reducción. [10]

### **2.2.2. Antecedentes nacionales**

En la investigación: “Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (*cocos nucífera*) a nivel de laboratorio”, concluyeron

que la turbidez es la medida de la claridad del agua relacionada con el efecto que produce el material suspendido, al disminuir el paso de la luz a través de ella. En la presente investigación se evaluó el efecto de un medio filtrante con base en la cáscara o endocarpio de coco (*cocos nucifera*), como reductor de la turbidez de agua turbia sintética, formulada con arcilla caolín. Se preparó una solución con 5000 mg/L de caolín en agua y luego se diluyó hasta una turbidez de 100 NTU, la cual se pasó a través de un filtro empacado con la cáscara de coco granulada y se le midieron la turbidez, los sólidos suspendidos totales y el pH. Se utilizaron seis cantidades de cáscara de coco y se analizó la influencia de esta variable sobre los valores de las variables medidas (turbidez, SST y pH). Se aplicó un análisis de regresión para cada una de las variables estudiadas y se obtuvieron los modelos matemáticos que definen el comportamiento de cada una de ellas respecto a la cantidad de cáscara de coco, así como análisis de varianza con  $\alpha = 0,05$ , usando el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI.I. Los resultados indicaron que la cáscara de coco logró remover hasta el 76,4% de la turbidez y 94,8% de los SST, además se obtuvieron modelos matemáticos no lineales, que relacionan la turbidez y SST con la cantidad de medio filtrante, con  $R^2 > 0,90$  y estadísticamente significativos con p - valor  $< 0,05$  en todos los casos. [11]

En la investigación “Remoción de turbidez del agua utilizando cono de pino como coagulante natural”, determinaron como objetivo la dosis óptima de coagulante natural del cono de pino. Para el proceso de coagulación utilizaron el agua del río Shilcayo de la provincia de San Martín con extracto de cono de pino mediante la prueba de jarras a 200 rpm durante 1 min (velocidad rápida) y 30

rpm durante 20 min (velocidad lenta). Determinó que el proceso de coagulación está influenciado por el pH, para lo cual realizó pruebas de coagulación con distintos pH de 6 a 8.5, donde observó que los mejores valores de coagulación se dieron en pH extremadamente ácidos o básicos, obtuvieron una eficiencia de coagulación de 63 y 63.2 % en un pH de 6 y turbidez inicial de 94 y 205 NTU respectivamente. De igual manera simularon una actividad de coagulación deficiente de pH neutro, pH=7 donde obtuvo una eficiencia de 62 y 62.1 % para turbiedades iniciales de 94 y 205 NTU, se obtuvo una eficiencia de coagulación de 74 y 77 % a un valor de pH = 2 y turbidez inicial del agua de 67 y 75 NTU, llegaron a determinar la dosis óptima de 0.5 ml/L de solución de coagulante natural de cono de pino para reducir la turbidez en 62 % a 62.1 %, para agua cruda superficial del río Shilcayo de 94 a 205 NTU. [12]

En la investigación “Aplicación del polvo de moringa (*Moringa oleífera*) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética”, el propósito de los autores fue la aplicación del polvo de las semillas de moringa como coagulante natural, en el tratamiento del agua turbia sintética preparado en el laboratorio. Para su aplicación previamente efectuaron la extracción del aceite mediante el Método Soxhlet, usando como solvente n-hexano al 95 % de pureza, obteniéndose el polvo de semilla de moringa. Se ha evaluado la eficiencia de remoción del agua sintética de turbiedad inicial de 150 ,300 y 600 NTU (unidades nefelométricas de turbidez), concentraciones del polvo de moringa de 5, 10 20 y 40 ppm y tamaño de partícula del polvo de semilla de moringa de 100 y 140  $\mu\text{m}$ . Así mismo se experimentó el porcentaje de remoción de la turbidez con una mezcla de 50 % polvo de semilla de moringa y 50 % de sulfato de aluminio. Para

efectuar las pruebas experimentales se ha usado un módulo de prueba de jarras de cuatro unidades por un tiempo de 1 minuto a 200 RPM y 15 minutos a 40 RPM. Como resultados se alcanzaron un porcentaje de remoción de la turbidez por encima del 98 % a las condiciones de 40 ppm de concentración de polvo de moringa, 140 µm de polvo de semilla de moringa y turbidez inicial de 600 NTU. Los resultados en la mezcla de polvo de semilla de moringa y sulfato de aluminio no presentan variaciones significativas en la remoción de la turbidez. En conclusión, el coagulante del polvo de semilla de moringa demostró una alta eficiencia de remoción turbidez inicial, lo que indica las bondades de este producto como una alternativa en el tratamiento de efluentes de aguas residuales con alto contenido de turbidez. [13]

En la investigación “Remoción de turbiedad y sólidos suspendidos totales con la utilización de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural en las aguas del río chillón”, determinaron que la cuenca baja del río Chillón presenta una variación en su composición debido a diferentes tipos de agentes contaminantes naturales y antropogénicas, los cuales alteran el ecosistema haciendo que el recurso hídrico sea inadecuado para su aprovechamiento. La cascara de cacao (*Theobroma cacao*) es un residuo generado sustancialmente en el proceso industrial de muchas actividades. Esta investigación tuvo como objetivo estudiar su efecto como coagulante en la remoción de turbidez y la remoción de sólidos suspendidos totales de aguas del Río Chillón. La obtención del coagulante natural a partir de la cascara de cacao se logró utilizando operaciones de trozado, triturado, secado, tamizado, las cuales no presentaron un alto costo. El método para usar fue el experimental,

donde se adoptó un diseño factorial fraccionado de arreglo 24-1 como resultado 28 tratamientos, pero cada tratamiento se realizó por triplicado. Los factores son A: Dosis de biofloculante, B: Velocidad rápida, C: Velocidad lenta, D: Tiempo. Los resultados obtenidos en el trabajo actual muestran la eficiencia de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) para mejorar las características del agua del río Chillón obteniéndose una remoción de la turbidez de hasta 91,2% de remoción mientras que los SST del 48.78% y el color de 73.19 %, proporcionando así un sobrenadante relativamente más limpio, lo que confirma la eficacia de los coagulantes naturales como una forma amigable de tratar las aguas de forma sostenible. [14]

En la investigación “Efecto de coagulantes y floculantes en la remoción de turbidez de aguas de ríos contaminadas”, evaluaron coagulantes y floculantes en la remoción de turbidez de aguas de ríos contaminados, se utilizó tres coagulantes naturales *Moringa oleífera*, *Musa paradisiaca* (Medula de plátano de variedad seda), *Theobroma Cacao* (mucílago de Cacao de variedad Criollo) y el sulfato de aluminio ( $Al_2SO_4$ ) a una sola concentración de 50 ppm y mediante un ensayo de jarras se estableció una mezcla rápida de 200 Rpm durante 1 min, luego a 45 Rpm durante 15 min y un tiempo de sedimentación de 15 minutos. Se obtuvo como resultado el comportamiento de los indicadores de la calidad de agua: turbidez, demanda biológica de oxígeno (DBO5), conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales, antes y después de realizar los tratamientos, mediante la prueba de Duncan se determinó el mejor tratamiento a la *Moringa oleifera* presentando un 92,15% en promedio de remoción de turbiedad y el sulfato de aluminio un 90,70% en promedio de

remoción de turbiedad, concluyendo que la *Moringa oleifera* es una alternativa para reemplazar al sulfato de aluminio por su reducida toxicidad y viabilidad ambiental. [15]

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Parámetros de la calidad del agua**

La calidad de agua está determinada por un conjunto de valores límites de las propiedades físicas, químicas y biológicas, de acuerdo con la procedencia y uso.

#### ***Parámetros físicos***

- ***Temperatura***

La temperatura del agua es un parámetro crucial que influye en el desarrollo de la vida acuática, así como en las reacciones químicas y sus velocidades. Asimismo, el oxígeno presenta menor solubilidad en agua caliente en comparación con agua fría. El incremento de las velocidades de las reacciones químicas genera un aumento de la temperatura. La temperatura del agua residual generalmente excede la temperatura del agua de suministro, debido a los diversos procesos a los que es sometida. [16]

- ***Color***

Los colores de las aguas residuales pueden resultar de diversos compuestos orgánicos e inorgánicos, que pueden encontrarse en altas concentraciones: sales de cromo, colorantes industriales, aceites, entre otros. Además, las aguas residuales urbanas recientes exhiben un tono gris que se transforma en oscuro e incluso en negro. [17]

- ***Turbiedad***

La turbidez es causada por partículas en suspensión o coloides, como arcillas, limo y tierra finamente dividida. La turbidez es provocada por las partículas que constituyen los sistemas coloidales; es decir, aquellas que, debido a su tamaño, permanece en suspensión y disminuyen la transparencia del agua en mayor o menor medida. La turbidez se mide utilizando un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades empleadas son, generalmente, unidades nefelométricas de turbidez.

- ***Conductividad***

La conductividad es la cuantificación de la oposición que presenta el agua al flujo de corriente eléctrica. Este parámetro depende de la concentración total de las sustancias iónicas disueltas en el agua y de la temperatura en la que se realiza la medición. [19]

- ***Sólidos totales***

Los sólidos representan el residuo restante tras la deshidratación de una muestra de agua. Equivalente a la suma del residuo disuelto y suspendido. El residuo total del agua se determina entre 103 °C y 105 °C. [18]

### ***Parámetros químicos***

- ***Olores***

Los olores son causados por los gases emitidos durante la revisión de la materia orgánica. El agua residual reciente presenta un olor único, que suele ser desagradable; Sin embargo, es más soportable que el olor del agua séptica residual. El aroma distintivo del agua séptica residual se debe a la división de

sulfatos en sulfitos y sulfuros por la acción de microorganismos anaeróbicos. La descomposición de sulfatos en sulfitos y sulfuros por la acción de microorganismos anaeróbicos. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos odoríferos intrínsecos o generados durante los 22 distintos procesos de tratamiento. [18]

- ***pH***

El pH afecta ciertos fenómenos en el agua, como la corrosión y las deposiciones en las redes de distribución. Aunque se podría argumentar que no ejercen efectos directos sobre la salud, puede afectar los procesos de tratamiento del agua, tales como la coagulación y la desinfección. Generalmente, las aguas naturales (no contaminadas) presentan un pH en el intervalo de 5 a 9. En el tratamiento de aguas ácidas, es habitual la incorporación de un álcali (generalmente cal) para mejorar los procesos de coagulación. En ciertos casos, será necesario reajustar el pH del agua tratada a un nivel que no provoque efectos corrosivos ni de incrustación. [19]

- ***Alcalinidad***

La alcalinidad del agua es su capacidad para neutralizar ácidos, representando la suma de todas las bases titulables. La alcalinidad es principalmente atribuible a los iones bicarbonato, carbonato e hidróxido, que son componentes del agua natural, por lo que a menudo se utilizan como indicadores de estos elementos. La alcalinidad puede ser rectificada mediante tratamiento ácido o desmineralización vía intercambio iónico. [19]



- **Calcio**

El calcio influye en la dureza total del agua y en la generación de depósitos. La concentración de calcio puede variar de 0 a varios cientos de miligramos por litro. Por ejemplo, las aguas dulces generalmente contienen entre 10 y 250 ppm, o incluso hasta 600 ppm, mientras que el agua de mar presenta 400 ppm. Asimismo, la eliminación del calcio se lleva a cabo mediante precipitación e intercambio iónico. [19]

- **Dureza**

La evaluación de la dureza es un análisis significativo y esencial, ya que permite determinar la calidad del agua. La dureza resulta de la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio. Actuando como la fuente predominante de depósitos e incrustaciones en calderas, intercambiadores de calor, tuberías, entre otros. [19]

- **Cloruros**

El ion cloruro es uno de los aniones inorgánicos predominantes en el agua. Se asocia comúnmente con el ion sodio, particularmente en aguas altamente salinas. La concentración de cloruros influye en la potabilidad del agua y su posible aplicación en la agricultura y la industria. Por ejemplo, las aguas dulces presentan entre 10 y 250 ppm de cloruros, mientras que el agua de mar contiene 20,000 ppm. Se evalúa con nitratos de plata utilizando cromato de potasio como indicador. [19]

### **2.2.2. Parámetros de contaminación por materia orgánica**

#### ***Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)***

Es un parámetro que cuantifica la concentración de materia orgánica biodegradable. Se establece midiendo la reducción en la concentración de oxígeno disuelto en el agua, tras incubar una muestra durante 5 días a una temperatura de 20 °C. La reacción se realiza en la penumbra para prevenir la generación de oxígeno por las algas, una dilución apropiada, manteniendo el pH entre 7 y 7.5. Las unidades de medida son mg O<sub>2</sub>/L (ppm O<sub>2</sub>), indicando que los valores elevados de DBO<sub>5</sub> reflejan una alta concentración de materia orgánica biodegradable. [19]. Además, reportan algunos valores de la DBO<sub>5</sub> en diferentes muestras de aguas:

- Agua limpia: DBO<sub>5</sub> < 3 mg O<sub>2</sub> /L
- Limpieza intermedia: DBO<sub>5</sub> 3 - 5 mg O<sub>2</sub> /L
- Agua contaminada: DBO<sub>5</sub> > 8 mg O<sub>2</sub> /L
- Residuos urbanos: DBO<sub>5</sub> 100 - 400 mg O<sub>2</sub> /L
- Industria alimentaria: DBO<sub>5</sub> hasta 10000 mg O<sub>2</sub> /L.

#### ***Demanda química de oxígeno (DQO)***

El DQO es un parámetro que cuantifica la cantidad de materia susceptible de oxidación química presente en el agua. en esta medida, los microorganismos oxidantes son reemplazados por un potente agente químico, como el dicromato de potasio (DQO - Cr) o el permanganato de potasio (DQO - Mn) en un medio ácido. La ventaja de este método radica en su rápida oxidación y proporciona

una estimación cuantitativa sobre la cantidad de sustancias susceptibles de oxidación presentes en el agua, ya sean inorgánicas u orgánicas. El resultado se presenta en mg O<sub>2</sub>/L, reflejando la cantidad de oxígeno equivalente al oxidante químico empleado durante la determinación [19], lo que sugiere una medición entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO. Los resultados de este cociente proporcionarán una comprensión sobre la naturaleza de los contaminantes orgánicos presentes en el agua:

- $DBO_5 / DQO < 0,2$  indican presencia de contaminantes de naturaleza orgánica no biodegradable.
- $DBO_5 / DQO > 0,6$  presencia predominante de contaminación orgánica de naturaleza biodegradable.

### **2.2.3. Método de coagulación – floculación**

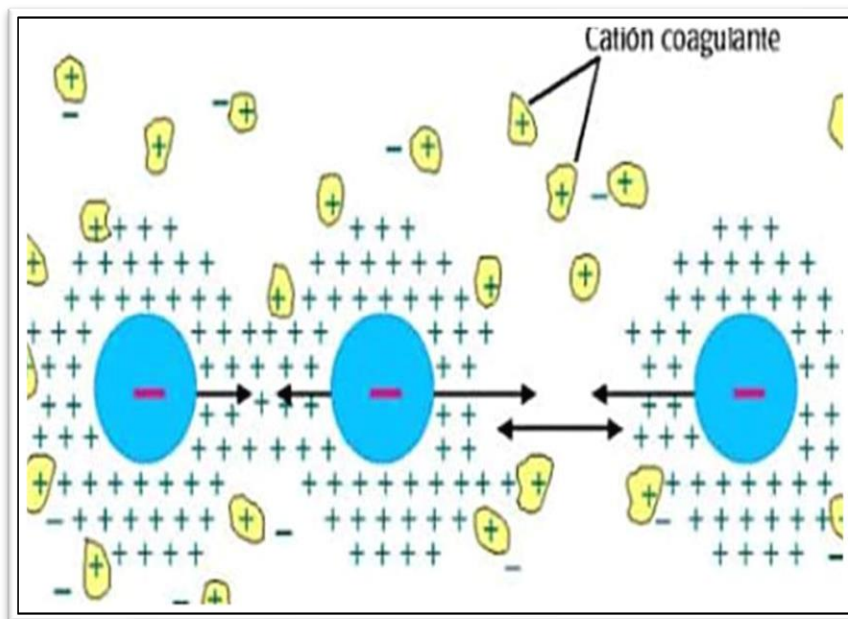
El método de coagulación - floculación es un proceso de tratamiento de agua utilizado principalmente en el tratamiento de aguas residuales o potables para eliminar partículas suspendidas, turbidez y ciertos contaminantes. Se basa en la adición de productos químicos llamados coagulantes y floculantes para aglutinar las partículas presentes en el agua, de forma que puedan ser removidas más fácilmente.

Las aguas potables o residuales contienen diversas cantidades de material suspendido o sólidos dispersos que no sedimentan fácilmente. Una porción significativa de estos sólidos no sedimentarios puede ser coloides. En los coloides, cada partícula está estabilizada por una serie de cargas de igual signo en su superficie, esto que provoca la repulsión entre partículas adyacentes.

Las operaciones de coagulación y floculación desestabilizan los coloides, facilitando su sedimentación. [20] Esto se consigue generalmente mediante la incorporación de agentes químicos y la aplicación de energía de mezcla, como se ilustra en la figura 1.

**Figura 1**

*Adición de agentes químicos aplicando energía en la mezcla*



**Nota:** Ramalho (2003)

Los términos coagulación y floculación se emplean indistintamente; la confusión surge del hecho de que ambas operaciones ocurren simultáneamente.

### **Coagulación**

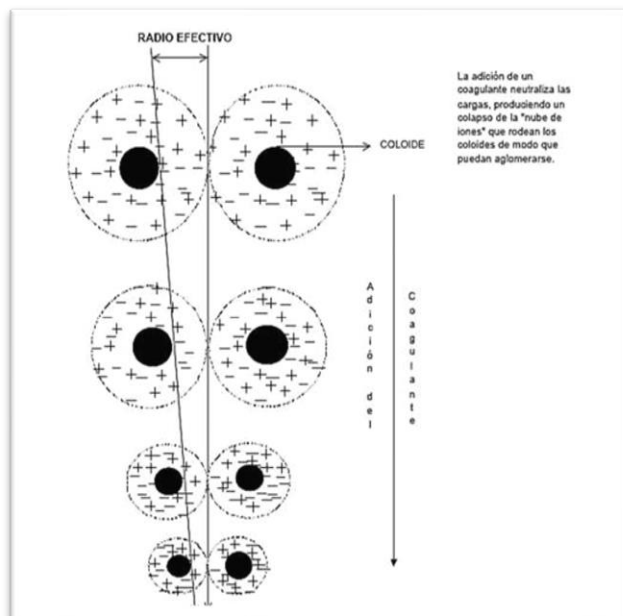
La coagulación es la primera etapa del proceso, y consiste en la adición de sustancias químicas (generalmente sales metálicas como el sulfato de aluminio, cloruro férrico o cloruro de polialuminio) al agua para neutralizar la carga eléctrica

de las partículas suspendidas. Estas partículas, que suelen estar cargadas negativamente, se repelen entre sí, lo que impide que se agrupen. Los coagulantes ayudan a neutralizar estas cargas y promueven la aglutinación de las partículas, formando pequeños "agregados" o "flóculos" en la fase inicial. La figura 2 se ilustra cómo las sustancias químicas neutralizan las cargas eléctricas en la superficie del coloidal, facilitando la aglomeración de las partículas coloidales en flóculos.

En el proceso de coagulación, se incorpora al agua un agente coagulante para modificar el comportamiento de las partículas en suspensión. Esto provoca que las partículas, que previamente tienden a repelerse entre sí, sean atraídas unas a otras o hacia el material añadido.

## Figura 2

### *Desestabilización del coloide y compresión de la capa difusa*



**Fuente:** Ramalho (2003)

## **Factores que influyen la coagulación**

Es imperativo considerar los siguientes factores para optimizar el proceso de coagulación.

### ***Influencia del pH***

El pH es la variable primordial para considerar durante la coagulación; cada tipo de agua presenta un rango de pH óptimo en el cual la coagulación se lleva a cabo de manera eficiente, esto cual depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua. El rango de pH depende del tipo de coagulante utilizado y de su naturaleza. [21]

### ***Influencia de las sales disueltas***

Las sales contenidas dentro del agua ejercen las influencias siguientes sobre la coagulación y floculación:

- Modificación del rango óptimo de pH óptimo.
- Modificación del tiempo requerido para la floculación.
- Modificación de la cantidad de coagulante requerido. [21]

### ***Influencia de la temperatura del agua***

Una variación de 1°C en la temperatura del agua provoca la formación de corrientes de densidad (cambio en la densidad del agua), lo que impacta la energía cinética de las partículas en suspensión, ralentizando así el proceso de coagulación; Las temperaturas excesivamente altas también obstaculizan la coagulación.

Una reducción de la temperatura del agua en una unidad de decantación provoca un incremento en su viscosidad, eso que explica las dificultades en la sedimentación de un flóculo. [21]

### ***Influencia de la dosis del coagulante***

La cantidad de coagulante a emplear afecta directamente la eficacia de la coagulación, de la siguiente manera:

Una cantidad insuficiente de coagulante no neutraliza completamente la carga de la partícula, resultando en una formación mínima de micro flóculos y, en consecuencia, una elevada turbidez residual.

Una alta concentración de coagulante provoca la inversión de la carga de la partícula, esto cual resulta en la formación de numerosos micro flóculos de reducido tamaño, cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas; Por fin, la turbidez residual también es considerablemente alta. [21]

### ***Influencia de mezcla o agitación***

El grado de agitación impartido a la masa de agua durante la adición del coagulante determina la completitud de la coagulación; Las turbulencias irregulares provocan que algunas porciones de agua contengan una mayor concentración de coagulantes, mientras que otras presentan escasa o nula cantidad. La agitación debe ser uniforme e intensa en toda la masa de agua para garantizar una adecuada mezcla entre el agua y el coagulante, así como la efectiva reacción química de neutralización de cargas correspondientes. Entre el agua y el coagulante, así como la efectiva reacción química de neutralización de cargas correspondientes.

Durante el proceso de coagulación y floculación, se lleva a cabo la mezcla de productos químicos en dos fases. en la primera fase, la agitación es intensa y breve; su propósito es dispersar completamente el coagulante en el volumen de agua a tratar. En la segunda fase, la agitación es lenta y busca promover la formación de micro flóculos. [21]

### ***Influencia del período transcurrido entre la toma de muestras y el ensayo en el laboratorio***

Dado que tanto la actividad biológica en el agua como otras reacciones fisicoquímicas pueden influir en la coagulación-floculación y la posterior sedimentación del agua, así como en la oxidación de las sustancias presentes, es recomendable llevar a cabo el tratamiento lo antes posible. [21]

### ***Floculación***

El proceso de floculación, que sigue a la coagulación, implica una agitación suave y lenta para aglomerar las partículas desestabilizadas en micro flóculos, formando flóculos más grandes que tienden a sedimentar en el fondo de los decantadores diseñados para este la coagulación, implica una agitación suave y lenta para aglomerar las partículas desestabilizadas en micro flóculos, formando flóculos más grandes que tienden a sedimentar en el fondo de los decantadores diseñados para este propósito..

En el proceso de floculación, es crucial lograr la formación de flóculos con el mayor peso y cohesión posible, ya que estas propiedades facilitan su eliminación. En general, algunos de los siguientes métodos promueven el engrosamiento y, por ende, la sedimentabilidad del flóculo.:



- Una coagulación previa tan perfecta como sea posible.
- Una agitación lenta y homogénea del conjunto, con el fin de aumentar las posibilidades de que las partículas coloidales descargadas eléctricamente se encuentren con un floculo. (alinearse a la izquierda)

### ***Importancia del proceso de floculación***

El procedimiento de floculación es crucial, ya que la generación de floculos diminutos o ligeros resulta en una decantación inadecuada; Mientras que el agua que ingresa a los filtros presenta una elevada concentración de partículas de floculos que obstruyen rápidamente los filtros, requiriendo lavados frecuentes. Por otro lado, cuando el floculo es frágil, se descompone en pequeñas partículas que pueden atravesar el filtro y comprometer la calidad del agua producida.

### **2.2.4. Procesos de Reducción de Sólidos**

#### **Biocoagulación**

Los biocoagulantes o coagulantes naturales son seguros, ecológicos, no contaminantes y carecen de toxicidad. Los compuestos bioactivos más comunes empleados incluyen mucílago, alcaloides, polisacáridos, proteínas y taninos. El proceso de tratamiento de aguas ya sea por potabilización, tratamiento residual, industrial o superficial, utiliza biocoagulantes que provocan la desestabilización de sólidos suspendidos, generando así cantidades mínimas de lodos residuales en comparación con los coagulantes químicos. [22]

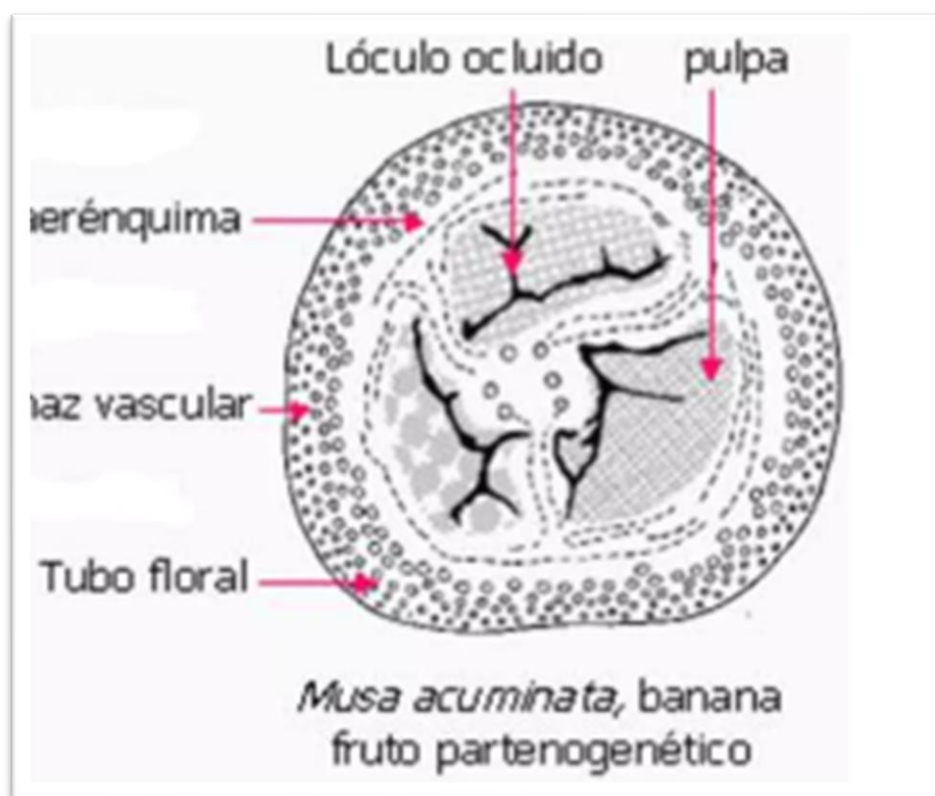
### **2.2.5. Cáscara de plátano**

La pared del fruto, que se origina del tubo floral, está compuesta por parénquima (tejido vegetal esponjoso) con haces vasculares y laticíferos

(estructuras que secretan látex, un jugo espeso y cremoso de aspecto blanco). Como se observa en la figura 3, en el interior de la pared de los carpelos, se disponen haces vasculares orientados horizontalmente, conectados a los haces carpelares. Los óvulos se degeneran y los flóculos se obstruyen con una pulpa derivada de la pared de los carpelos y de los septos, altamente rica en almidón. [23], y se visualiza en la tabla 1 las características de la cascara de plátano.

### Figura 3

*Musa acuminata*, banana fruto partenogenético



**Fuente:** Jaramillo Celis (1982)

**Tabla 1***Características químicas de cascara de plátano*

<b>COMPONENTES</b>	<b>CÁSCARA DE PLÁTANO (% BASE SECA)</b>
Almidón	39,89
Humedad	89,10
Hemicelulosa	14,80
Celulosa	13,20
Lignina	14,00
Magnesio	0,16
Calcio	0,29
Cenizas	11.37

**Fuente:** Nina Ancalla (2020)

La cáscara de plátano posee una capacidad de adsorción. La cáscara molida posee la capacidad de extraer iones de metales pesados del agua. la lignina, un polímero insoluble de alto peso molecular, que resulta de la combinación de diversos ácidos y alcoholes fenilpropílicos (cumarílico, coniferílico y sinapílico). El acoplamiento aleatorio de estos radicales genera una estructura tridimensional, un polímero amorfo, distintivo de la lignina. [24]

***Generalidades de la cáscara de plátano***

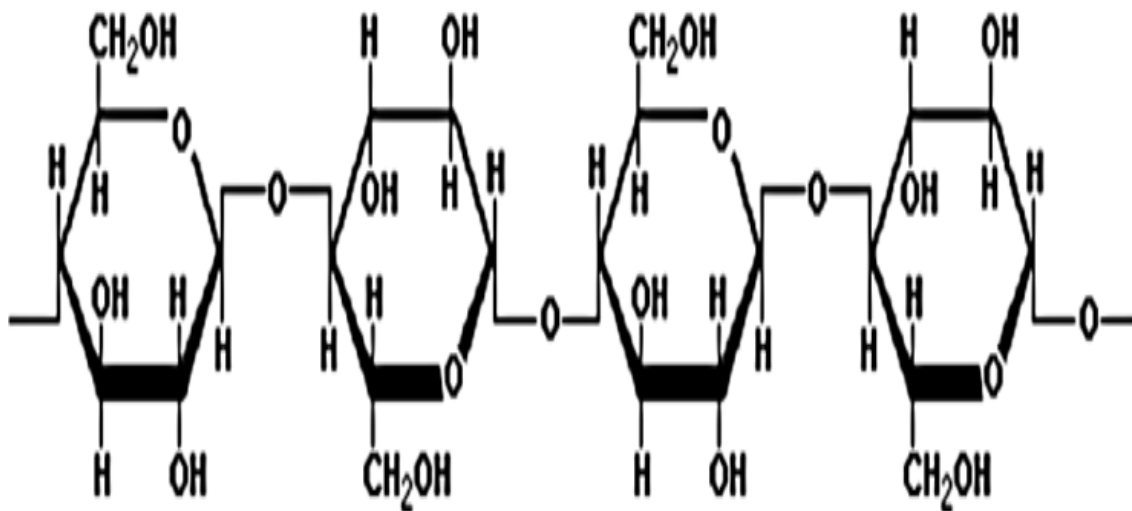
La cáscara de plátano es un compuesto lignocelulósico constituido por celulosa, hemicelulosa y lignina, aunque su composición varía según el origen del material. La cáscara de plátano maduro está compuesta de material lignocelulósico, que constituye aproximadamente el 40 % del peso total de la fruta..

## **Celulosa**

Es un homopolisacárido con largas cadenas no ramificadas de  $\beta$ -D-glucosa; se diferencia del almidón por la alternancia de grupos  $-\text{CH}_2\text{OH}$  por encima y por debajo del plano molecular. La falta de cadenas laterales permite que las moléculas de celulosa se aproximen entre sí para constituir estructuras rígidas. [24], como se puede observar en la figura 4.

### **Figura 4**

*Fórmula química de la celulosa*



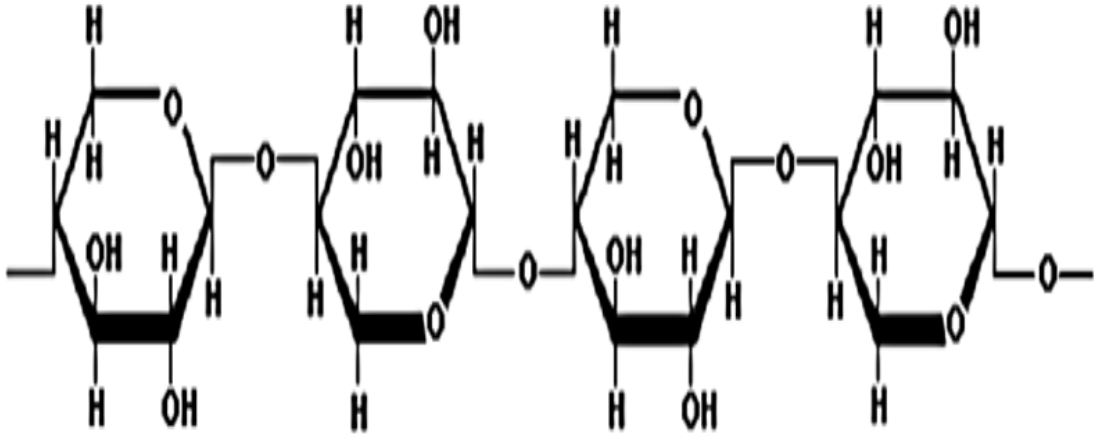
**Fuente:** Diana Perez (2010)

## **Hemicelulosa**

Es un heteropolisacárido compuesto por glucosa, xilosa y arabinosa, que, excluyendo la celulosa, conforman las paredes celulares de las plantas y pueden ser extraídos mediante hidrólisis ácida o enzimática. Las hemicelulosas constituyen aproximadamente un tercio de los carbohidratos en las estructuras leñosas de las plantas. [24], como se puede observar en la figura 5.

**Figura 5**

*Fórmula química de la hemicelulosa*



**Fuente:** Encinas Soto (2016)

### ***Almidón***

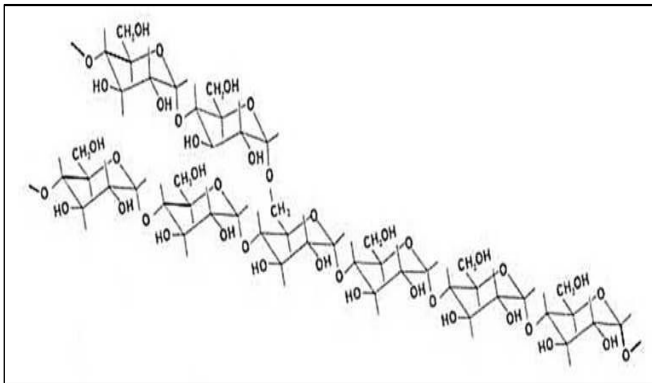
El almidón es un compuesto que se obtiene únicamente de los vegetales, los cuales lo sintetizan a partir del dióxido de carbono absorbido de la atmósfera y del agua extraída del suelo. El plátano en su fase biche (maduración prematura, de tonalidad amarillo verdoso) presenta un elevado contenido de almidón, entre el 60 % y el 70 %, eso cual lo convierte en un excelente floculante. El almidón es una combinación de glucanos, dado que cada partícula insoluble de almidón consiste principalmente en amilosa y amilopectina.

El almidón se encuentra en el interior de las células vegetales, constituyendo partículas insolubles. La amilasa es un polímero lineal, mientras que la amilopectina es un polímero altamente ramificado. Los valores de amilosa y amilopectina en el almidón de plátano son 11 g de amilosa y 89 g de amilopectina por cada 100 g de almidón, esto que confirma que la amilopectina es el componente predominante del almidón. La amilopectina representa

aproximadamente el 70 % - 80 % del almidón. 42,4 g de amilosa por 100 g de almidón. El 36,2 % del almidón de plátano está compuesto por amilosa, un componente que otorga propiedades fisicoquímicas distintivas, como la propensión a generar geles más firmes y transparentes. El almidón en su estado nativo posee propiedades gelificantes y espesantes, lo que resulta sumamente útil para regular y estabilizar la textura en procesos de fabricación. [25], como se puede observar en la figura 6.

### Figura 6

#### *Estructura química del almidón*



**Fuente:** Ortega Gonzales (2020)

### **Lignina**

La lignina es un no cristalino polímero que imparte resistencia y rigidez a las plantas; es una macromolécula fenólica compleja y, después de la celulosa, es la sustancia orgánica más abundante en las plantas, presentando grupos fenilpropanoides que cumplen funciones tanto primarias como secundarias .que imparte fuerza y rigidez a las plantas; es una macromolécula fenólica compleja y, después de la celulosa, es la sustancia orgánica más abundante en las plantas

, presentando grupos fenilpropanoides que cumplen funciones tanto primarias como secundarias ..

La lignina se compone generalmente de tres derivados fenilpropanoides: los alcoholes coniferílico, cumárico y sinapílico, sintetizados a partir de la fenilalanina mediante diversos derivados del ácido ciánico. Los alcoholes fenilpropanoides se ensamblan en un polímero mediante la acción de enzimas que producen intermediarios en forma de radicales libres. Las características de las tres unidades manométricas en la lignina difieren según las especies, los órganos vegetales e incluso entre las capas de una pared celular. [26]

### **2.3. Marco conceptual**

Las aguas que facilitan la formación de los Pantanos de Villa provienen de las aguas subterráneas del río Rímac y su acuífero Ate – Surco - Chorrillos, aportando un mayor volumen durante la temporada de lluvias, lo que satura la superficie del Pantano. Además, recibe aguas por infiltración de las áreas cultivadas en el valle, de la red de canales de riego, del riego de parques y jardines, y, en menor medida, por precipitación.

La pérdida de agua se debe principalmente a la evaporación y a la evapotranspiración, lo que provoca una acumulación debida a las ventas. La existencia de un diminuto canal de desagüe que conduce al mar facilita la pérdida de agua en cantidades mínimas. El agua de los Pantanos de Villa es salobre, con salinidad variable, siendo mayor cerca del litoral marino; la concentración de ventas registrada oscila entre 11 y 60 ppm. [27]

El color del agua oscila entre pardo claro y oscuro, con una notable presencia de materia orgánica en descomposición. El rango de pH oscila entre 6 y 8,5. La contaminación hídrica se origina principalmente por la presencia de aguas residuales, que son transportadas mediante canales laterales hacia cuerpos de agua más grandes.

Los métodos para disminuir la turbidez incluyen: filtros de arena, filtración por membrana, fotocátalisis y coagulación/floculación. Esta última es una operación del tratamiento primario o del tratamiento de aguas destinada a disminuir la opacidad causada por partículas coloidales en el líquido. La coagulación debe ir acompañada de la floculación de manera simultánea, ya que son procesos complementarios. Este proceso está influenciado por diversos factores, siendo los más significativos la valencia del ion del coagulante, el tamaño de las partículas, la temperatura, el pH, la alcalinidad, el tipo, la dosis y la concentración del coagulante, así como la velocidad de la mezcla.

#### **2.4. Definición de términos básicos.**

**Absorción:** Adsorción y concentración selectiva de solutos en el interior de un material sólido, mediante difusión. [28]

**Adsorción:** Fenómeno fisicoquímico que implica la adsorción de sustancias gaseosas, líquidas o moléculas disueltas en la superficie de un sólido. [28]

**Afluente:** Agua que ingresa a una unidad de tratamiento, que inicia una fase, o que constituye el completo de un proceso de tratamiento. [28]



**Coagulación:** Proceso mediante el cual se desestabiliza o se anula la carga eléctrica de las partículas en una suspensión, a través de la acción de un agente coagulante, para su posterior aglomeración en el floculador. [28]

**Coagulante:** Un coagulante es una sustancia que facilita la separación de una fase insoluble en agua mediante sedimentación. El coagulante es un compuesto químico que desestabiliza la materia suspendida en forma coloidal mediante la modificación de la capa iónica cargada que rodea a las partículas coloidales. [29]

**Floculación:** Formación de partículas aglomeradas o flóculos. Proceso inmediato de coagulación. [28]

**Floculador:** Estructura concebida para establecer condiciones propicias para la aglomeración de partículas desestabilizadas durante la coagulación, con el fin de obtener flóculos grandes y pesados que sedimenten rápidamente y sean resistentes a los esfuerzos cortantes generados en el lecho filtrado. [28]

**Sedimentación:** Proceso de eliminación de partículas discretas mediante la acción de la gravedad. [28]

### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. Hipótesis general

- La eficiencia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*), permite una reducción de la turbidez en un porcentaje mayor a 80%.

##### 3.1.2. Hipótesis específicas

- El pH apropiado para la remoción de turbidez fluctúa entre 6, 7, 8.
- La dosificación apropiada para la remoción de turbidez es de 200 mg/L, 300 mg/L y 400 mg/L.

#### 3.2. Operacionalización de variable

A continuación, se muestra en la tabla 2 ver pág.48 la operacionalización de variables identificadas, así como sus correspondientes indicadores.

##### 3.2.1. Variables independientes

$X_1$ : Características físico - químicas del agua de los Pantanos Villa que conforman la muestra

$X_2$ : Las condiciones de aplicación del coagulante natural.

##### 3.2.2. Variable dependiente

$Y_1$ : Eficiencia de la reducción de la turbidez del agua

**Tabla 2**

**Operacionalización de las variables operacional - “Eficiencia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp.) para la reducción de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa – Chorrillos”**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO	TECNICA
<b>DEPENDIENTE</b>						
Eficiencia de la reducción de la turbidez del agua.	Capacidad de disponer de alguien o algo para conseguir el cumplimiento adecuado de una función.	Porcentaje de la reducción de la turbidez del agua de los Pantanos de Villa - Chorrillos utilizando cáscara de Plátano Bellaco Hartón (Musa sp.)	Nivel de turbidez	UNT (Nephelometric Turbidity Unit)	Experimental	Formula: $\% R = \frac{t_i - t_f}{t_i} \times 100$ Donde: t <sub>i</sub> : turbidez inicial del agua (NTU) t <sub>f</sub> : turbidez final del agua (NTU)
<b>INDEPENDIENTE</b>						
Características físico - químicas del agua de los Pantanos Villa que conforman la muestra.	Son las características que nos informan sobre el comportamiento del material ante diferentes acciones externas.	Valores de la turbidez del agua, pH, SST, conductividad, temperatura	Características fisicoquímicas	Turbidez pH SST Conductividad Temperatura	Instrumental	Multiparámetro
Condiciones de aplicación del coagulante natural.	Conjunto de condiciones que se establece con sus características fisicoquímicas,	Dosificación del coagulante	El pH del proceso	6 7 8	Observacional	Test de Jarras
		Dosificación del coagulante natural	Velocidad de agitación	200 mg/L 300 mg/L 400 mg/L 50 RPM		PH metro
			Tiempo de coagulación	20 min		Cronometro

## IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

### 4.1. Diseño metodológico

La investigación realizada a cabo es de naturaleza aplicada, ya que los resultados obtenidos se utilizaron para abordar un problema real. Además, es de tipo experimental, dado que el estudio se realizó a través de la observación, registro y análisis de las variables involucradas. El estudio es cuantitativo, dado que el análisis de los datos fue de naturaleza cuantitativa. El nivel de estudios es de tipo aplicada, dado que se intentó formular propuestas para su implementación práctica, y por su temporalidad es de tipo transversal, ya que se procuró analizar un hecho o fenómeno en un momento específico del tiempo.

En la tabla 3 ver pág. 50 se muestra la matriz del diseño experimental, en la que se puede observar que se tomó 9 pruebas experimentales (3x3), donde cada prueba se realizó por duplicado, teniendo como factores estudiados la concentración de coagulante (ppm), el pH, porcentaje de reducción de turbidez (%), donde la velocidad de agitación será de 50 Rpm a velocidad constante y el tiempo de agitación será de 20 minutos a tiempo constante; así mismo se muestra los niveles de experimentación de cada factor.

**Tabla 3***Matriz del diseño experimental*

NUMERO DE CORRIDAS	CONC. [ppm]	pH	VELOCIDAD (RPM)	TIEMPO (MIN)	TURBIDEZ (NTU)			% RT
					$T_1$	$T_2$	$T_3$	
1	200	6	50	20	$X_{1-1}$	$X_{2-1}$	$X_{3-1}$	$Y_1$
2	200	6	50	20	$X_{1-2}$	$X_{2-2}$	$X_{3-2}$	$Y_2$
3	200	6	50	20	$X_{1-3}$	$X_{2-3}$	$X_{3-3}$	$Y_3$
4	300	7	50	20	$X_{1-4}$	$X_{2-4}$	$X_{3-4}$	$Y_4$
5	300	7	50	20	$X_{1-5}$	$X_{2-5}$	$X_{3-5}$	$Y_5$
6	300	7	50	20	$X_{1-6}$	$X_{2-6}$	$X_{3-6}$	$Y_6$
7	400	8	50	20	$X_{1-7}$	$X_{2-7}$	$X_{3-7}$	$Y_7$
8	400	8	50	20	$X_{1-8}$	$X_{2-8}$	$X_{3-8}$	$Y_8$
9	400	8	50	20	$X_{1-9}$	$X_{2-9}$	$X_{3-9}$	$Y_9$
10	200	6	50	20	$X_{1-10}$	$X_{2-10}$	$X_{3-10}$	$Y_{10}$
11	200	6	50	20	$X_{1-11}$	$X_{2-11}$	$X_{3-11}$	$Y_{11}$
12	200	6	50	20	$X_{1-12}$	$X_{2-12}$	$X_{3-12}$	$Y_{12}$
13	300	7	50	20	$X_{1-13}$	$X_{2-13}$	$X_{3-13}$	$Y_{13}$
14	300	7	50	20	$X_{1-14}$	$X_{2-14}$	$X_{3-14}$	$Y_{14}$
15	300	7	50	20	$X_{1-15}$	$X_{2-15}$	$X_{3-15}$	$Y_{15}$
16	400	8	50	20	$X_{1-16}$	$X_{2-16}$	$X_{3-16}$	$Y_{16}$
17	400	8	50	20	$X_{1-17}$	$X_{2-17}$	$X_{3-17}$	$Y_{17}$
18	400	8	50	20	$X_{1-18}$	$X_{2-18}$	$X_{3-18}$	$Y_{18}$

## 4.2. Método de investigación

### *Primera Parte*

#### *Análisis de la materia prima cáscara de plátano*

##### *Análisis Organoléptico*

Realizar el análisis del estado físico, olor, y color de las cáscaras de plátano antes de su tratamiento mediante análisis sensoriales.

##### *Análisis fisicoquímico*

##### *Determinación de la humedad inicial*

Se empleó el método gravimétrico para la determinación de la humedad, utilizando placas Petri, y se realizó un secado óptimo, seguido de un enfriamiento en un desecador. Se pesaron tres muestras de aproximadamente cinco gramos de cáscara de plátano cada una, las cuales se secaron a 100°C durante aproximadamente cuatro horas. Se realizó el cálculo de la humedad aplicando la siguiente fórmula (1):

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad \dots (1)$$

Donde:

$m_1$  = Masa inicial de la muestra (gr)

$m_2$  = Masa final de la muestra (gr)

## Figura 7

*Determinación de humedad de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp.)*



**Nota:** Determinación de la humedad se utilizó el método gravimétrico, la cual se realizó en 3 repeticiones.

### ***Determinación de las cenizas***

Para la determinación de cenizas, se empleó el método gravimétrico físico mediante incineración hasta obtener cenizas blancas, utilizando crisoles de porcelana. Caliente las muestras de cáscara de plátano, aproximadamente 5 g, en la mufla a 550 °C, hasta que se observe la presencia de cenizas blancas. Para realizar el cálculo de la cantidad de cenizas, se aplicando la siguiente fórmula (2):

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \dots (2)$$

Donde:

$m_1$  = Masa inicial de la muestra (gr)

$m_2$  = Masa final de la muestra (gr)

### **Figura 8**

*Determinación de cenizas de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp.)*



**Nota:** Se utilizó 2 crisoles para determinar el porcentaje de cenizas, en la cual se hizo 3 repeticiones

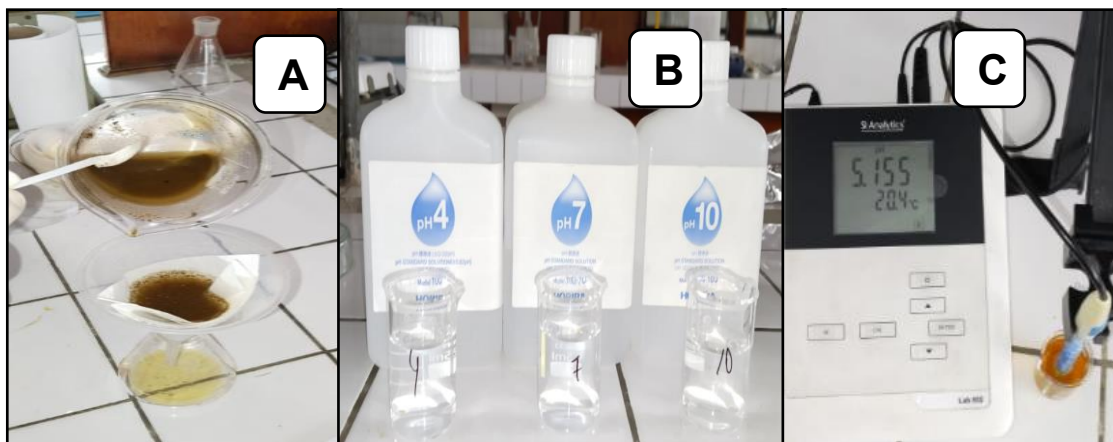
### **Determinación de pH**

Se utilizó el método potenciómetro para la determinación del pH, habiendo preparado previamente las muestras. En primer lugar, es necesario lavar las cáscaras de plátano, cortarlas en trozos y licuarlas durante 5 minutos a alta velocidad. Posteriormente, se debe filtrar la mezcla utilizando papel filtro y medir los valores de pH con un medidor de pH.



## Figura 9

*Determinación del pH de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp.)*



**Nota:** La determinación de pH de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp.) se realizó con el potenciómetro de la marca SI Analytics, el cual se calibro antes con los buffers de pH= 4, pH= 7 y pH= 10, realizo en el Laboratorio de Investigación, Desarrollo e Innovación.

### **Segunda Parte**

#### **Obtención del coagulante natural de la cáscara de plátano**

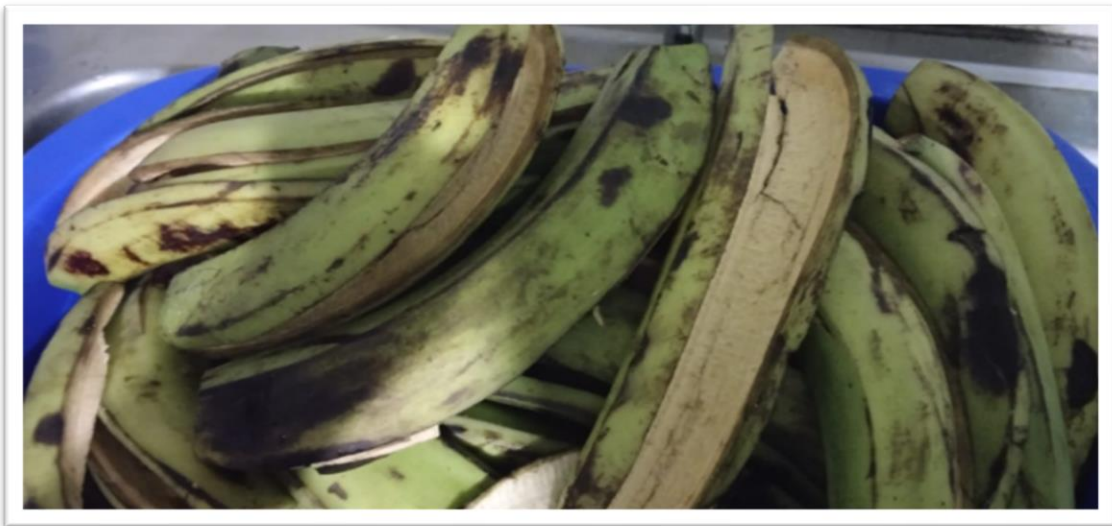
Tras la realización de los análisis preliminares de humedad, cenizas y pH en la cáscara de plátano, el siguiente paso es la obtención del coagulante. Para ello, se llevarán a cabo diversas operaciones fisicoquímicas en el laboratorio de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, las cuales se detallarán conforme al orden de ejecución del proyecto.

### **Selección de las cáscaras de plátano**

Para la obtención del coagulante, seleccionar las cáscaras de plátano que estuvieran en buen estado, descartando las cáscaras de plátano con daño en el pericarpio, para posteriormente ser trasladadas al laboratorio

### **Figura 10**

*Selección de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp)*



### ***Limpieza de la materia prima***

Realizar un lavado superficial con solución de Hipoclorito de Sodio al 0,1 %, para retirar todos los residuos e impurezas que puedan alterar el proceso. Posteriormente enjuagar con abundante agua destilada para retirar el exceso de Hipoclorito de Sodio.

**Figura 11**

*Lavado superficial de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp)*



**Nota:** La cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp.) se realizó con Hipoclorito de Sodio.

***Cortado en trozos***

Cortar en pequeños trozos para obtener mayor superficie de contacto para un secado óptimo, para evitar una contaminación cruzada. Con ayuda de unos guantes, realizar cortes rectangulares de 8 cm de largo por 1 cm de ancho ya que el espesor de la cáscara de plátano es de 0.4 cm.

**Figura 12**

*Cortado de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp)*



## **Secado**

Disponga las cáscaras de plátano previamente cortadas en una bandeja para optimizar el secado, y sométalas en un proceso de deshidratación en un horno a una temperatura de 100°C durante un periodo continuo de 5 horas. Como resultado de la deshidratación en la estufa de secado, las cáscaras de plátano experimentan un fenómeno denominado pardeamiento enzimático, común conocido como "ennegrecimiento", que es la reacción entre la enzima polifenol oxidasa, presente en el citoplasma de la fruta, junto con los fenoles y el oxígeno atmosférico. Es la reacción entre la enzima polifenol oxidasa, presente en el citoplasma de la fruta, junto con los fenoles y el oxígeno atmosférico. La formación de quinonas, que se polimerizan en los pigmentos marrones y negros denominados melaninas.

### **Figura 13**

*Secado de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp)*

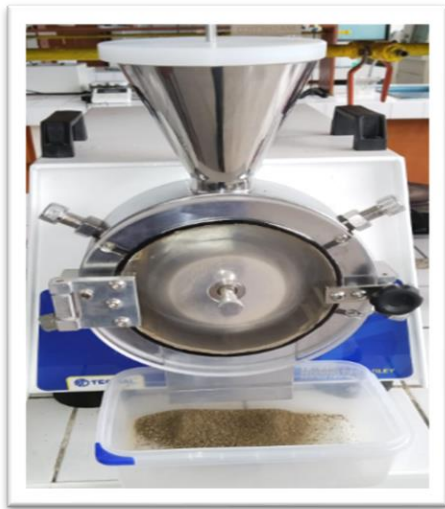


## ***Molienda***

Proceder a la molienda utilizando un macro molino, introduciendo cáscara por cáscara hasta alcanzar un polvo fino; Para prevenir pérdidas en el proceso, almacene el polvo en un recipiente.

### **Figura 14**

*Molienda de la cascara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp)*



**Nota:** La molienda se realizó en el laboratorio de Investigación, Desarrollo e Innovación con el Macro molino (TERNAL TE-650/1 – Molino tipo WILEY).

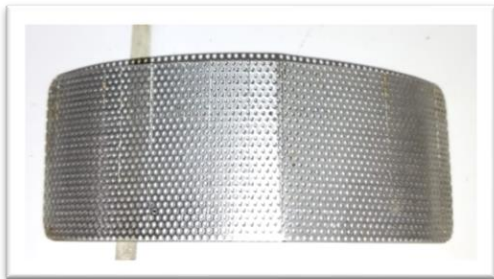
## ***Tamizado***

Para estandarizar el diámetro de las partículas, tamizar el polvo obtenido utilizando un tamiz de malla N°18 de 1 mm. Esto con el propósito de facilitar la extracción de pigmentos en la etapa siguiente.



**Figura 15**

*Malla N°18 de 1 mm utilizada en el macro molino*

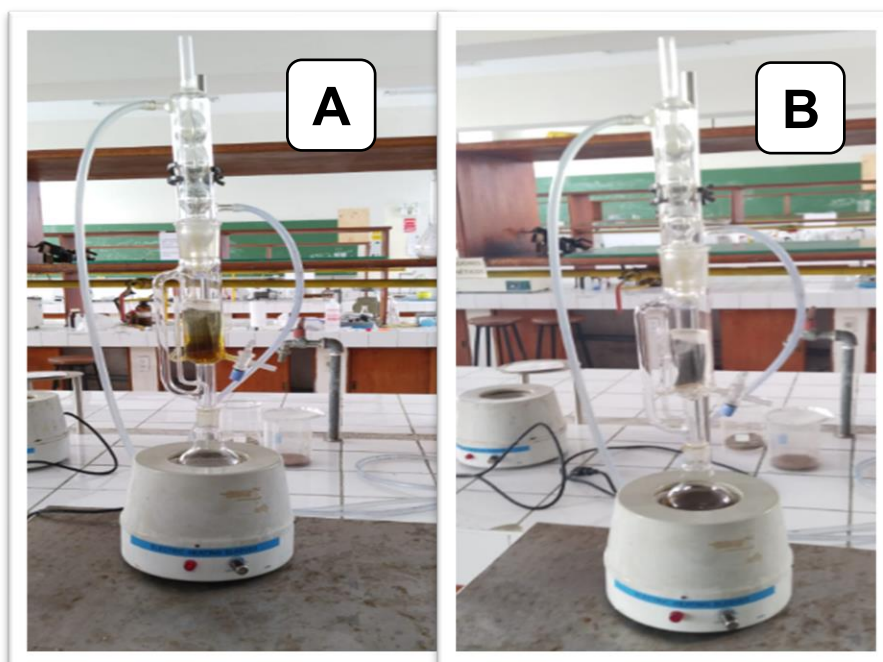


***Extracción de pigmentos***

Someter el polvo fino obtuvo un proceso de extracción sólido-líquido para eliminar los pigmentos del coagulante. Utilizando extracción Soxhlet durante seis horas continuas y empleando etanol al 96% como disolvente. Es imperativo ejercer un control riguroso sobre la temperatura del solvente, dado que se usó etanol comercial al 96 %, el cual es altamente inflamable y elevadas temperaturas.

**Figura 16**

*Equipo Soxhlet*



**Nota:** En la figura A se observa el solvente con los pigmentos propios de la cascara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) y en la figura B se observa la limpieza de todos los pigmentos.

### **Secado y pulverizado**

Una vez finalizada la extracción del colorante, proceda al secado a una temperatura de 60 °C durante 2 horas continuas, con el fin de eliminar el solvente residual. Moler el coagulante obtenido con un mortero de porcelana para homogeneizar las partículas hasta obtener un polvo fino de 1 mm de diámetro, con una coloración marrón claro.

### ***Tercera parte:***

#### ***Preparación del coagulante.***

Preparar una solución del coagulante natural obtenido al 0.1 %, para esto disolver 10 gr de coagulante de cáscara de plátano en 1 litro de agua destilada (matraz aforado de 1000 ml de capacidad), realizar la disolución del coagulante mediante una agitación constante por 20 minutos, a una temperatura de 35 °C, almacenar la solución en un frasco de vidrio, alejado de los rayos solares y a una temperatura de 4 °C.

## Figura 17

*Coagulantes realizados a pH 6, 7 y 8*



### ***Cuarta parte:***

#### ***Simulación del proceso de coagulación y floculación***

Se llevó a cabo el proceso de coagulación y floculación mediante el equipo prueba de jarras. Para ello se prepararon las soluciones del coagulante a 200, 300 y 400 ppm como indica la siguiente tabla 4.



**Figura 18**

*Prueba de Jarras*



**Nota:** La prueba se realizó en el Laboratorio de Inorgánica de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

**Tabla 4**

*Simulación del Proceso de coagulación y floculación*

VOLUMEN TOTAL [ml]	CONCENTRACIÓN DE COAGULANTE [ppm]	VOLUMEN DE COAGULANTE AL 1%	VOLUMEN DE MUESTRA DE ESTUDIO
700	200	140	560
700	300	210	490
700	400	280	420

### ***Determinación del porcentaje de remoción***

El porcentaje de remoción (%R) se determinó mediante comparación de sus mediciones antes y después para cada prueba experimental, utilizando la siguiente ecuación 1, tomando los datos de la tabla 4.

$$\%R = \frac{t_i - t_f}{t_i} t_i \times 100$$

Donde:

$t_i$ : turbidez inicial del agua (NTU)

$t_f$ : turbidez final del agua (NTU)

### **4.3. Población y muestra**

#### ***Población***

La población estará conformada por el agua proveniente de Los Pantanos de Villa, distrito de Chorrillos en la provincia de Lima, departamento Lima.

#### ***Muestra***

La muestra de agua de los Pantanos de Villa - Chorrillos se recolectó de un único punto, siguiendo el protocolo normativo para el monitoreo de la calidad del agua de los recursos hídricos. Se recolectaron 40 litros de agua, los cuales se depositarán en dos recipientes de plástico con una capacidad de 20 litros cada uno.

#### **4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado**

El trabajo de investigación experimental se realizó en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

#### **4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información**

La técnica que se utilizó en la investigación fue la observación. Para el desarrollo experimental se utilizaron los siguientes materiales, instrumentos y reactivos.

##### ***Instrumentos***

- Equipo Turbidímetro (Turbidez)
- Equipo multiparámetro (SST y conductividad)
- Potenciómetro (pH)
- Termómetro (Temperatura)
- Equipo de Test de Jarras

##### ***Materiales de laboratorio***

- 2 galoneras de 20 L
- 4 varillas de agitación
- 4 vasos precipitados de 1L
- 2 jarras de 1L
- 10 jeringas
- 2 pissetas.

##### ***Reactivos***

- Hipoclorito de sodio (0.1%)

- Etanol (96%)
- Hidróxido de Sodio (0.1 N)
- Ácido Cítrico

#### **4.6. Análisis y procesamiento de datos**

Para el procesamiento de los datos se utilizó el software MINITAB 19, así mismo se empleó el software Microsoft Excel 2019 para la recolección de la data y elaboración de gráficas preliminares.

#### **4.7. Aspectos éticos en investigación**

Este presente trabajo se cumplió con todos los requisitos y obligaciones exigidos, incluyendo la originalidad de los resultados obtenidos y la fidelidad de los datos recopilados en laboratorio certificado y mediante instrumentos calibrados, con lo cual los autores garantizaron la validez y confiabilidad de los hallazgos reportados, los cuales son obtenidos con rigor científico y en total cumplimiento de las normas éticas de la investigación.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados descriptivos

#### 5.1.1. Resultados de las características fisicoquímicas del plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*)

Los resultados de olor y estado físico se realizaron mediante análisis sensorial, la determinación de pH se realizó mediante la A.O.A.C 943.02, la determinación de cenizas se realizó mediante la NTP 205.038:1975 y la humedad se realizó NTP 206.011:218. En la tabla 5 se muestran los valores realizados por triplicado de las de características fisicoquímicas del plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*).

**Tabla 5**

*Características fisicoquímicas del plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*)*

PARAMETRO	R 1	R 2	R 3	PROMEDIO
<b>Estado físico</b>	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido
<b>Olor</b>	Característico	Característico	Característico	Característico
<b>Humedad</b>	84.06%	82.45%	83.79%	83.43%
<b>Ceniza</b>	1.37%	1.87%	1.45%	1.56%
<b>pH</b>	5.15	5.35	5.22	5.24

**Nota.** La caracterización fisicoquímica del plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) se realizó en el Laboratorio de investigación, Desarrollo e Innovación de la FIQ – UNAC, lo cual se realizó por triplicado

### 5.1.2. Resultados de las características fisicoquímicas del agua de los Pantanos de Villa

En la tabla 6 se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica del agua de los Pantanos de Villa a tratar.

**Tabla 6**

Resultados de la caracterización fisicoquímica inicial de los Pantanos de Villa

TIEMPO	pH	TURBIDEZ (NTU)	TEMPERATURA (°C)	CONDUCTIVIDAD (ms/cm)
PROMEDIO	7.82	143	20.15	1865.5

**Nota.** Resultados obtenidos por el laboratorio Servicios Analíticos Generales (SAG), mediante el método potenciométrico se realizó la lectura de pH, mediante el turbidímetro se midió la turbidez del agua, la temperatura se realizó mediante un termómetro y la conductividad por medio de un conductímetro.

### 5.1.3. Resultados experimentales del tratamiento en el Jart Test

En la tabla 7 ver pág. 68 puede observar que los tratamientos a pH 6,7 y 8; usando cascara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*), han removido la turbidez de la muestra de agua de los Pantanos de Villa.

**Tabla 7***Remoción de turbidez - pH*

N° CORRIDA	pH	% RT <sub>1</sub>	% RT <sub>2</sub>	% RT <sub>3</sub>
1	6	27.97	35.87	31.92
4	6	59.09	65.94	62.52
7	6	76.71	77.13	76.92
10	6	35.87	35.8	35.84
13	6	65.94	65.31	65.63
16	6	77.13	76.57	76.85
2	7	39.16	47.34	43.25
5	7	67.83	69.02	68.43
8	7	88.6	91.19	89.9
11	7	47.34	46.08	46.71
14	7	69.02	67.69	68.36
17	7	91.19	91.05	91.12
3	8	48.32	56.36	52.34
6	8	72.66	74.06	73.36
9	8	92.45	93.62	93.03
12	8	56.36	55.45	55.91
15	8	74.06	73.78	73.92
18	8	93.62	93.36	93.49

**Nota:** % RT<sub>1</sub>, % RT<sub>2</sub> y % RT<sub>3</sub> porcentajes de remoción de turbidez

En la tabla 8 se muestra los resultados de la remoción de turbidez con respecto a la concentración de coagulante de 200 mg/L, 300 mg/L y 400 mg/L.

**Tabla 8**

*Remoción de turbidez – Concentración de coagulante [ppm]*

<b>N° CORRIDA</b>	<b>COAGULANTE [ppm]</b>	<b>% RT<sub>1</sub></b>	<b>% RT<sub>2</sub></b>	<b>% RT<sub>3</sub></b>
1	200	27.97	35.87	31.92
10	200	35.87	35.8	35.84
2	200	39.16	47.34	43.25
11	200	47.34	46.08	46.71
3	200	48.32	56.36	52.34
12	200	56.36	55.45	55.91
4	300	59.09	65.94	62.52
13	300	65.94	65.31	65.63
5	300	67.83	69.02	68.43
14	300	69.02	67.69	68.36
6	300	72.66	74.06	73.36
15	300	74.06	73.78	73.92
7	400	76.71	77.13	76.92
16	400	77.13	76.57	76.85
8	400	88.6	91.19	89.9
17	400	91.19	91.05	91.12
9	400	92.45	93.62	93.03
18	400	93.62	93.36	93.49

El uso de la cascara de plátano Hartón (*Musa sp.*) remueve la turbidez a todas las concentraciones de coagulante utilizadas.



En la tabla 9 se puede observar que cuando se trabaja con 400 ppm de coagulante y pH 7- 8, se obtienen porcentajes de remoción de turbidez mayores al 80%

**Tabla 9**

*Remoción de turbidez con respecto al pH y dosificación de coagulante*

<b>N° CORRIDA</b>	<b>COAGULANTE [ppm]</b>	<b>pH</b>	<b>% RT<sub>1</sub></b>	<b>% RT<sub>2</sub></b>	<b>% RT<sub>3</sub></b>
1	200	6	27.97	35.87	31.92
10	200	6	35.87	35.8	35.84
2	200	7	39.16	47.34	43.25
11	200	7	47.34	46.08	46.71
3	200	8	48.32	56.36	52.34
12	200	8	56.36	55.45	55.91
4	300	6	59.09	65.94	62.52
13	300	6	65.94	65.31	65.63
5	300	7	67.83	69.02	68.43
14	300	7	69.02	67.69	68.36
6	300	8	72.66	74.06	73.36
15	300	8	74.06	73.78	73.92
7	400	6	76.71	77.13	76.92
16	400	6	77.13	76.57	76.85
8	400	7	88.6	91.19	89.9
17	400	7	91.19	91.05	91.12
9	400	8	92.45	93.62	93.03
18	400	8	93.62	93.36	93.49

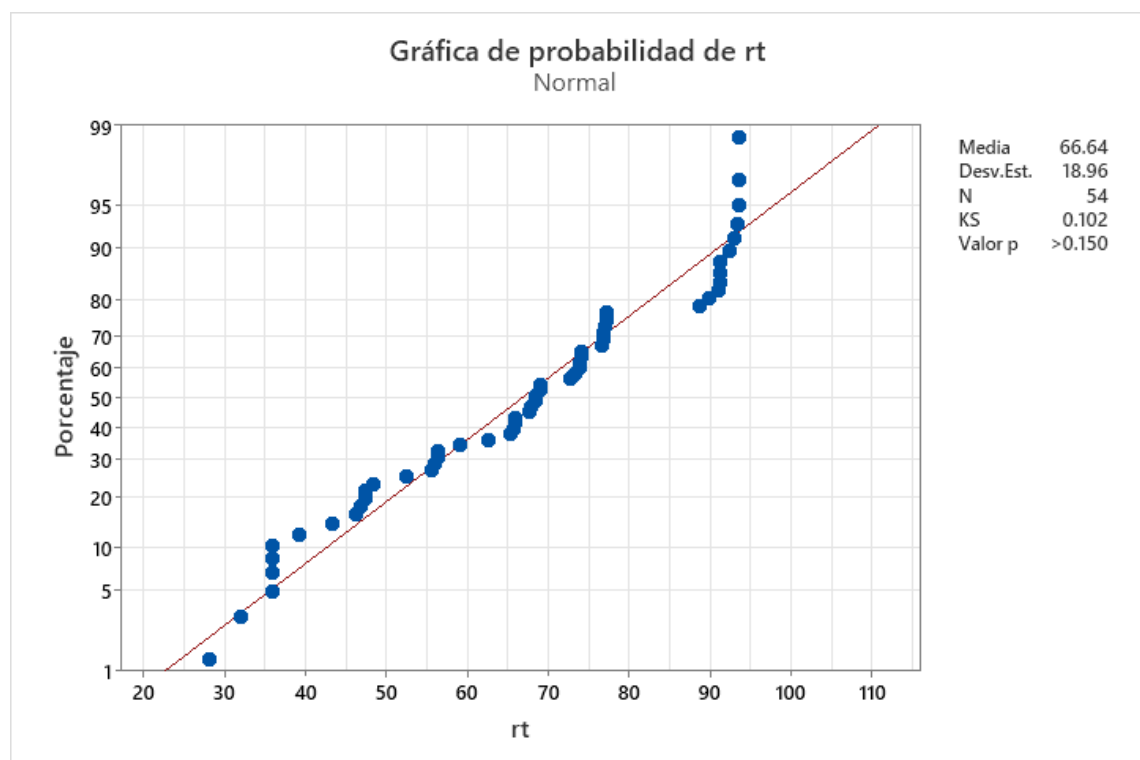
## 5.2. Resultados inferenciales

### Prueba de normalidad

En la gráfica 1, se presenta el resultado de la prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov.

#### Figura 19

*Prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov para porcentaje de remoción de turbidez*



Para un número de datos mayor a 50 y un valor  $p > 0.150$ , se asume normalidad en la distribución de los datos.

### 5.2.1. Hipótesis específica 1

**“El pH apropiado para la remoción de turbidez fluctúa entre 6, 7, 8”.**

$H_o: \mu = 0$  No es posible remover la turbidez que fluctúa entre 6, 7 y 8.

$H_a: \mu > 0$  Si es posible remover la turbidez que fluctúa entre 6, 7 y 8.

### Tabla 8

*Prueba t de una muestra para la remoción de turbidez con respecto al pH*

Muestra	Valor T	Valor p
pH	62.41	0
%RT	25.83	0

Luego de realizar la prueba t para una muestra, se obtiene un valor p = 0.000 menor a 0.005

### 5.2.2. Hipótesis específica 2

**“La dosificación apropiada para la remoción de turbidez es de 200 mg/L, 300 mg/L y 400 mg/L”.**

$H_o: \mu = 0$  No es posible remover la turbidez a concentración de 200 mg/L, 300 mg/l y 400 mg/l.

$H_a: \mu > 0$  Si es posible remover la turbidez a concentración de 200 mg/L, 300 mg/l y 400 mg/l.

**Tabla 9**

*Prueba t de una muestra para la remoción de turbidez con respecto a la concentración*

Muestra	Valor T	Valor p
Coagulante [ppm]	26.75	0
% RT	25.83	0

Luego de realizar la prueba t para una muestra, se obtiene un valor p = 0.000 menor a 0.005.

### 5.2.3. Hipótesis general

**“La eficiencia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (Musa sp.), permite una reducción de la turbidez en un porcentaje mayor a 80%”.**

$H_o: \mu = 0$  No es posible remover la turbidez en un porcentaje mayor a 80%

$H_a: \mu > 0$  No es posible remover la turbidez en un porcentaje mayor a 80%

**Tabla 10**

*Comparaciones en parejas de Tukey para la remoción de turbidez, con respecto a la concentración*

Coagulante (ppm)	N	Media	Agrupación
400	18	86.89	A
300	18	68.7	B
200	18	44.33	C

**Tabla 11**

*Remoción de turbidez con respecto al pH y dosificación de coagulante a 400 ppm*

<b>Coagulante (ppm)</b>	<b>pH</b>	<b>% RT<sub>1</sub></b>	<b>% RT<sub>2</sub></b>	<b>% RT<sub>3</sub></b>
400	6	76.71	77.13	76.92
400	6	77.13	76.57	76.85
400	7	88.60	91.19	89.9
400	7	91.19	91.05	91.12
400	8	92.45	93.62	93.03
400	8	93.62	93.36	93.49

De la tabla 11, se realiza la tabla 12 para comparación de Tukey, remoción de turbidez con respecto al pH a 400 ppm de concentración de coagulante de cascara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*)

**Tabla 12**

*Comparaciones en parejas de Tukey para la remoción de turbidez, con respecto al pH a la concentración de 400 ppm de coagulante*

<b>pH</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
8	6	93.263	A
7	6	90.507	B
6	6	76.8881	C

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

#### 6.1.1. Contrastación de la hipótesis general

**Hipótesis específica 1:** “El pH apropiado para la remoción de turbidez fluctúa entre 6, 7, 8”.

Los resultados de la tabla 8 para la remoción de turbidez con respecto al pH muestran evidencia estadística significativa ( $p = 0.000$ ) para rechazar la hipótesis  $H_0$ , y aceptar la hipótesis  $H_a$ , de que los valores de pH 6, 7 y 8 remueven la turbidez, por lo que se demuestra con la hipótesis específica 1.

**Hipótesis específica 2:** “La dosificación apropiada para la remoción de turbidez es de 200 mg/L, 300 mg/L y 400 mg/L”.

Los resultados de la tabla 9 para la remoción de turbidez con respecto al pH muestran evidencia estadística significativa ( $p = 0.000$ ) para rechazar la hipótesis  $H_0$ , y aceptar la hipótesis  $H_a$ , que los valores de concentración de 200 ppm, 300 ppm y 400 ppm se remueven la turbidez, por lo que se demuestra con la hipótesis específica 2.

#### 6.1.2. Contrastación de la hipótesis general

**Hipótesis general:** “La eficiencia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*), permite una reducción de la turbidez en un porcentaje mayor a 80%”.

Se realizó el ANOVA para crear intervalos de confianza por el método de Tukey y comparar las medias del porcentaje de remoción de turbidez con respecto a la

concentración del coagulante, con un 95% de confianza, y se puede evidenciar que, a una concentración de 400 ppm, el porcentaje de remoción de turbidez es mayor al 80%.

De los datos de remoción de turbidez a una concentración 400 ppm de coagulante de cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) expresados en la tabla 11, realizamos ANOVA para realizar comparaciones en parejas de Tukey para la remoción de turbidez, con respecto al pH y a la concentración de 400 ppm de coagulante, con un 95% de confianza, se pudo inferir que a pH de 7 y 8 el porcentaje de remoción de la turbidez es mayor al 80%.

Se demuestra la hipótesis general que, a una concentración de 400 ppm de coagulante, a pH de 7 y 8, la remoción de la turbidez es mayor al 80%.

## **6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.**

Con respecto a la hipótesis específica 1: “El pH apropiado para la remoción de turbidez fluctúa entre 6, 7, 8”, los resultados obtenidos coinciden con Sierra-Julio, A., Navarro-Silva, A., Mercado-Martínez, I., Flórez-Vergara, A., & Jurado-Eraso (2019), en que el pH óptimo debe estar en el rango de 6.5 – 8.5 unidades de pH, teniendo en cuenta que el pH de una solución afecta a la carga superficial de un coagulante natural, se determinó que 6,49 unidades de pH, es el punto de carga cero, donde la médula de banano se carga negativamente en la superficie e interactúa con especies contaminantes de cargas positivas.

Hipótesis específica 2: “La dosificación apropiada para la remoción de turbidez es de 200 mg/L, 300 mg/L y 400 mg/L”., donde Méndez - Cantillo Neftali, Rodríguez - Díaz Yim J., Rodríguez - Jiménez Dalia (2022), aplicaron dosis de

10, 5, 20, y 75 ppm en agua con turbidez inicial de 576 NTU, donde se logró una eliminación significativa de la turbidez del agua cruda del río Guatapurí.

Hipótesis general: “La eficiencia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*), permite una reducción de la turbidez en un porcentaje mayor a 80%”, donde Méndez - Cantillo Neftali, Rodríguez - Díaz Yim J., Rodríguez - Jiménez Dalia (2022), donde con una turbidez inicial de 576 NTU, se logró una eliminación significativa de la turbidez (banano = 99.3, 98.5 y 98.5 %; plátano = 99.3, 98.3 y 98.4 %).

### **6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes**

Los autores de la investigación se responsabilizan por la información que se otorga como resultado de este proyecto de investigación.

Respetando el código de ética de investigación de la Universidad Nacional del Callao, aprobado con resolución N°260-2019-CU.



## VII. CONCLUSIONES

- El coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) logró reducir la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa en un 93.62%. Esto concluye que es efectivo en la remoción de turbidez.
- Los resultados de nuestra investigación indican que el pH óptimo para el coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) en la remoción de turbidez es de pH 8. En este nivel, se logró la máxima reducción de turbidez, lo que sugiere que este rango de pH es el más efectivo para su aplicación.
- Los resultados indican que la concentración más eficaz del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) es de 400 ppm, ya que esta concentración logró la mayor reducción de turbidez en comparación con las concentraciones de 200 ppm y 300 ppm.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo un estudio sobre valores de pH más extremos, como 4, 7 y 10, para analizar cómo afectan la eficacia del coagulante en la reducción de la turbidez del agua de los Pantanos de Villa, en el distrito de Chorrillos.
- Se sugiere continuar la investigación de alternativas de coagulantes naturales que puedan reducir la contaminación asociada con los coagulantes inorgánicos actualmente disponibles en el mercado. Además, se recomienda priorizar el uso de materiales residuales, promoviendo así una mayor conciencia sobre la importancia del reciclaje.
- Se propone incorporar un floculante orgánico para optimizar el proceso de sedimentación en el tratamiento del agua, lo que podría mejorar la eficiencia del sistema.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] CARRILLO. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de agua superficial para potabilización, proveniente del Río Mopán, Petén, Guatemala. 2017. (Doctoral disertación, Universidad de San Carlos de Guatemala). Recuperado de <https://bit.ly/2VuaZ7M>
- [2] ZAPANA ARANA, RUBEN JOSHELL. Tratamiento de aguas en obras de Ingeniería. 2016. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de San Agustín.
- [3] AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Ley de Recursos Hídricos N°29338. 2009
- [4] INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO. Estudio hidrogeológico del Refugio de Vida Silvestre de Los Pantanos de Villa. 2019
- [5] NIÑO VILLAMIZAR, YAHID IVAN. Tecnologías para la potabilización y tratamiento de aguas superficiales en Colombia. 2020.
- [6] SIERRA-JULIO, A., NAVARRO-SILVA, A., MERCADO-MARTÍNEZ, I., FLÓREZ-VERGARA, A., & JURADO-ERASO, M. Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando médula de banano como coagulante. 2019. Revista UIS Ingenierías, 18(4), 131–138. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n4-2019012>
- [7] MÉNDEZ - CANTILLO NEFTALI, RODRÍGUEZ - DÍAZ YIM J., RODRÍGUEZ - JIMÉNEZ DALIA M. Análisis del plátano y banano (Musa

paradisiaca L.) como coagulante para el tratamiento de afluentes. Información tecnológica. 2022. Vol. 33, no 6, p. 125-134.

- [8] PADILLA - GARCÍA KEVIN, PIMIENTA - RODRÍGUEZ GISELLA, MERCADO – MARTÍNEZ IVÁN DARIO. Evaluación de la mezcla de un coagulante químico-natural en el proceso de clarificación de una ciénaga. Revista UIS Ingenierías. 2020. Vol. 19, no 3, p. 49-60.
- [9] JAMI ORDOÑEZ ANA SOFÍA. Estudio de la actividad coagulante/floculante de polímeros naturales extraídos de materiales de desecho en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales: estudio del comportamiento de polímeros orgánicos naturales, extraídos de materiales de desecho, como coagulantes y/o floculantes dentro del proceso de depuración de agua residual doméstica. 2024.
- [10] CARRASQUERO-FERRER. Eficiencia del quitosano como coagulante en el postratamiento de efluentes de una planta de sacrificio de cerdos. Orinoquia [en línea]. Diciembre, 2019, 23(2), 36-46. ISSN: 2011-2629. Disponible en: <https://doi.org/10.22579/20112629.567>
- [11] MARÍN VELÁSQUEZ TOMÁS DARÍO, ARRIOJAS TOCUYO DANY DAY JOSEFINA. Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (Cocos nucífera) a nivel de laboratorio. 2021. Revista ION, 33(2), 99–110. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revion.v33n2-2020008>
- [12] MONTENEGRO FERNÁNDEZ ITALA ISABETH. Remoción de turbidez del agua utilizando cono de pino como coagulante natural, Tarapoto–San

Martín. 2021. Disponible en:  
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/9830>

- [13] ARANDA TIPISMANA EBERTH OMAR, ESQUIA ZELAYA IVAN FERNANDO. Aplicación del polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética. 2021.
- [14] DAVIRAN HUARCAYA, JOHN JUNIOR. Remoción de turbiedad y sólidos suspendidos totales con la utilización de la cáscara de cacao (Theobroma cacao) como coagulante natural en las aguas del Río Chillón. 2021. Disponible en: <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6368>
- [15] LUIS EDUARDO ORÉ CIERTO, ELVIS MARIANO EVANGELISTA MEDINA, JOCEP MÁXIMO AROSTEGUI POMA, WENDY CAROLINE LOARTE ALIAGA, JUAN DANIEL ORÉ CIERTO, MIGUEL ÁNGEL QUISPE TRINIDAD. Efecto de coagulantes y floculantes en la remoción de turbidez de aguas de ríos contaminadas. Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Carretera Central km 1.21, Tingo María, Huánuco, Perú. 2023
- [16] METCALF - EDDY. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Madrid, España, Mc Graw-Hill / Interamericana de España, S.A. 1995.
- [17] OROZCO C, PÉREZ A, GONZÁLEZ N, RODRÍGUEZ F Y ALFAYATE J. Contaminación Ambiental. Una visión desde la química. Madrid, España, Paraninfo S.A. 2004

- [18] CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Tratamiento de agua para consumo humano. Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS). 2004
- [17] RIGOLA M. Tratamiento de aguas industriales. Aguas de procesos y residuales. Madrid, España, Marcocombo.S.A.1999
- [18] RAMALHO R. Tratamiento de aguas residuales. Segunda Edición. Barcelona: Reverté. 2003
- [19] RAFAEL MARÍN GALVÍN. Jar-test en el tratamiento de aguas: una valiosa herramienta. Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A. 1998. Recurso disponible <http://webcd.usal.es/Web/ETAP/unidades/documen.alu/jartest/jartest.htm>
- [20] ATUPAÑA F, GUACHO J. Determinación de la eficiencia del opuntia ficus-indica como biocoagulante para el tratamiento de aguas superficiales del Río Bulubulu. Tesis, Universidad de Guayaquil. 2019. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39847>
- [21] VALERIO ROSANNA, LINDORF HELGA, GARCÍA DE GARCÍA EVA. Anatomía foliar comparada de ocho cultivares de banano con relación a la resistencia o susceptibilidad a la Sigatoka (amarilla y negra). *Agronomía Tropical*, 2002, vol. 52, no 4, p. 507-521.
- [22] VEGA GUAMAN, LUIS NELSON. Extracción de pectina de la cáscara de plátano de dos variedades con dos índices de madurez. Quevedo 2016. 2017.

- [23] TRUJILLO DANIELA. Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *Revista Ion*, 2014, vol. 27, no 1, p. 17-34.
- [24] ORTEGA GONZALES, LAURA ANDREA. Elaboración y aplicación de un coagulante natural a partir de la cáscara de plátano en aguas del río Choqueyapu de la localidad de Río Abajo. 2020. Tesis Doctoral.
- [25] APONTE HÉCTOR, CANO ASUNCIÓN. Flora vascular del humedal de Carquín – Hualmay, Huaura (Lima, Perú) *ecología aplicada*, vol. 17. núm. 1. 2018 universidad nacional agraria la molina, Perú. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34157105008>
- [26] INGENIERÍA Y GESTIÓN. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Lima: Empresa Editora Macro. *Revista Académica*. 2012. Recuperado desde: <https://editorialmacro.com/catalogo/reglamento-nacional-de-edificaciones>
- [27] VELA C. Disminución de la turbidez utilizando coagulante natural moringa oleífera en aguas obtenidas del río Alto Chicama puente Ingón, Trujillo. (Tesis de titulación, Universidad César Vallejo). 2016. Repositorio, Universidad César Vallejo.

## **ANEXOS**



## ANEXO I: Matriz de consistencia

“Eficiencia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón (*Musa sp.*) Para la reducción de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa – Chorrillos”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál es la eficiencia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón ( <i>Musa sp.</i> ) en la reducción de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa en el distrito de Chorrillos?	Determinar la eficiencia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón ( <i>Musa sp.</i> ) para la reducción de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa en el distrito de Chorrillos.	La eficiencia del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón ( <i>Musa sp.</i> ), permite una reducción de la turbidez en un porcentaje mayor a 80%.	Y1: Eficiencia de la reducción de la turbidez del agua	Nivel de turbidez	UNT (Nephelometric Turbidity Unit)	
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESÉCIFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	
¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del agua de los Pantanos de Villa?	Determinar las características fisicoquímicas más relevantes del agua de los Pantanos de Villa	La turbidez del agua de los pantanos de villa está por encima de los límites permisibles.	X1: Características físico - químicas del agua de los Pantanos Villa que conforman la muestra.	Características físico – químicas del agua muestra.	Turbidez pH Conductividad Temperatura	<b>Tipo:</b> Aplicativo <b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Nivel:</b> Explicativo
¿Cuál será el pH apropiado de aplicación del coagulante natural para la eliminación de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa en el distrito de Chorrillos?	Determinar cuál será el pH apropiado de aplicación del coagulante natural extraído de la cáscara de plátano Bellaco Hartón ( <i>Musa sp.</i> )	El pH apropiado para la remoción de turbidez fluctúa entre 6 – 8.		El pH del proceso	6 7 8	<b>Diseño:</b> Experimental transversal
¿Cuál es la dosificación apropiada de coagulante natural para la eliminación de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa en el distrito de Chorrillos?	Conocer la dosificación apropiada de coagulante natural para eliminación de la turbidez del agua proveniente de los Pantanos de Villa en el distrito de Chorrillos	La dosificación apropiada para la remoción de turbidez es de 200 mg/L – 400 mg/L	X2: Condiciones de aplicación del coagulante natural	Dosificación del coagulante natural Velocidad de agitación Tiempo de coagulación	200 mg/l 300 mg/L 400 mg/L 50 RPM 20 min	

**ANEXO II: Data recopilada para determinar el % de remoción de la turbidez del agua de los Pantanos de Villa**

N° Corrida	COAGULANTE [ppm]	pH	TURBIDEZ			% RT 1	% RT 2	% RT 3
			NTU					
			NTU1	NTU2	NTU 3			
1	200	6	103	91.7	97.35	27.97	35.87	31.92
2	200	7	87	75.3	81.15	39.16	47.34	43.25
3	200	8	73.9	62.4	68.15	48.32	56.36	52.34
4	300	6	58.5	48.7	53.6	59.09	65.94	62.52
5	300	7	46	44.3	45.15	67.83	69.02	68.43
6	300	8	39.1	37.1	38.1	72.66	74.06	73.36
7	400	6	33.3	32.7	33	76.71	77.13	76.92
8	400	7	16.3	12.6	14.45	88.6	91.19	89.9
9	400	8	10.8	9.12	9.96	92.45	93.62	93.03
10	200	6	91.7	91.8	91.75	35.87	35.8	35.84
11	200	7	75.3	77.1	76.2	47.34	46.08	46.71
12	200	8	62.4	63.7	63.05	56.36	55.45	55.91
13	300	6	48.7	49.6	49.15	65.94	65.31	65.63
14	300	7	44.3	46.2	45.25	69.02	67.69	68.36
15	300	8	37.1	37.5	37.3	74.06	73.78	73.92
16	400	6	32.7	33.5	33.1	77.13	76.57	76.85
17	400	7	12.6	12.8	12.7	91.19	91.05	91.12
18	400	8	9.12	9.49	9.31	93.62	93.36	93.49

# ANEXO III: Certificados de resultados de laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 047**



## INFORME DE ENSAYO N° 1806003-2024 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL** : ARENAS PALACIOS CARMEN VERÓNICA  
**DOMICILIO LEGAL** : CALLE ANDROMEDA N2 14 LOTE 17 URB. NATELLINI - CHORRILLOS - LIMA - LIMA  
**SOLICITADO POR** : ARENAS PALACIOS CARMEN VERÓNICA  
**REFERENCIA** : RESERVADO POR EL CLIENTE  
**PROCEDENCIA** : RESERVADO POR EL CLIENTE  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS** : 2024-08-08  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2024-08-09 AL 2024-08-13  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2024-08-07  
**MUESTREADO POR** : EL CLIENTE  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

### I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Conductividad	SIEMENS-APHA-WYWA-WEF Part 2538 B, 24th Ed., 2023. Conductivity, Laboratory Method.	---	µS/cm
pH	SIEMENS-APHA-WYWA-WEF Part 4550-H-1, 24th Ed., 2023. pH Value, Electrode Method.	No aplica	Unid. pH
Turbiedad	SIEMENS-APHA-WYWA-WEF Part 2538 B, 24th Ed., 2023. Turbidity, Nephelometric Method.	0.45	NTU

L.C.: límite de cuantificación.

### II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada	Agua Natural	Agua Natural
Fecha de muestreo	2024-08-07	2024-08-07
Hora de inicio de muestreo (h)	12:00	12:10
Condiciones de la muestra	Refrigerada/Preservada	Refrigerada/Preservada
Código del Cliente	PPV-1	PPV-2
Código del Laboratorio	24080581	24080582

ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)			
Ensayo	Unidades	Resultados	
Conductividad	µS/cm	18700	18520
pH*	Unid. pH	7.24*	7.00*
Turbiedad	NTU	13.00	100.00

(1) Nota: Resultado referencial

Medición de conductividad y pH realizada a 25°C.

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

ING. TELLO PAUCAR MARILU  
 SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES SAC  
 Firmado con www.tocapu.pe

DIRECTOR TÉCNICO DE LABORATORIO

Cod. FI 002 / Versión: 11 / FE.: 06/2023

Este informe de ensayo al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo lateral/mutuo de los miembros firmantes de IAC o ILAC.

**CONSERVACIONES:** • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento o ítem, que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento son los muestra referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de posibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego de **IMPORTANTE:** • Este documento fue emitido con firma electrónica de valor legal en formato PDF. Debe solicitar su documento electrónico para verificar la autenticidad. Puede comprobar la validez del mismo haciendo clic del botón de "Validar firma" en el documento. • Este documento es válido, de no validarse el documento es falso. Notifique al correo: [laboratorio@sagperu.com](mailto:laboratorio@sagperu.com) si su informe ha sido adulterado.

### SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorios: INACAL-DA (Sede Lima 1): Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacarita Norte - Lima y INACAL-DA (Sede Lima 2): Pasaje Clorinda Mato de Tumer N° 2079 Urb. Chacarita Norte - Lima  
 • Central telefónica: (511) 425-6885 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico: [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 047



INFORME DE ENSAYO N° 1806003-2024 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	
Muestra analizada	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	
Fecha de muestra	2024-08-07	2024-08-07	2024-08-07	2024-08-07	
Hora de inicio de muestra (h)	12:20	12:30	12:40	12:50	
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada	
Código del Cliente	PPV-3	PPV-6	PPV-9	PPV-8	
Código del Laboratorio	2400083	2400084	2400085	2400086	
<b>ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)</b>					
Ensayo	Unidades	Resultados			
Turbidez	NTU	45.00	110.00	75.00	80.00
Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	
Muestra analizada	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	
Fecha de muestra	2024-08-07	2024-08-07	2024-08-07	2024-08-07	
Hora de inicio de muestra (h)	13:00	13:10	13:20	13:30	
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada	
Código del Cliente	PPV-7	PPV-8	PPV-9	PPV-10	
Código del Laboratorio	2400087	2400088	2400089	2400090	
<b>ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)</b>					
Ensayo	Unidades	Resultados			
Turbidez	NTU	9.10	99.00	50.00	33.00
Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	
Muestra analizada	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	
Fecha de muestra	2024-08-07	2024-08-07	2024-08-07	2024-08-07	
Hora de inicio de muestra (h)	12:40	13:00	14:00	14:10	
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada	
Código del Cliente	PPV-11	PPV-12	PPV-13	PPV-14	
Código del Laboratorio	2400091	2400092	2400093	2400094	
<b>ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)</b>					
Ensayo	Unidades	Resultados			
Turbidez	NTU	37.00	85.00	240.00	45.00
Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	
Muestra analizada	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	
Fecha de muestra	2024-08-07	2024-08-07	2024-08-07	2024-08-07	
Hora de inicio de muestra (h)	14:20	14:30	14:40	14:50	
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada	
Código del Cliente	PPV-15	PPV-16	PPV-17	PPV-18	
Código del Laboratorio	2400095	2400096	2400097	2400098	
<b>ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)</b>					
Ensayo	Unidades	Resultados			
Turbidez	NTU	16.00	60.00	33.00	11.00
Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	
Muestra analizada	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	
Fecha de muestra	2024-08-07	2024-08-07	2024-08-07	2024-08-07	
Hora de inicio de muestra (h)	13:00	13:10			
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada			
Código del Cliente	PPV-19	PPV-20			
Código del Laboratorio	2400099	2400100			
<b>ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)</b>					
Ensayo	Unidades	Resultados			
Turbidez	NTU	76.00		38.00	

Lima, 26 de Agosto del 2024.

EXPERTS WORKING FOR YOU

Dato Informe de ensayo si está en el marco de la acreditación de INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral de los miembros firmantes de IAC o IAC.

**CONSIDERACIONES:** • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de posibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

**IMPORTANTE:** • Este documento ha emitido con firma electrónica de valor legal en formato PDF. Debe solicitar su documento electrónico para verificar la autenticidad. Puede comprobar la validez del mismo haciendo clic sobre la firma, está en un aviso: "Validez de firma - firma válida", de no validarse el documento es falso. Notifique al correo: [laboratorio@sagperu.com](mailto:laboratorio@sagperu.com) si su informe no ha sido autenticado.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorios: INACAL-DA (Sede Lima 1) Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chaca Ríos Norte - Lima y INACAL-DA (Sede Lima 2) Pasaje Colinda Matto de Tume N° 2079 Urb. Chaca Ríos Norte - Lima.

• Central telefónica: (011) 425-6885 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico: [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)

Página 2 de 2