

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

## FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES



## “REMOCIÓN DE TURBIEDAD Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES CON LA UTILIZACION DE LA CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao*) COMO COAGULANTE NATURAL EN LAS AGUAS DEL RÍO CHILLÓN”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

AUTORES:

BACHILLER JOHN JUNIOR DAVIRAN HUARCAYA

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'John Huarcaya'.

ASESOR:

Mtro. DAN ANARCAYA TORRES

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dan Anarcaya Torres'.

Callao, 2021

PERÚ





# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)



## ANEXO 3

**ACTA N° 008-2021 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.**

**LIBRO 01 FOLIO No. 11 ACTA N°008-2021 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.**

A los 02 días del mes de octubre del año 2021, siendo las 15:00 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/azq-yfbb-ijj>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

Mg.	Teófilo Allende Ccahuana	: Presidente
Mtro.	Américo Carlos Milla Figueroa	: Secretario
Bigo.	Carlos Odorico Tome Ramos	: Vocal
Mtro.	Dan Skipper Anarcaya Torres	: Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller John Junior Daviran Huarcaya, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustenta la tesis titulada: **"REMOCIÓN DE TURBIEDAD Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES CON LA UTILIZACION DE LA CÁSCARA DE CACAO (Theobroma cacao) COMO COAGULANTE NATURAL EN LAS AGUAS DEL RÍO CHILLÓN"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

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 y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa Bueno y calificación cuantitativa Quince (15), la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018

Se dio por cerrada la Sesión a las 20:07 horas del día sábado 02 de octubre del año en curso.

Presidente

Secretario

Vocal

Asesor

## **DEDICATORIA**

A Dios quien ha sido mi fortaleza y mi guía, bendiciéndome en cada acción que hago.

A mis padres Sonia y Florentino, quienes sentaron en mis las bases de responsabilidad y deseos de superación, forjándome como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros y metas se los debo a ustedes entre las que incluye este.

A mis hermanos Alondra y Jonathan por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mis amigos, por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles.

## **AGREDECIMIENTO**

Mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes

A la Universidad Nacional del Callao y en especial a la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales por la formación académica que me brindo en los 5 años de estudio de carrera.

A mi asesor Magister Dan Anarcaya Torres quien me orientó en este importante proyecto y los valiosos consejos para la ejecución de tan ansiado proyecto.

A los docentes de tan prestigiosa casa de estudio que influyeron con sus enseñanzas y consejos a formar parte de los sedimentos de mi vida profesional

A todas aquellas personas que de alguna forma son parte de la culminación de este gran logro.

## INDICE

DEDICATORIA .....	4
AGREDECIMIENTO .....	5
INDICE .....	6
TABLA DE CONTENIDO .....	10
TABLA DE GRÁFICOS.....	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 .....	17
1.1.1 Problema general .....	17
1.1.2 Problemas específicos.....	18
1.3. Objetivos.....	18
1.1.3 Objetivo general.....	18
1.1.4 Objetivos específicos.....	18
1.4. Justificación .....	18
1.1.5 Por su aplicación. ....	18
1.1.6 Por su aspecto socio-económico.....	19
1.1.7 Por su aspecto ambiental .....	19
1.5. Limitantes de la investigación .....	19
1.1.8 Limitante teórica. ....	19
1.1.9 Limitante temporal. ....	20
1.1.10 Limitante espacial.....	20
II. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes.....	21

2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	23
2.2.	Base Teórica.....	26
2.2.1.	Cacao .....	26
2.2.2.	Coagulación.....	32
2.2.3.	Floculación .....	39
2.3.	Conceptual.....	39
2.3.1.	Test jarras.....	39
2.3.2.	Turbiedad .....	40
2.3.3.	Sólidos Suspendidos Totales .....	40
2.3.4.	Color .....	41
2.3.5.	Coloide .....	41
2.3.6.	Remoción de turbidez y sólidos disueltos totales con la utilización de la cáscara de cacao: .....	45
2.4.	Definición de términos básicos .....	45
2.4.1.	Biomasa residual.....	45
2.4.2.	pH.....	45
2.4.3.	Turbidez.....	45
2.4.4.	Temperatura.....	45
2.4.5.	Olor y sabor.....	46
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	47
3.1.	Hipótesis .....	47
3.1.1.	Hipótesis General: .....	47
3.1.2.	Hipótesis Específicas:.....	47
3.2.	Definición conceptual de las variables .....	48
3.3.	Operacionalización de las variables.....	49
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	50

4.1.	Tipo y diseño de la investigación .....	50
4.1.1.	Tipo.....	50
4.1.2.	Diseño .....	50
a.	Procesos para la obtención de la harina de cascara de cacao. ....	50
b.	Procedimiento experimental.....	53
4.2.	Método de investigación .....	55
4.3.	Población y muestra .....	55
4.3.1.	Población.....	55
4.3.2.	Muestra.....	55
4.4.	Lugar de estudio.....	56
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	56
4.5.1.	Técnicas .....	56
4.6.	Análisis y procesamiento de datos .....	58
V.	RESULTADOS.....	59
5.1.	Resultados descriptivos.....	59
5.1.1.	Resultados de las características físico-químicos del rio Chillón...	59
5.1.2.	Resultados experimentales del tratamiento prueba de Jarras.....	59
5.2.	Resultados Inferenciales.....	61
5.2.1.	Análisis ANOVA de los diseños factoriales.....	61
a.	ANOVA del pH .....	61
b.	ANOVA del %Turbidez.....	62
c.	ANOVA del %SST.....	63
d.	ANOVA del Color .....	64
5.2.2.	Ajustes de los diseños factoriales.....	65
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	66
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	66
a.	Contrastación con la hipótesis General .....	66

b.	Contrastación con la hipótesis específica 1 .....	66
c.	Contrastación con la hipótesis específica 2 .....	66
d.	Contrastación con la hipótesis específica 3 .....	67
6.2.	Contrastación de los resultados con estudios similares.....	67
6.3.	Responsabilidad ética.....	68
VII.	CONCLUSIONES.....	69
VIII.	RECOMENDACIONES.....	70
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	71
X.	ANEXOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	Anexo 1. Matriz de consistencia científica .....	78
	Anexo 2. Informes de laboratorio .....	79
	Anexo 3. Normalidad y Homogeneidad de varianza .....	88

## TABLA DE CONTENIDO

Tabla 1.....	27
Tabla 2.....	29
Tabla 3.....	42
Tabla 4.....	48
Tabla 5.....	49
Tabla 6.....	53
Tabla 7.....	54
Tabla 8.....	57
Tabla 9.....	59
Tabla 10.....	60
Tabla 11.....	61
Tabla 12.....	61
Tabla 13.....	62
Tabla 14.....	63
Tabla 15.....	64
Tabla 16.....	65

## TABLA DE GRÁFICOS

Figura 1 .....	30
Figura 2 .....	31
Figura 3 .....	32
Figura 4 .....	33
Figura 5 .....	34
Figura 6 .....	34
Figura 7 .....	35
Figura 8 .....	36
Figura 9 .....	37
Figura 10 .....	38
Figura 11 .....	44
Figura 12 .....	51
Figura 13 .....	52
Figura 14 .....	56
Figura 15 .....	58

## RESUMEN

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  $2^{4-1}$  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.

**Palabras claves:** coagulación-floculación, cascara de cacao; turbidez, solidos suspendidos totales, prueba de jarras

## ABSTRACT

The lower basin of the Chillón River presents a variation in its composition due to different types of natural and anthropogenic pollutants, which alter the ecosystem making the water resource inadequate for its use.

The cocoa shell (*Theobroma cacao*) is a waste generated substantially in the industrial process of many activities. The objective of this research was to study its effect as a coagulant in the removal of turbidity and the removal of solids from waters of the Chillón River. Obtaining the natural coagulant from the cocoa shell was achieved using chopping, crushing, drying, sieving operations, which did not present a high cost.

The method to use was the experimental one, where a fractional factorial design of 24-1 arrangement was adopted as a result of 28 treatments, but each treatment was performed in triplicate. The factors are A: Bioflocculant dose, B: Fast speed, C: Slow speed, D: Time.

The results obtained in the current work show the relative efficiency of the cocoa shell (*Theobroma cacao*) to improve the characteristics of the water of the Chillón River, obtaining a removal of turbidity of up to 91.2% removal while the TSS of 48.78% and the color of 73.19%, thus providing a relatively cleaner supernatant, confirming the efficacy of natural coagulants as a friendly way to sustainably treat water.

Keywords: coagulation-flocculation, cocoa shell; turbidity, total suspended solids, jar test

## INTRODUCCIÓN

Según el (ANA, 2015) el Perú cuenta con 1 007 ríos y 12 201 lagunas, las mismas que se encuentran distribuidos en 159 cuencas que desembocan en tres grandes vertientes. Este recurso natural renovable, satisface la demanda de actividades poblacionales y productivas, y el mantenimiento de ecosistemas acuáticos y ciclos naturales. Sin embargo, el crecimiento demográfico, los cambios de uso territorial que priorizan el uso urbano, la desigual distribución espacial del agua y su variabilidad estacional determinan diferencias significativas en la disponibilidad del recurso hídrico.

Así mismo la calidad del agua del río Chillón presenta una variación en los parámetros fisicoquímicos debido a la diversidad de contaminantes que se eliminan en este cuerpo de agua superficial que vienen a lo largo de la cuenca del río, tomando mayor impacto en la cuenca baja del río Chillón. (Contreras Blanco, 2018). Esta problemática se viene presenciando desde hace muchos años atrás, haciendo que el recurso hídrico sea inadecuado.

La clarificación del agua es una de las etapas más importantes ya que ésta permite la remoción de materiales de naturaleza coloidal en suspensión. Para lograr el propósito de clarificar el agua, es necesaria la utilización de agentes coagulantes, así como coadyuvantes de coagulación, que permiten eliminar un porcentaje significativo de sólidos suspendidos, orgánicos disueltos, iónicos disueltos, gases y microorganismos que pueden afectar a la salud de los consumidores (Chama Cabana, 2017), estos agentes coagulantes pueden ser de origen sintético o natural, el cual desestabiliza las cargas de los coloides para luego aglomerarlos formando partículas de mayor tamaño y peso los cuales sedimentan, logrando así reducir los valores de turbidez y color.

En este sentido este trabajo busca aprovechar el residuo del fruto del cacao (cáscara de cacao) como coagulante natural para la remoción de turbidez y sólidos suspendidos, que ayuden en el proceso de potabilización de las aguas del río Chillón en la región Callao, colaborando así en la reducción de impactos ambientales.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

La calidad del agua es una preocupación en todas partes del mundo, en vía de desarrollo. Las fuentes de agua potable están bajo la amenaza creciente de la contaminación, con consecuencias de gran alcance para la salud y para el desarrollo económico y social de comunidades y naciones. (Sedolfo, et al., 2018)

De acuerdo (Castro Vargas, 2016) a nivel nacional la autoridad nacional del agua (ANA) identifico 41 unidades hidrográficas, cuyos parámetros de calidad exceden los estándares de calidad ambiental del agua, siendo la causa principal el vertimiento de aguas residuales industriales, domésticas y municipales, los cuales no permiten su utilización para los usos agrícola, producción de agua potable y conservación del ecosistema acuático, entre otros.

Así mismo el rio Chillón constituye una importante fuente de recursos hídricos que abastecen a la región Callao, sin embargo presenta un gran problema de contaminación, debido a la gran carga microbiana, orgánica e inorgánica que arrastran sus aguas, los cuales son debido al vertimiento de aguas residuales domesticas sin tratamiento, actividades industriales y el arrojado residuos sólidos (CENEPRED, 2018); cuyos efectos producen cambios físicos o químicos que afectan a los seres vivos y al ecosistema, los cuales se ven reflejados en la alteración del color, olor, temperatura, turbidez y pH.

A lo largo del tiempo, se ha tratado de encontrar diferentes tipos de tecnologías que amortigüen considerablemente el impacto que se genera a las aguas del rio Chillón a fin de reducir la contaminación (metales pesados, turbiedad, reducción de la demanda química de oxígeno, reducción bioquímica de oxígeno, etc.) tales como fitorremediación, uso de coagulantes vegetales, uso de coagulantes de origen animal, uso de biofiltros, aplicación de remoción de solidos suspendidos y otros métodos

amigables con el medio ambiente. Para seleccionar la mejor tecnología se debe considerar los siguientes puntos importantes según el estudio desarrollado al problema, el análisis se hace de manera; ambiental, técnico económico y social.

En la actualidad los coagulantes más usados siguen siendo las sales minerales de hierro y aluminio por su efectividad, sin embargo, se han demostrado que las sustancias que las componen pueden ser causantes de Alzheimer en seres humanos, además que los usos de estos representan un alto costo debido a que deben ser importados, producción de altos volúmenes de lodo y alteración de pH del agua tratada. (Guzman C., Taron D, & Muñoz M, 2015)

Como alternativa, los países en vías de desarrollo, han adaptado una serie de tecnologías tradicionales para eliminar la turbidez del agua en el ámbito doméstico. De ellas la más estudiada es la utilización de extractos naturales de plantas para la clarificación del agua cruda. Los coagulantes naturales suelen ser consumibles y por tal razón su presencia en el efluente no genera un riesgo tóxico para el ser humano. Además, cuando se usan en métodos convencionales de tratamiento generan cinco veces menos cantidad de lodos que los coagulantes químicos, y los lodos generados son altamente biodegradables y con alto valor nutricional. (Sedolfo, et al., 2018)

Para realizar la remoción de turbidez y sólidos suspendidos, nos enfocamos en la coagulación que consiste en la adición de sustancias químicas denominadas coagulantes capaces de neutralizar las cargas electrostáticas de las partículas suspendidas en el agua, aglomerándolas hasta formar moléculas más grandes y pesadas, que tienden a sedimentar por gravedad, para este fin utilizamos sustancias orgánicas que poseen una compleja estructura química, por lo general están constituidos por varios tipos de polisacáridos y proteínas naturales. Algunos de ellos contienen propiedades coagulantes o floculantes y en muchos lugares son utilizados en forma empírica por los nativos para

aclarar el agua turbia con muy buenos resultados. Entre el grupo de sustancias conocidas que poseen estas propiedades aglomerantes se encuentran algunos compuestos orgánicos de origen vegetal encontrados en especies como la moringa oleífera, frijol, gomas naturales, el maíz, y especies de cactus del género *Opuntia*, por esta razones deseamos encontrar nuevos coagulante naturales.

En el oriente peruano se ha dado la importancia a la siembra del cacao, sustituyendo la siembra de cosechas ilegales, mostrándose así un constante aumento de 24.8 mil toneladas en el año 2000 a una producción de 87.3 mil toneladas de cacao en un área de cosecha de 121.3 mil hectáreas para el año 2015 (MINAGRI, 2016).

Estos residuos agroindustriales poseen un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que influyen en su valorización; estos han tenido en los últimos años un gran incremento en su generación debido en mayor medida a la demanda y al crecimiento poblacional. También a que en la mayoría de los casos no son procesados o dispuestos adecuadamente, situación que conlleva al proceso de contaminación ambiental.

La cascara de cacao (*Theobroma cacao*) no se ha utilizado como coagulante en la remoción de aguas residuales, por tal motivo se desarrollará la presente investigación utilizando la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) para remoción de turbiedad y sólidos suspendidos como coagulante natural en las aguas del río Chillón, brindando de esta manera un aporte en el desarrollo de esta tecnología.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.1.1 Problema general**

¿Cuál será la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón con la utilización de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural?

### **1.1.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál será la concentración adecuada de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural en la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón?
- ¿Cuál será el tiempo de contacto de la cáscara de cacao en la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón?
- ¿Cuál será la velocidad de agitación adecuada en la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón?

## **1.3. Objetivos**

### **1.1.3 Objetivo general**

Determinar la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las Aguas del río Chillón con la utilización de la cascara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural.

### **1.1.4 Objetivos específicos**

- Evaluar la concentración adecuada de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural en la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón.
- Evaluar el tiempo de contacto de la cascara de cacao en la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón.
- Evaluar la velocidad agitación en la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón.

## **1.4. Justificación**

### **1.1.5 Por su aplicación.**

En el proceso de coagulación-floculación para el tratamiento de agua, se observa el uso de químicos; una manera de reducir el uso de estas sales y evitar los residuos que puedan quedar después del tratamiento de agua, es con la aplicación de coagulantes naturales ya sea como coadyuvante o reemplazándolo.

### **1.1.6 Por su aspecto socio-económico**

El agua es un recurso indispensable en la vida y no se puede dejar de hablar de la calidad de la misma mucho menos cuando es destinada para el consumo humano, los costos que implican su tratamiento se pueden ver reducidos al usar coagulantes naturales ya que son extraídos de material orgánico y que pueden dar mayores beneficios reduciendo los costos y esto lleva a que lugares de pobreza puedan tener agua potable.

### **1.1.7 Por su aspecto ambiental**

Los residuos de alimentos generan emisiones de CO<sub>2</sub> durante su descomposición, así como CH<sub>4</sub> cuando son dispuestos inadecuadamente en el ambiente. Sin considerar las emisiones de deforestación y manejo de suelos orgánicos, estos residuos también generan un impacto en el suelo ocasionando por la pérdida de nutrientes, pérdida de productividad y pérdida del valor de las tierras utilizadas, así como daños a la biodiversidad. (Quevedo Beltrán, 2017)

La gran cantidad de biomasa residual generada por el sector agrícola en sus diferentes etapas desde la siembra hasta llegar a la cosecha, generan un impacto ambiental. La valorización de residuos agroindustriales en la formulación de nuevos productos es una manera de disminuir el impacto ambiental.

## **1.5. Limitantes de la investigación**

### **1.1.8 Limitante teórica.**

Como limitante principal fue antecedentes donde se use la cáscara de cacao como coagulante natural en las aguas del río Chillón, así como la limitación de solo dos artículos sobre la obtención de harina de la misma.

### **1.1.9 Limitante temporal.**

Como limitante temporal tenemos que los datos que serán considerados para la realización del trabajo de investigación propuesto, serán enmarcados dentro de un periodo de medio plazo, considerando únicamente la temática del trabajo en este periodo de tiempo.

### **1.1.10 Limitante espacial.**

La limitación que se pudo encontrar en este aspecto es que en la facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales no cuenta con todos los equipos necesarios para realizar el trabajo experimental.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales.

**SIERRA JULIO ANDRÉS, NAVARRO SILVA AARÓN, MERCADO MARTINEZ IVÁN, ALEXY FLOREZ VERGARA Y JURADO ERASO MARIO. Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando medula de banano como coagulante, 2019.**

El estudio realizado por (Sierra Julio, et al., 2019) se analizó la eficiencia de la medula de plátano como coagulante en la clarificación de aguas naturales del río Magdalena. Para ello, se tomaron seis vasos de precipitados en los cuales se vertieron aproximadamente 1 L del agua objeto de estudio, registrando previamente su pH y turbidez inicial. Cada muestra se sometió a una velocidad de 120 rpm durante 60 segundos, en este lapso de tiempo se le adicionó el coagulante según las dosis establecidas, luego se redujo la velocidad a una mezcla lenta de 30 rpm por un periodo de 20 min para estimular a la producción de flocs; transcurrido este tiempo, se dejó sedimentar durante 15 min. Finalmente, se extrajo una muestra de 60 mL de agua clarificada de cada jarra. Los resultados obtenidos fueron analizados, mediante un análisis de varianza ANOVA y la prueba de HSD de Tukey con una confiabilidad del 95% (valor  $P < 0,05$ ) dando como resultado un mínimo cambio en la remoción de turbidez.

**ORTIZ ALCOCER VICTOR, LÓPEZ OCAÑA GASPAR, TORRES BALCAZAR CARLOS Y PAMPILLÓN GONZÁLEZ LILIANA. Almidón extraído de la yuca como coadyuvante en la coagulación floculación de aguas residuales domésticas, 2018.**

En esta investigación (Ortiz Alcocer, et al. , 2018) usaron el almidón de la yuca como coagulante combinándolo con coagulantes químicos como  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeCl_3$  y  $Ca(OH)_2$  para el tratamiento de aguas residuales domésticas, de modo que se pudieran hallar la

relación óptima de polímero y coagulantes para ofrecer la mejor remoción de turbiedad y color. Se analizaron 216 muestras de agua residual doméstica obteniéndose que la combinación que obtuvo mayor eficiencia fue la combinación de 250 mg/L de  $Al_2(SO_4)_3$  y 750 mg/L del almidón, con turbiedad inicial de 24 UNT y color inicial de 958 UPC y se obtuvo una turbiedad final de 6 UNT y color final de 210 UPC logrando remover 75 % de la turbiedad y 78 % del color.

**MERA ALEGRÍA CARLOS, GUTIÉRREZ SALAMANCA MADELEINE, MONTES ROJAS CONSUELO Y PAZ CONCHA JUAN. Efecto de la *Moringa oleífera* en el tratamiento de aguas residuales en el cauca, Colombia, 2016.**

En este trabajo se evaluó el efecto del polvo de semilla de moringa como coagulante y floculante natural en el tratamiento de aguas residuales, se utilizaron aguas resultantes del proceso de beneficio de café con turbidez mayor a 2000 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) y aguas provenientes del pelado químico de vegetales con 91,5 UNT. Los tratamientos se realizaron empleando el test de jarras a 130 revoluciones/minuto a temperatura de 21,5°C con tiempo de agitación de 30 minutos para aguas residuales de beneficio de café y 15 minutos para aguas de pelado químico de vegetales. Para determinar calidad del agua se evaluó: turbidez, pH, conductividad eléctrica, cloruros, sólidos suspendidos, coliformes totales y fecales del sobrenadante. De donde se estableció que el polvo de semilla de moringa es más efectivo en mejorar los diferentes parámetros establecidos en la investigación (Mera Alegria, et al., 2016).

**LÓPEZ VIDAL R., LAINES CANEPA R., HERNANDEZ BARAJAS Y J.R., APARICIO TRAPALA M.A. Evaluación de almidones de malanga como agentes coadyuvantes en la remoción de turbiedad en procesos de potabilización del agua, 2014.**

En este trabajo de investigación se analiza el empleo de almidones modificados de la malanga (*Colocasia esculenta*) como agentes coadyuvantes en el proceso de coagulación-floculación en las aguas de la cuenca baja del río Blasillo, México para la remoción de turbiedad y color. Una vez obtenido el almidón modificado a través del Método de Aparicio (2003), se realizaron prueba de jarras para determinar los valores óptimos en diferentes relaciones de  $Al_2(SO_4)_3$  y el polielectrolito. La mejor eficiencia para la remoción máxima de turbiedad fue del 95% utilizando 15mg/L de almidón con 35mg/L de  $Al_2(SO_4)_3$ . Por su parte para la máxima remoción de color fue de un 99,2% con una relación de 25mg/L del almidón modificado con 25mg/L del sulfato. La remoción que presentó fue la esperada, en tal sentido los autores proponen

el uso de coagulantes ambientalmente amigables basados en almidones de malanga para reducir las cantidades de  $Al_2(SO_4)_3$ . (López Vidal, et al., 2014)

#### **2.1.2. Antecedentes nacionales.**

**APARICIO MAYTA LUIS MIGUEL, Eficiencia del sancayo (*Lobivia maximiliana*) como coagulante natural en el tratamiento de agua residual industrial del camal privado “el modernito” – Juliaca, 2019.**

El presente proyecto de investigación (Aparicio Mayta, 2019) corrobora que las instalaciones del camal privado “El modernito” cuyo vertimiento de efluentes eran vertidos directamente al sistema de alcantarillado sin ningún tratamiento previo los cuales generaban descomposición y putrefacción de materia orgánica, produciendo gases que se emitían al medio ambiente, en tal sentido el objetivo de dicho proyecto es determinar la eficiencia del sancayo como coagulante natural en el tratamiento de agua residual del camal privado “El modernito”. Una vez obtenido el coagulante se hicieron los ensayos utilizando diferentes dosis las cuales fueron de 5, 7.5,

10, 12.5, 15, 20 ml y también aplicando soluciones de agua de 5% y 10% para el tratamiento. Los resultados demostraron teniendo una eficiencia en los porcentajes de remoción de DBO<sub>5</sub> del 70.50%, DQO del 70.82%, SST del 98.13% y para Aceites y grasas de un 36.52%, simulando una mezcla rápida de 200RPM por un tiempo de 60 segundos y mezcla lenta de 40RPM por 15 minutos y sedimentando por un lapso de tiempo de 30 minutos.

**CASTILLO VERGARA GERSON Y SILVA GIL IBETH, Efecto del coagulante –floculante obtenido del cactus de nopal en la turbidez, dbo<sub>5</sub> y solidos totales del efluente de la empresa casa grande S.A, 2018.**

Este estudio tiene como objetivo principal remover turbidez, DBO<sub>5</sub> y solidos totales empleando un coagulante natural a partir de la maceración del mucilago del nopal en las aguas del canal de vertimiento de una empresa azucarera, estableciendo su dosis optima mediante una prueba de jarras simulando el proceso de coagulación-floculación, aplicado a distintas dosis del preparado (20%,40%,60% y 80%), los ensayos se desarrollaron a velocidades de agitación rápida de 100, 200 y 300 RPM por un tiempo de 2 minutos , seguida de una agitación lenta de 50 RPM por 18 minutos, dejando sedimentar por 12 horas los flóculos formados. Los resultados de la evaluación indican que se logró una máxima remoción de demanda biológica de oxígeno del 37,88% a una concentración del 80% y una velocidad máxima de 100 RPM. Para la turbidez se logró una remoción del 82.45 % a una concentración del 80% y una velocidad máxima de 100 RPM. En consecuencia, este estudio sugiere el uso de coagulante obtenido del nopal como coagulante complementario o secundario en las aguas residuales agroindustriales. (Castillo Vergara & Silva Gil, 2018).

**HURTADO VANDER JOAN Y YARLEQUE NAVARRO EFRAIN. Determinación de la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa en la purificación de las aguas del río Patari para el uso de consumo humano, 2017.**

La tesis desarrollada por (Hurtado Vander Schatte Olivier & Yarleque Navarro, 2017) tuvo como objetivo determinar la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído del tubérculo en la purificación del río Patari. Para la obtención de dicho coagulante se usó la metodología de Aparicio para la cual se pasaron por diferentes procesos obteniéndose un rendimiento promedio del 9.9% del almidón. En el proceso de tratamiento de las aguas del río Patari se trabajó a diferentes concentraciones de (20 mg/L, 40 mg/L, 60 mg/L, 80 mg/L y 100 mg/L) con un agitador magnético, para determinar la dosis óptima, primero se determinó el tiempo de contacto y luego la velocidad de agitación óptima, en la cual se obtuvo que la mejor concentración fue de 80 mg/L, reduciendo el color de 10 Pt/Co a 5Pt/Co con un rendimiento del 50 % y la turbidez se redujo de 30 NTU a 4.1 NTU con un tiempo de contacto óptimo de 25 minutos y una velocidad de agitación de 30 RPM. Se concluye en este trabajo de tesis, que el coagulante natural obtenido de la papa posee una capacidad clarificadora del 86,3% llegando a remover los sólidos suspendidos.

**BRONCANO CASTILLO, LIZETH ELENA Y ROSARIO CACHA, NANCY PILAR, 2017. Eficiencia del *Tropaeolum tuberosum* y la cáscara de *Solanum tuberosum* como coagulante para la remoción de turbiedad, color y sólidos disueltos, en el río Lullán, provincia de Caraz, Ancash-2016”**

El presente trabajo de investigación experimental planteó el uso de tubérculos andinos como coagulante natural para la remoción de parámetros fisicoquímicos en las aguas superficiales del río Lullán, Caraz, Región Ancash. Las muestras fueron obtenidas de un centro

de abastos y establecimientos de comida de la ciudad de Huaráz y fueron sometidos a procesos como: secado, tamizado y triturado para la obtención del coagulante natural. Después de extraer el almidón de mashua y almidón cáscara de papa en polvo se realizaron pruebas de jarras en un periodo de 2 meses cada 15 días, para simular el proceso de coagulación floculación y determinar la efectividad de los mismos, se midieron parámetros de turbiedad, color y sólidos disueltos. Al respecto la mayor eficiencia para la remoción de parámetros de turbiedad, sólidos disueltos y bacteriológicos para el coagulante de cáscara de papa, fue a una dosis óptima de 50 mg/l, una concentración óptima de 7 mg/l y un pH óptimo de 7.5. Y para el coagulante de almidón de mashua si se observa una remoción de turbiedad y sólidos disueltos que cumplen con el reglamento de calidad de agua para consumo humano, cosa que no cumple para los parámetros bacteriológicos debido a que estos parámetros aumentaron. Y con lo que respecta a color no se pudo determinar ya que no se identificó si hay o no remoción de este parámetro debido a que el equipo no facilito la medición. (Broncano Castillo & Rosario Cacha, 2017)

## **2.2. Base Teórica**

### **2.2.1. Cacao**

#### **a. Árbol de cacao**

El cacao (*Theobroma cacao*) es considerada una planta originaria de América tropical, se caracteriza por ser una planta de porte bajo, hasta 8 metros de alto y con un marcado dimorfismo de ramas. (Oblitas Quintanilla, 2015). Botánicamente, al cacao se le ha asignado la siguiente clasificación taxonómica, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Clasificación Taxonómica del Cacao*

<b>Clasificación del Theobroma Cacao</b>	
• <b>División</b>	• Espermatofita
• <b>Clase</b>	• Angiosperma
• <b>Sub-Clase</b>	• Dicotiledónea
• <b>Orden</b>	• Malvales
• <b>Sub-Orden</b>	• Sub-Malvales
• <b>Familia</b>	• Esterculiáceas
• <b>Tribu</b>	• Bitneria
• <b>Género</b>	• Theobroma
• <b>Especie</b>	• cacao
• <b>Nombre Científico</b>	• Theobroma cacao L.

Nota: Extraído de (Salinas Tuanama, 2018)

**b. Morfología**

Las características morfológicas del árbol de cacao son las siguientes: (García Guerreo, 2019)

- Raíces: El sistema radical es de tipo pivotante, que puede alcanzar de 1.5 hasta 2 m.
- Tallo: El tallo en su primera fase de crecimiento es vertical, que perdura por 12-15 meses, después de este tipo del crecimiento se interrumpe para dar lugar a la aparición ramas secundarias.
- Hojas: Las hojas poseen forma de limbo y puede ser según el tipo de cacao: elíptica, ovada o abobada, con peciolo.
- Flores: La flor es de color rosa, púrpura y blanca, hermafroditas, de pequeña talla, de 1 a 1.5 cm de diámetro, en forma de estrella.
- Frutos: El fruto del cacao está compuesto de una concha externa en forma de baya llamada cáscara o mazorca que contiene aproximadamente entre 20 a 40 granos.

### **c. Condiciones óptimas para el cultivo de cacao**

Según el (IICA, 2017) las condiciones óptimas para el cultivo del cacao en el Perú son las siguientes:

- Temperatura: Las condiciones óptimas de temperatura media anual debe estar entre el 23°C a 32°C.
- Suelo: El suelo debe ser tipo aluvial, francos y profundos con subsuelo permeable de fácil penetración por parte de la raíz pivotante y una adecuada profundidad.
- Altitud: El cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 m.s.n.m.
- Humedad Relativa: El cultivo presenta mayor productividad a una humedad relativa anual promedio de entre el 70% y 80%.
- Precipitación: El cacao debe ser cultivado en zonas con condiciones ambientales que le permitan prosperar y desarrollar todo su potencial con precipitación promedio de 1150 mm, 2500 mm.
- Drenaje: El cacao debe cultivarse preferiblemente en suelos sin limitaciones importantes de texturas o drenaje.

### **d. Partes del fruto del cacao.**

El fruto, que botánicamente es una baya está compuesto por 4 partes (véase Figura 1, página 19):

- Cáscara de Cacao o Mazorca: El fruto mide 15-25 cm de largo por 7-10 cm de grosor. La forma, tamaño y color de la mazorca, atributos de interés, varía según el tipo de cacao (Jovellanos Fernández, 2016). Este es el residuo más importante de la cosecha del cacao representando entre el 80 % y 90 % del volumen del fruto, en la tabla siguiente se detalla la composición química de la variedad TCS 01.

**Tabla 2.**

*Composición química de la cáscara de cacao variedad TCS 01.*

• <b>Composición</b>	• <b>%p/p</b>
• <b>Humedad</b>	• 8.5
• <b>Proteínas</b>	• 1.07
• <b>Minerales</b>	• 1.41
• <b>Grasa</b>	• 0.02
• <b>Fibra</b>	• 5.45
• <b>Carbohidratos</b>	• 7.05
• <b>N</b>	• 0.171
• <b>P</b>	• 0.026
• <b>K</b>	• 0.545
• <b>Pectinas</b>	• 0.89

• Nota. Extraído (Burgos Campuzano & Jaramillo Quiroz, 2015)

- Mucilago: Es la parte carnosa y viscosa de color blanco cremoso comestible, que envuelve a la semilla del fruto del cacao.
- Semilla o Granos: Las semillas o almendras son de tamaño variable (1.2 - 3 cm), de distintos sabores y aromas (floral, frutal, nueces), y grados de acidez, dulzura y astringencia. Al interior están los cotiledones que pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo. (García Guerreño, 2019).
- Cascarilla de la semilla de cacao: Este desecho agroindustrial nutricionalmente aporta como todo alimento con macronutrientes y micronutrientes, se considera como una fuente baja de energía. (Carrasco Angel & Martínez Mora, 2015).

## Figura 1

### *Partes del fruto del cacao*



**e. Variedades del cacao:** Desde el punto de vista botánico existen tres grupos de variedades principales de cacao.

- Criollo: Originario de América Central precolombina. Actualmente se cultiva en México, Guatemala y Nicaragua en pequeñas cantidades; así como en Venezuela, Colombia. Son árboles de características débiles, de lento crecimiento, bajo rendimiento y susceptibles a enfermedades y plagas respecto otras variedades. (MINAGRI, 2016)
- Forastero: Tiene su origen en la Alta Amazonía. Se caracteriza por su resistencia, poca aromaticidad, excelente rendimiento, cosecha precoz, árbol vigoroso y resistente a las enfermedades. (MINAGRI, 2016) .
- Trinitario: Esta especie de cacao es un híbrido biológico natural entre Criollos y Forasteros, que fue exportado por Trinidad donde los colonos españoles habían establecido plantaciones. No tiene atributo puro a su especie y la calidad de su cacao varía de media a superior, con un contenido fuerte en manteca de cacao. (MINAGRI, 2016) .
- Variedades Híbridas:  
Una variedad importante es el cacao CCN-51, un cacao convencional obtenido en Ecuador, en el año 1965. Este cacao

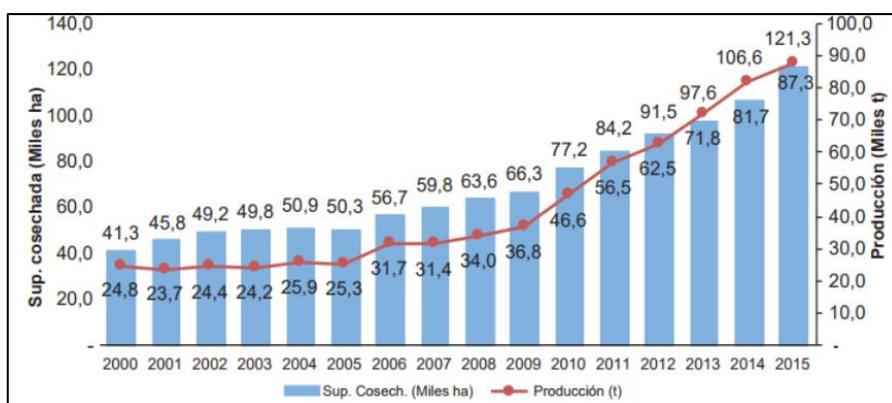
ha adquirido gran popularidad entre los agricultores por tener características de alta productividad; de cultivo precoz al iniciar su producción; resistente a plagas y enfermedades; fácilmente adaptable a diversas zonas tropicales. (Lock Navarro, 2018)

**f. Situación actual del cacao en el Perú.**

Entre los años 2000-2008, la producción de cacao presentó un crecimiento anual (promedio) de un 4 %; y en una segunda etapa, entre los años 2009 y 2015, muestra un incremento promedio anual de un 15,5%. En el año 2000 la producción de cacao en grano es de 24,8 mil toneladas y al año 2008 se había elevado a solo 34 mil toneladas (37% aumento entre ambos años). (MINAGRI, 2016). En la figura muestra la superficie cosechada y la producción de cacao a

**Figura 2**

*Superficie cosechada y producción de cacao en el Perú*



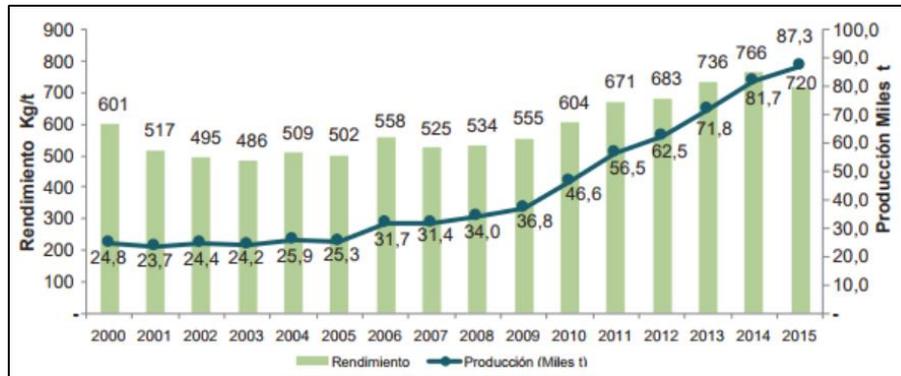
Nota: Extraído de (MINAGRI, 2016)

En cuanto a las áreas cosechadas, es importante mencionar que el incremento de la producción nacional de cacao en grano es producto de la ampliación de las áreas cosechadas, aumentando éstas entre los años 2000 hasta el 2008 a una tasa promedio de 5,6% por año. Al 2015 se alcanza una extensión de 121,3 mil hectáreas. La ampliación del área cosechada en estos últimos años se sustenta en

el impulso del cultivo de cacao como alternativa a la producción ilícita de la hoja de coca. (MINAGRI, 2016).

**Figura 3**

*Rendimiento y producción de cacao en el Perú.*



Nota: Extraído de (MINAGRI, 2016)

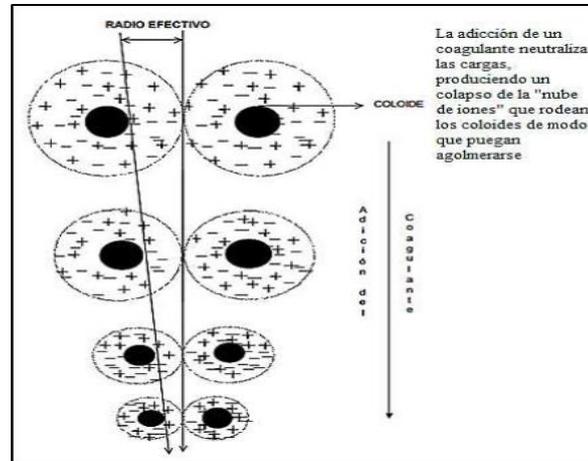
### 2.2.2. Coagulación

Según (Howe, et al., 2017) definen a la coagulación como el proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado para el procesamiento subsiguiente mediante floculación o para crear condiciones que permitan la remoción posterior de materia suspendida disuelta.

En la figura 4, se muestra como las sustancias químicas anulan las cargas eléctricas de la superficie del coloide permitiendo que las partículas coloidales se aglomeren formando flóculos.

## Figura 4

### Proceso de coagulación



Nota: Extraído de (Andía Cardenas, 2000).

#### **a. Mecanismos de coagulación**

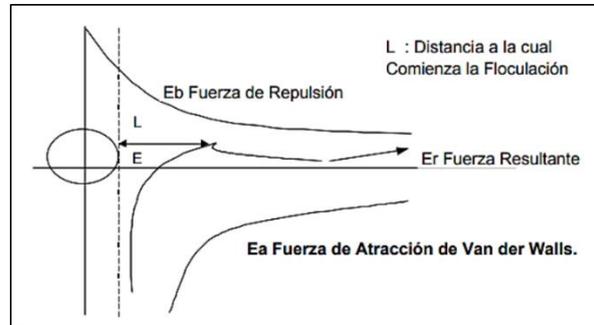
Las desestabilizaciones de los coloides se pueden dar por los siguientes mecanismos fisicoquímicos son las siguientes.

##### *i. Comprensión de la doble capa Eléctrica.*

Cuando se aproximan dos cuerpos semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se consigue sólo con los iones del coagulante (Andía Cardenas, 2000).

**Figura 5**

*Fuerzas de atracción y Repulsión.*



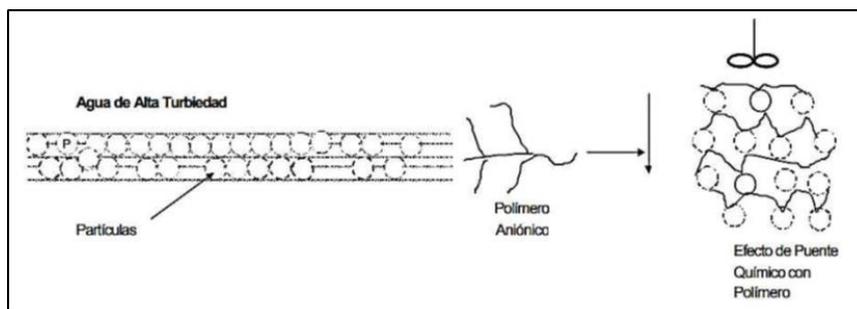
Nota: Extraído de (Andía Cardenas, 2000).

*ii. Adsorción y neutralización de cargas.*

Las partículas pueden desestabilizarse por adsorción de iones con cargas opuestas o polímeros. La mayor parte de las aguas naturales está cargada negativamente en el rango de pH neutro (pH 6 a 8); en consecuencia, las sales metálicas hidrolizadas positivamente cargadas, se pueden utilizar para desestabilizar partículas y neutralizar la carga en la superficie de la partícula. (Howe, et al., 2017).

**Figura 6**

*Proceso de adsorción*



Nota: Extraído de (Andía Cardenas, 2000)

*iii. Adsorción y puenteo electromagnético entre partículas.*

Según (Howe, et al., 2017) indica que las cadenas de polímeros se adsorben en las superficies de las partículas en uno o más sitios a lo largo de la cadena de polímeros. Este mecanismo de coagulación

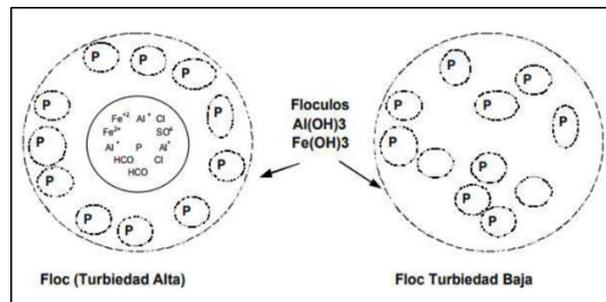
ocurre con los polímeros no aniónicos y polímeros de baja carga superficial y alto peso molecular (MW 105 a 107 g/mol).

iv. *Enmallado en un precipitado o floculo de barrido.*

Este mecanismo es definido por (Howe, et al. , 2017) como un atrapamiento de partículas dentro de un precipitado. Este mecanismo predomina en las aplicaciones de tratamiento de aguas donde los valores de pH por lo general se mantienen entre 6 y 8.

**Figura 7**

*Atrapamiento de las partículas de un Floc.*



Nota: Extraído de (Andía Cardenas, 2000)

v. *Factores que influyen en la coagulación*

Según (Restrepo Osorno, 2009) existen factores que influyen en la coagulación, las cuales son las siguientes:

- Valencia: A mayor sea la valencia del ion, más efectivo resulta como coagulante.
- Tamaño de las partículas: Las partículas deben poseer el diámetro inferior a una micra para la estimulación de flocs, en cambio de diámetro superior a cinco micras, son demasiado grandes para ser incorporadas en el floc.
- Temperatura: Es un factor que cambia el tiempo de formación del floc, afectando en la energía cinética de las partículas en suspensión.
- Influencia del pH: Para cada coagulante hay una zona de pH óptima, en la cual el proceso de floculación ocurre en el tiempo más corto.
- Alcalinidad: La alcalinidad es un parámetro que guarda la relación directa con el pH.

- Dosis del Coagulante: La cantidad del coagulante tiene influencia directa en la eficiencia y es inversamente proporcional al tiempo.
- Velocidad de la mezcla: Es el grado de agitación que se da a la masa de agua durante la adición del coagulante.

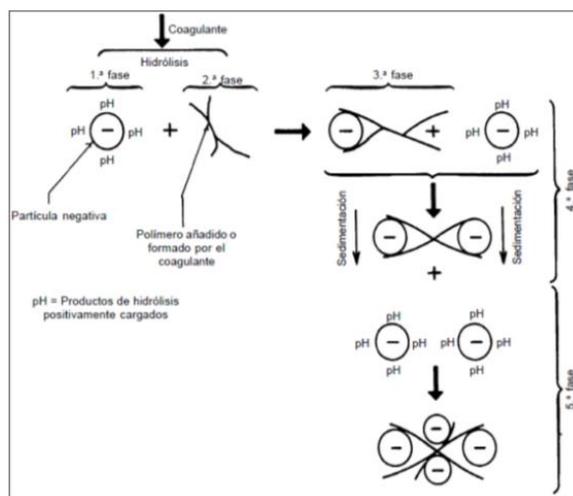
vi. *Etapas o Fases de la Coagulación*

El proceso de coagulación se desarrolla en un tiempo muy corto (casi instantáneo), en el que se presenta las siguientes etapas como se visualiza en la figura 9. (Vargas, 2004)

- Hidrólisis de los iones metálicos
- Adsorción de las especies hidrolíticas
- Aglomeración de las partículas desestabilizadas.
- Formación de los flóculos.
- Precipitación del hidróxido metálico.

**Figura 8**

*Modelo esquemático del proceso de coagulación.*



*Nota:* Extraído de (Vargas, 2004)

vii. *Tipos de Coagulación*

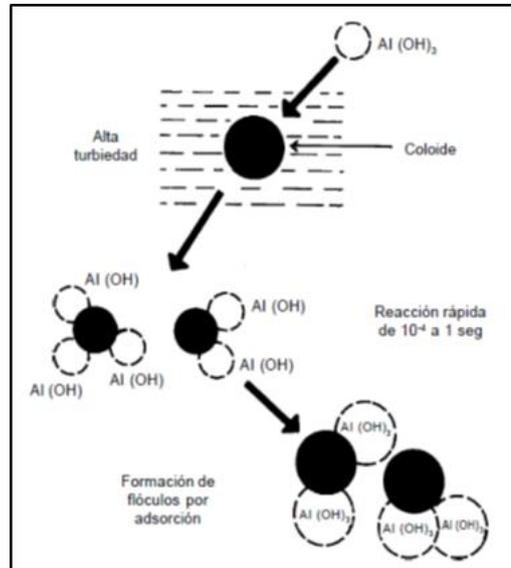
De acuerdo a (Andía Cardenas, 2000), se pueden presentar 2 tipos básicos de coagulación:

- **Coagulación por Adsorción:** Se presenta cuando el agua presenta una alta concentración de partículas al estado coloidal; cuando el coagulante

es adicionado los productos solubles de los coagulantes son absorbidas por los coloides formando flóculos.

### Figura 9

#### Coagulación por Adsorción

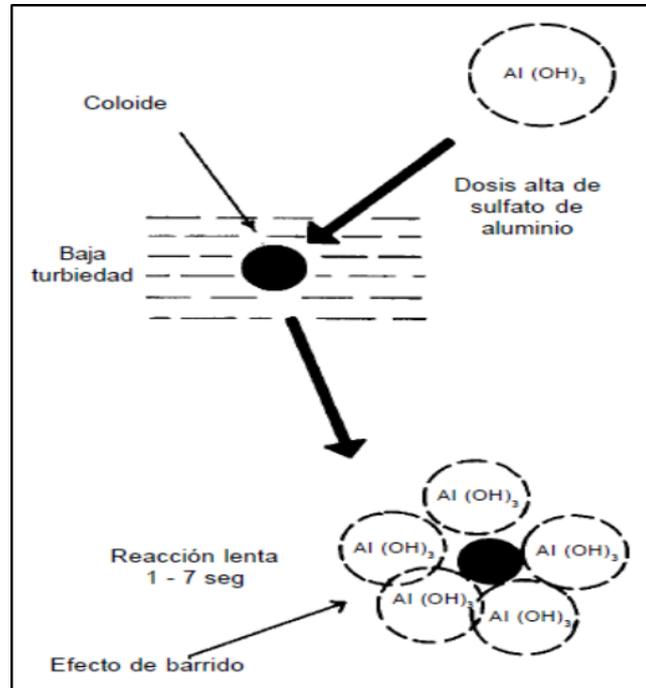


Nota: Extraído de (Vargas, 2004)

- Coagulación por Barrido: Este tipo de coagulación se presenta normalmente cuando el agua es clara (presenta baja turbiedad) y el porcentaje de partículas coloides es pequeño. En este caso las partículas son entrampadas al producirse una sobresaturación de precipitado de hidróxido de aluminio. (Vargas, 2004).

**Figura 10**

*Coagulación por Barrido o arrastre de partículas*



Nota: Extraído de (Vargas, 2004)

- Clases de coagulantes: Los coagulantes lo podemos clasificar de 2 grupos: los coagulantes Orgánicos y coagulantes químicos o sintéticos según (Aguilar, et al., 2002).
  - Coagulantes Orgánicos o Polielectrolitos: Son polímeros de alto peso molecular. Según su origen, los polielectrolitos se clasifican en naturales y sintéticos.
    - a. *Polímeros Naturales*: Son compuestos complejos de alto peso molecular. La dosificación de estas sustancias se lleva a cabo en concentraciones muy bajas, lo cual es una gran ventaja y compensa el costo del polímero. Dentro de esta categoría destacan los derivados del almidón y celulosa, exoesqueletos de animales, extractos vegetales, alginatos (extracto de algas), etc.
    - b. *Polímeros sintéticos*: Son los compuestos orgánicos producidos mediante la transformación química del carbón y del petróleo, compuestos por cadenas de unidades monoméricas. En el tratamiento de las aguas se los conocen como polielectrolitos

- **Coagulantes Químicos o Inorgánicos:** Dentro de ellos están las sales de Aluminio y sales de Hierro los cuales se hidrolizan, forman precipitados insolubles que desestabilizan partículas, adsorben la superficie de las partículas y neutralizan su carga

### **2.2.3. Floculación**

El propósito de la floculación es producir partículas mediante agregación, las cuales se puedan eliminar mediante procedimientos como la sedimentación por gravedad y la filtración.

- a. **Etapas de floculación:** Se pueden identificar dos tipos generales de floculación según (Howe, et al., 2017):
  - **Microfloculación:** En esta etapa la agregación de partículas se produce por el movimiento térmico aleatorio de moléculas fluidas, conocido como movimiento browniano.
  - **Macrofloculación:** También conocida como floculación ortocinetica, en la que la agregación de partículas se produce mediante la inducción de gradientes de velocidad mezclando suavemente el fluido que contienen las partículas.
- b. **Factores que influyen en la coagulación:** De acuerdo a (Vargas, 2004) los principales factores que influyen en la eficiencia de la floculación son los siguientes:
  - Variaciones del caudal
  - Naturaleza del agua
  - Gradiente de velocidad
  - Tiempo de Floculación.

## **2.3. Conceptual**

### **2.3.1. Test jarras**

El test o prueba de jarras, es un método de simulación de los procesos de Coagulación y floculación, realizado a nivel de laboratorio que permite obtener agua de buena calidad, fácilmente separable por decantación; los flóculos formados con diferentes dosis del coagulante dan como resultado valores de turbiedad deferentes. Busca determinar las variables físicas y químicas de los

procesos de coagulación; floculación y sedimentación; tales como: selección del coagulante; selección del pH óptimo; gradientes y tiempos de mezcla rápida y floculación y correlación de las velocidades de sedimentación y la eficiencia de remoción. (Andía Cardenas, 2000).

### **2.3.2. Turbiedad**

La turbiedad incrementa el color aparente del agua y se debe a la presencia de materia suspendida orgánica e inorgánica como la arcilla, sedimentos, plancton y organismos microscópicos. Lo que se mide como turbiedad es la pérdida de luz transmitida a través de la muestra por difracción de los rayos al chocar con las partículas, y por ello depende no sólo de su concentración sino también de su tamaño y forma.

Particularmente, la turbiedad fomenta un mayor desarrollo de los microorganismos ya que sirve de superficie para que éstos se alimenten y reproduzcan. Además, la turbiedad protege a los microorganismos de los desinfectantes, que se meten adentro de las partículas por lo que se recomienda clorar agua sólo con niveles inferiores a 5 UTN. Para remover la turbiedad se emplea la coagulación-floculación, seguida de sedimentación y filtración. En caso de el agua contenga una turbiedad > 100 UTN se puede aplicar un paso previo de sedimentación (CNA, 2007).

### **2.3.3. Sólidos Suspendidos Totales**

Se entiende por sólido disuelto todo residuo que queda después de filtrar en membranas de 1.2 µm de poro y evaporar el agua a 103°C. Contiene compuestos muy variados por lo que se dice que es una prueba global. Los sólidos incluyen tanto las sales inorgánicas (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos de sodio, potasio, calcio, magnesio y hierro) como materia orgánica. El intervalo usual de sólidos disueltos totales en agua de

abastecimiento varía de 25 a 5 000 mg/l, en función de la geología local. La concentración normalmente deseable es de 200 mg/l.

Cuando el agua tiene iones (sodio, magnesio o sulfato, por ejemplo) la reducción de los sólidos disueltos totales se logra mediante la ósmosis inversa, la electrodiálisis, la destilación y el intercambio iónico; también se puede utilizar la coagulación-floculación-sedimentación-filtración seguido de alguno de los anteriores métodos (CNA, 2007).

#### **2.3.4. Color**

El color del agua se les atribuye a los materiales en solución que contiene. Estos materiales son primeramente orgánicos que provienen de la vegetación caída y de colores inorgánicos que se encuentran en los compuestos químicos. Algunas sustancias metálicas como compuestos de hierro imparten color al agua (Guevara Pérez, 2015).

El color en el agua de abastecimiento puede ser originado por la presencia de iones metálicos como el hierro y el manganeso, las sustancias húmicas (materia orgánica proveniente de suelos turbosos) y el plancton o las algas. Cuando el agua tiene 15 unidades de color verdadero (con un umbral de 3 para ciertas personas) no es aceptada por el público. Además, el color afecta negativamente la eficiencia de la desinfección(CNA, 2007).

#### **2.3.5. Coloide**

Según (Lopez & Rodríguez, 2014) definen a un coloide como mezclas intermedias entre las soluciones y las suspensiones, estas partículas coloidales son más grandes que las partículas que forman las soluciones de aproximadamente  $10^{-5}$  mm.

Como se muestra en la Tabla 3, gran parte del material suspendido presente en aguas y aguas residuales está en el rango de tamaño microscópico a su microscópico. (Bratby, 2016).

**Tabla 3.**

**Clasificación del tamaño de partículas presentes en el agua.**

Tamaño de partículas (mm)	Clasificación	Ejemplos	Área Superficial (m <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> )	Tiempo de Sedimentación
10	Partículas gruesas (visibles al ojo humano)	Grava, arena gruesa, sustancias minerales,	6x10 <sup>-4</sup>	0.1 segundos
1		partículas precipitadas y floculantes, arcilla y macropláncton.	6x10 <sup>-3</sup>	1 segundo
10 <sup>-1</sup>			6x10 <sup>-2</sup>	13 segundos
10 <sup>-2</sup>	Partículas finas (visibles al microscopio)	Sustancias minerales partículas precipitadas y floculadas, arcilla, bacteria, plancton y otros organismos.	0.6	11 minutos
10 <sup>-3</sup>			6	20 horas
10 <sup>-4</sup>			60	80 días
10 <sup>-5</sup>	Coloides	Sustancias minerales, productos de la hidrólisis y precipitados, macromoléculas, biopolímeros, virus.	600	2 años
10 <sup>-6</sup>			6000	20 años
<10 <sup>-6</sup>	Solución	Iones, moléculas, polímeros, polielectrolitos.	---	----

Nota: Valores expresados a una gravedad específica de la partícula de 2.65 (Bratby, 2016)

**a. Propiedades de los Coloides**

De acuerdo a (Vargas, 2004) las principales propiedades que presentan las partículas coloidales o coloides se detallan a continuación.

- Movimiento Browniano. Movimiento errático de las partículas.
- Difusión. Movimiento incesante de las partículas coloidales que hace que se difundan en el agua, esto es, que se distribuyan uniformemente.
- Presión Osmótica. La osmosis es el paso selectivo de fluidos a través de una membrana semipermeable desde una solución diluida a una de mayor concentración de forma espontánea.
- Efecto Tyndall-Faraday. El efecto Tyndall-Faraday es un fenómeno por el cual las partículas coloidales provocan la dispersión de la luz cuando esta

pasa a través de una suspensión coloidal. La determinación nefelométrica de la turbiedad utiliza el efecto de Tyndall-Faraday para su medición.

- Electroforesis. Es el movimiento una partícula cargada en un campo eléctrico entre dos electrodos, si la carga es negativa migrará hacia el electrodo positivo y viceversa.
- Superficie Adsorción. La adsorción es un fenómeno espontáneo impulsado por la disminución de energía libre del surfactante al ubicarse en la interface

### **b. Tipos de Coloides**

Según (Lopez & Rodríguez, 2014) los tipos de coloides de acuerdo a su comportamiento en el agua pueden ser:

- Liófbicos. Son aquellos que se repelen al agua en su superficie, debido a la perdida de la carga.
- Liófolicos. Son aquellos que poseen una gran afinidad por las moléculas del agua en su superficie.

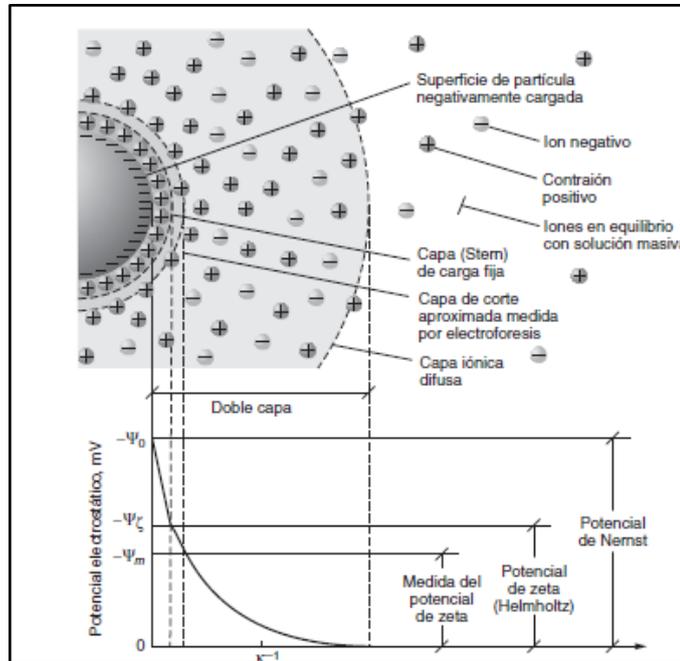
### **c. Estabilidad e Inestabilidad de los coloides**

Las partículas coloidales o de menor dimensión son capaces de permanecer en dispersión debido a ciertas características que promueven su estabilidad. De acuerdo a (Lopez & Rodríguez, 2014) estabilidad del estado coloidal está sometida por 2 grandes fuerzas:

**Fuerzas Electrostáticas.** El principio de la estabilidad de un coloide se basa en la existencia de carga eléctrica a nivel superficial la cual se denomina doble capa eléctrica en las partículas coloidales. Y se debe a una carga eléctrica que adquiere la partícula gracias a la ionización de los grupos superficiales o a la adsorción de iones sobre esta (Lopez & Rodríguez, 2014).

**Figura 11**

*Estructura de la doble capa Eléctrica.*



Nota: *Extraído de* (Howe, et al., 2017)

**Fuerzas de Van Der Waals.** Esta es una fuerza débil de origen eléctrico. Estas fuerzas siempre son atractivas y decrecen rápidamente con la distancia. Son resultado de la interacción de dipolos permanentes o inducidos en las partículas, que repele a las partículas y las fuerzas de atracción conocidas como fuerzas de Van Der Waals. (Howe, et al., 2017).

**d. Origen de las cargas de los Coloides**

La mayoría de las partículas tiene una carga química superficial muy compleja que puede surgir de las diferentes superficies, moleculares que la componen; las formas principales son las siguientes. (Howe, et al., 2017).

- Reemplazo isomorfo (imperfecciones cristalinas).
- Imperfecciones estructurales.
- Adsorción preferencial de iones específicos.

### **2.3.6. Remoción de turbidez y sólidos disueltos totales con la utilización de la cáscara de cacao:**

Proceso no espontáneo que consiste en la remoción de contaminantes inorgánicos de las aguas del río Chillón en el Asentamiento Humano Márquez, utilizando un complejo bioquímico a partir de la cáscara de cacao, que en concentraciones óptimas disueltas, desestabiliza las cargas coloidales del agua a tratar formando flóculos.

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

### **2.4.1. Biomasa residual.**

Es subproducto o residuo generado en las actividades agrícolas, silvícolas y ganaderas; residuos de la industria agroalimentaria y de la industria de la madera (aserraderos, fábricas de papel, muebles) así como residuos de depuradoras y el reciclado de aceites. (FAO, 2017)

### **2.4.2. pH**

Es la medida de concentración de iones  $H^+$  en agua. Es igual al logaritmo negativo de dicha concentración en moles/litro. Un valor de 7 indica pH neutro; valores mayores representan alcalinidad; valores menores que 7 indican acidez (Guevara Pérez, 2015).

### **2.4.3. Turbidez**

Es un índice de la absorción o debilitamiento de la luz dentro del cuerpo del agua. La turbidez es causada por la presencia de sedimentos en suspensión, tales como arcillas, materia orgánica, plancton y otras partículas orgánicas e inorgánicas. (Guevara Pérez, 2015).

### **2.4.4. Temperatura.**

Es un parámetro muy importante en aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento, así como sobre el método de disposición final. La temperatura afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacteriana (Romero Rojas, 2013).

#### **2.4.5. Olor y sabor.**

A la percepción combinada de las sustancias detectadas por el gusto y el olfato suele llamársele sabor. Los cambios en el sabor y olor normal del agua de abastecimiento público pueden derivarse de una variación en la calidad de la fuente o por la deficiencia en el proceso de potabilización. El olor y el sabor se deben a un amplio número de compuestos (más de 5 000) y su presencia no es un indicador directo de la existencia de sustancias dañinas. El olor y sabor en el agua potable depende de los niveles de concentración de los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes, así como de la presencia de algunos microorganismos (COMISION NACIONAL DEL AGUA, 2016).

### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. Hipótesis General:

Existe remoción de turbiedad y solidos suspendidos con la utilización de la cascara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural en las aguas del rio chillón

##### 3.1.2. Hipótesis Específicas:

- La mayor cantidad de concentración de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural tendrá un efecto positivo y significativo en la remoción de la turbiedad y solidos suspendidos en las aguas del rio chillón.
- Un mayor tiempo de contacto de la cascara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural influye significativamente en la remoción de la turbiedad y solidos suspendidos en las aguas del rio chillón.
- Con una mayor velocidad de agitación se obtiene un efecto positivo y significativo para la remoción de la turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del rio chillón.

### 3.2. Definición conceptual de las variables

**Tabla 4.**

*Conceptualización de variables*

<b>Variable Independiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>
<b>V1=</b> Utilización de la cáscara del cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) como coagulante natural	Complejo bioquímico que en concentraciones adecuadas disueltas, desestabiliza las cargas coloidales del agua formando flóculos.	Las condiciones de operación en la remoción de turbiedad y remoción de sólidos suspendidos se establecerán a partir de la variación de La concentración, el tiempo de contacto y la velocidad de agitación.
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>
<b>V2=</b> Remoción de turbiedad y sólidos suspendidos del agua del río Chillón.	Capacidad para disminuir la carga de un grupo de concentración, especificaciones, sustancias orgánicas e inorgánicas en el tratamiento de agua (Murphy, Ramos & Salcedo, 2017).	Medición de la turbiedad, sólidos suspendidos y color de las muestras antes y después del tratamiento

### 3.3. Operacionalización de las variables

Tabla 5.

*Tabla de Operacionalización de variables*

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición de variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índice</b>	<b>Método</b>	<b>Técnica</b>
<b>Remoción de turbiedad y sólidos suspendidos del agua del río Chillón.</b>	Capacidad para disminuir la carga de un grupo de concentración, especificaciones, sustancias orgánicas e inorgánicas en el tratamiento de agua (Murphy, Ramos & Salcedo, 2017).	Tratamiento de las aguas del río Chillón	Turbiedad	UNT	Hipotético Deductivo	EPHA 180.1
			Color	Pt/Co		APHA 2120
			Sólidos Disueltos	mg/l		APHA 2540 c
<b>Variable Independiente</b>	<b>Definición de variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índice</b>	<b>Método</b>	<b>Método</b>
<b>Utilización de la cáscara del cacao (<i>Theobroma cacao</i>) como coagulante natural</b>	Complejo bioquímico que en concentraciones adecuadas disueltas, desestabiliza las cargas coloidales del agua formando flóculos.	Cantidad de coagulante	Concentración de Coagulante	mg/l	Hipotético Deductivo	Test de Jarras
			Velocidad de Agitación	RPM		Test de Jarras
			Tiempo de Contacto	S		Test de Jarras

## IV. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1. Tipo y diseño de la investigación

#### 4.1.1. Tipo

De acuerdo al objetivo de la investigación que se realizará es de tipo aplicada; ya que según (VALDERRAMA MENDOZA, 2015) se encuentra íntimamente ligada a la investigación básica, ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos para llevar a cabo la solución de un problema, con la finalidad de generar bienestar a la sociedad.

#### 4.1.2. Diseño

El diseño de investigación será Experimental, este diseño permite la manipulación de la variable independiente

##### ***a. Procesos para la obtención de la harina de cascara de cacao.***

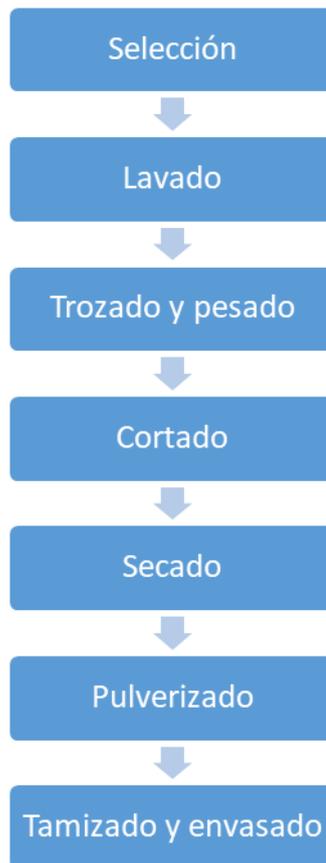
El proceso para la obtención de harina a partir de la cáscara de cacao se llevará en las siguientes fases (Murillo Baca, 2018):

- Selección. Se seleccionaron los cacaos retirando los frutos enfermos o que presenten signos de deterioro físico.
- Lavado. Los cacaos seleccionados se lavaron con agua destilada para quitar la tierra y/o sustancias extrañas.
- Trozado y pesado. Esta operación consiste en cortar los frutos en dos mitades retirando manualmente el mucilago, placenta y las semillas que se encuentran dentro, una vez libre de estos se procederá a lavar y pesar.
- Cortado. En esta etapa se cortará la cáscara en pequeños trozos de 1 cm x 1 cm para obtener un mejor secado.
- Secado. Se colocó los trozos de cáscara de cacao en bandejas para luego ser introducidas a la mufla a una temperatura de  $80^{\circ}\text{C} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$ , hasta que alcance una humedad del 10 %.
- Pulverizado. Para esta operación se utilizó un mortero.
- Tamizado y envasado. El material resultante se tamizará en una malla tyler N° 80. Esta operación consistirá en la separación de las partículas. El resultado obtenido se empacará en envases de polietileno de alta densidad a temperatura ambiente de 20 – 25°C.

En la Figura 4, página 50, se muestra el diagrama de flujo para la obtención de cáscara de cacao en polvo.

**Figura 12**

*Diagrama de flujo para la obtención de harina*



### Figura 13

Fotos de los procesos realizados en los laboratorios de la Universidad Nacional del Callao.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Nota: (a) Limpieza de la cascara; (b) Trozado y Pesado (c) Secado a 80°; Molienda. (d); (e) Tamizado

**b. Procedimiento experimental**

i. Diseño experimental

- Para esta investigación se adoptó un diseño FACTORIAL FRACCIONADO de arreglo  $2^{4-1}$  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 de agitación, cada uno con dos niveles de medición como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6.**

*Matriz del planteamiento del diseño experimental*

<b>Factor</b>	<b>Nombre</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango bajo</b>	<b>Rango alto</b>	<b>Media</b>	<b>Est. Dev.</b>
A	Dosis biofloculante	15.00	25.00	-1 ↔ 15.00	+1 ↔ 25.00	20.00	4.71
B	Velocidad rápida	200.00	300.00	-1 ↔ 200.00	+1 ↔ 300.00	251.79	48.08
C	Velocidad lenta	60.00	90.00	-1 ↔ 60.00	+1 ↔ 90.00	75.00	14.14
D	Tiempo de agitación	5.00	15.00	-1 ↔ 5.00	+1 ↔ 15.00	10.00	4.71

La Tabla 7 presenta la matriz de los arreglos experimentales según el diseño fraccionado, se medirán las variables respuestas como pH, % Turbidez, %SST y Color.

**Tabla 7.***Diseño experimental usando el biofloculante*

Corrida	A	B	C	D	Dosis de biofloculante	Velocidad rápida	Velocidad lenta	Tiempo de agitación	pH	%Turbidez	%SST	Color
1	0	0	0	0	20	250	75	10	7.67	93.73	67.25	53.7
2	+	+	-	-	25	300	60	5	7.94	92.38	42.79	68.7
3	-	-	-	-	15	200	60	5	7.87	90.98	41.05	69.5
4	+	-	+	-	25	200	90	5	7.87	90.61	49.78	60.4
5	-	+	-	+	15	300	60	15	7.86	91.28	45.41	71.7
6	-	+	+	-	15	300	90	5	7.67	90.94	48.47	74.3
7	0	0	0	0	20	250	75	10	7.86	90.91	62.88	70.2
8	+	-	+	-	25	200	90	5	7.84	91.12	44.54	71
9	+	+	+	+	25	300	90	15	7.43	85.94	48.91	78.8
10	-	-	+	+	15	200	90	15	7.85	91.98	56.33	71.7
11	-	-	-	-	15	200	60	5	8.0	95.22	45.41	72.5
12	+	+	-	-	25	300	60	5	8.0	96.47	47.16	69.5
13	+	+	+	+	25	300	90	15	7.27	86.37	49.78	137
14	-	-	-	-	15	200	60	5	7.83	90.17	42.36	70.2
15	+	+	-	-	25	300	60	5	8.02	92.63	56.33	71
16	-	+	+	-	15	300	90	5	7.85	90.59	47.60	75.8
17	+	-	+	-	25	200	90	5	8.03	91.37	44.10	66.5
18	+	-	-	+	25	200	60	15	7.81	91.92	41.05	68.7
19	+	-	-	+	25	200	60	15	7.79	90.40	41.05	71.7
20	+	+	+	+	25	300	90	15	7.18	87.02	57.21	102.9
21	0	0	0	0	20	250	75	10	7.84	90.79	65.94	74
22	-	-	+	+	15	200	90	15	7.85	91.29	44.10	65.7
23	-	+	-	+	15	300	60	15	7.88	91.70	41.05	67.2
24	-	+	+	-	15	300	90	5	7.80	91.22	45.41	75.8
25	+	-	-	+	25	200	60	15	7.83	91.46	39.08	73.2
26	0	0	0	0	20	250	75	10	7.89	91.51	62.01	71.7
27	-	+	-	+	15	300	60	15	7.87	91.67	48.47	68.7
28	-	-	+	+	15	200	90	15	7.93	91.97	40.17	56.7

## ii. Determinación del porcentaje de remoción

El porcentaje de remoción (*PR*) de los contaminantes se determinó mediante comparación de sus mediciones antes y después para cada prueba experimental, utilizando la siguiente ecuación, como se detalla en la Tabla 7:

$$PR = \frac{C_i - C_f}{C_i} 100$$

donde

$C_i$ : concentración inicial del contaminante (mg/L)

$C_f$ : concentración final del contaminante (mg/L)

## **4.2. Método de investigación**

Según (CARRASCO DIAZ, 2013) el diseño de la investigación es de carácter experimental, específicamente cuasi experimental, debido a que se manipulan las variables independientes para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes.

## **4.3. Población y muestra**

### **4.3.1. Población**

La Población del estudio comprende las aguas de la cuenca baja del río Chillón del distrito del Callao, región Callao.

### **4.3.2. Muestra**

Las muestras obtenidas de las aguas de la cuenca baja del río Chillón en el asentamiento humano Márquez, serán de tipo no probabilístico y se tomarán de un solo punto, donde el modo de muestreo dependerá de los objetivos del proyecto y de la normativa de Protocolo de monitoreo de la calidad del agua de los recursos hídricos de la autoridad nacional del agua. Por lo tanto, se tomará un volumen aproximado de 120 L de agua del río Chillón, teniendo en consideración lo siguiente:

- Las muestras serán recolectadas en envases limpios y estériles de plástico o vidrio.
- Se recogerán las muestras en el frasco y se sostendrá por su base y se sumergirá el frasco bajo la superficie del cuerpo de agua.
- Se colocará el envase en sentido contrario a la corriente.
- Se tomará la muestra 20 a 50 cm bajo la superficie, evitando recolectar material flotante.

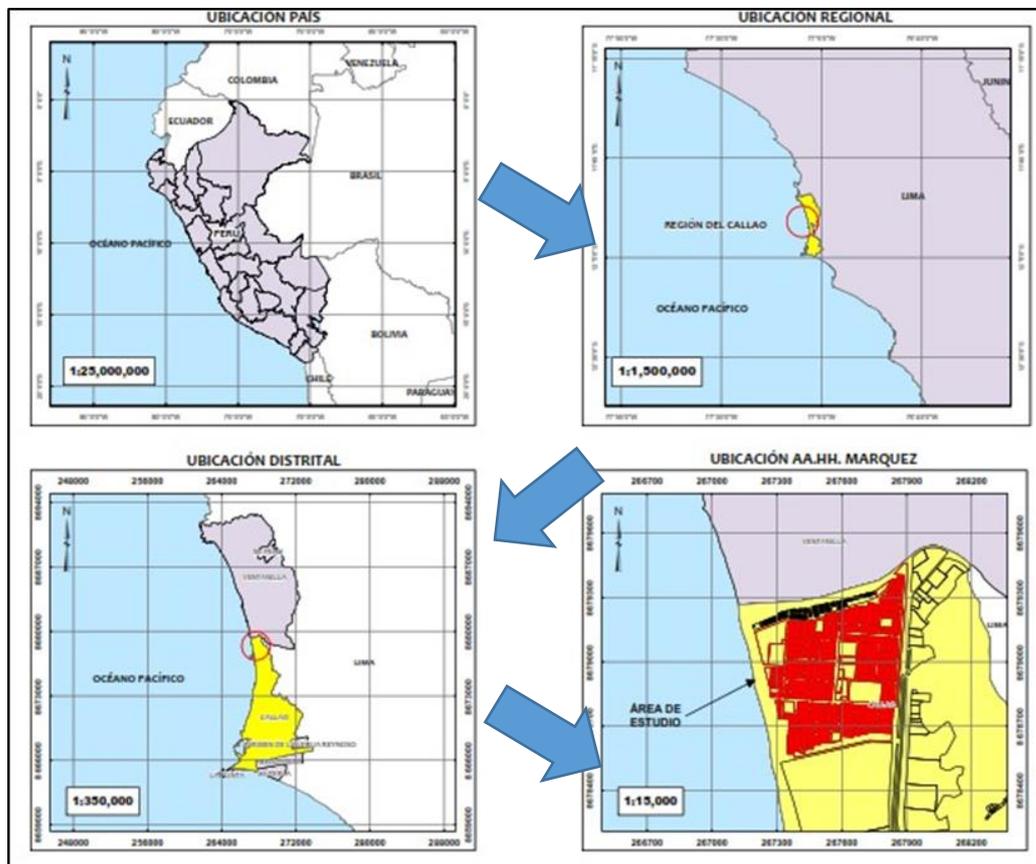
#### 4.4. Lugar de estudio

El río Chillón nace en las alturas de la cordillera de la Viuda en la laguna de Chonta y terminando su recorrido en el océano pacífico.

Se tomará como lugar de estudio a las aguas del río Chillón cercano al asentamiento humano Márquez del distrito del Callao, región Callao, que se encuentra ubicada con las coordenadas UTM 18S Norte 8679463 m; 267878 m, ubicada a una altitud aproximada de 10 m.s.n.m.

**Figura 14**

*Localización del río Chillón distrito del Callao*



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

A continuación, se detallan las técnicas e instrumentos que se realizaron y utilizaron para la recolección de datos, según la etapa del proyecto:

##### 4.5.1. Técnicas

- Reconocimiento y diagnóstico actual del problema de investigación

La técnica a usar fue la observación, en esta etapa se reconoce el área de estudio y define la ubicación estratégica del punto de donde se obtendrán la muestra de agua.

- Toma de muestra

La técnica utilizada en la presente investigación es el experimento. La toma de muestra de las aguas del río Chillón para el presente estudio se basará en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua – DGCRH, teniendo en cuenta que la muestra no se deberá tomar en los márgenes del río ya que en esa ubicación las aguas no se encuentran mezcladas, para luego ser depositadas en envases de vidrios o plásticos rotulados correctamente y almacenadas para su conservación a 4° C y posterior traslado hacia el laboratorio que garantizará la obtención de resultados confiables a la hora de someter a los análisis.

- Entregas de muestra al laboratorio

Las muestras de aguas serán almacenadas para su preservación hasta el laboratorio y/o posterior análisis de tratamiento, estas muestras de aguas son enviadas al laboratorio certificados, para la credibilidad de los resultados analizados.

- Parámetros a analizar

Los datos se obtendrán del análisis de las aguas del río Chillón, asentamiento humano Márquez, distrito Callao, región Callao, mediante los siguientes equipos analíticos:

**Tabla 8.**

*Parámetros a analizar*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Equipo</b>
Turbidez	NTU	Turbidímetro
Color	Pt/Co	Espectrofotómetro
Sólidos disueltos totales	mg/L	Espectrofotómetro

## Figura 15

*Fotos de los métodos analíticos realizados por los parámetros de medición en laboratorios de la Universidad Nacional del Callao.*



(a)



(b)

*Nota: (a) Medición del pH; (b) Medición de los SST.*

Los parámetros como el Color se han realizado en laboratorio externo, en el Anexo 2 se muestra el informe de ensayo.

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

Los resultados de las remociones de los parámetros fisicoquímicos, utilizando la solución de la cascara de cacao, como coagulante natural, se realizará con un análisis de técnica ANOVA y se utilizarán pruebas paramétricas o no paramétricas dependiendo la distribución de los datos y se considerará un valor de  $p < 0.05$  como estadísticamente significativo. Así mismo se realizará un contraste de medidas por el método estadístico de Tukey en caso exista diferencias significativas. El procesamiento de datos se ejecutará mediante uso del programa DESING EXPERTv.11, para generar los gráficos y cuadros comparativos. Los resultados obtenidos se comparan con el DS N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad de agua para consumo Humano.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados descriptivos.

#### 5.1.1. Resultados de las características físico-químicos del río Chillón

Las características del agua superficial del río Chillón que se usaron en el experimento, mostraron las características de la Tabla 9. Esta tabla muestra una alta carga de sólidos y color, el cual fue medido en la cuenca baja del río Chillón entre los meses de mayo y abril en el asentamiento humano Márquez - región Callao, con las coordenadas UTM 18S Norte 8679463 m; 267878 m, ubicada a una altitud aproximada de 10 m.s.n.m.

**Tabla 9**

**Caracterización físico-química inicial del Río Chillón.**

Parámetro	Unidad	Valor
SST	mg/L	229
Turbidez	NTU	155
Color	UPC	36.9

#### 5.1.2. Resultados experimentales del tratamiento prueba de Jarras

Los experimentos realizados en la prueba de jarras usando cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural. mostraron una alta reducción de SST en todos los tratamientos, altas remociones de turbiedad y variabilidades en el color como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10.**

**Resultados de la matriz experimentales de los diferentes tratamientos factoriales**

N° de corrida	Factor 1 Biofloculante ppm	Factor2 Velocidad rápida RPM	Factor 3 Velocidad lenta RPM	Factor 4 Tiempo de agitación Minutos	pH			Turbidez				SST			Color UPC Pt/Co R1			
					Unidades		Promedio	NTU			Promedio	%Turbidez	mg/l			Promedio	%SST	
					R1	R2		R3	R1	R2			R3	R1				R2
1	20	300	75	10	7.56	7.71	7.74	7.67	9.31	9.87	9.99	9.72	93.73	80	70	75	67.25	53.7
2	25	300	60	5	7.91	7.97	7.95	7.94	11.42	12.23	11.79	11.81	92.38	132	130	131	42.79	68.7
3	15	200	60	5	7.82	7.89	7.91	7.87	14.15	14.51	13.27	13.98	90.98	130	140	135	41.05	69.5
4	25	200	90	5	7.85	7.88	7.89	7.87	14.79	14.06	14.82	14.56	90.61	110	120	115	49.78	60.4
5	15	300	60	15	7.83	7.88	7.88	7.86	13.6	13.1	13.84	13.51	91.28	110	140	125	45.41	71.7
6	15	300	90	5	7.51	7.71	7.8	7.67	13.64	13.73	14.75	14.04	90.94	126	110	118	48.47	74.3
7	20	250	75	10	7.88	7.87	7.84	7.86	13.88	13.56	14.82	14.09	90.91	90	80	85	62.88	70.2
8	25	200	90	5	7.79	7.88	7.86	7.84	14.57	14.46	12.26	13.76	91.12	134	120	127	44.54	71
9	25	300	90	15	7.47	7.4	7.42	7.43	21.92	21.96	21.48	21.79	85.94	134	100	117	48.91	78.8
10	15	200	90	15	7.81	7.86	7.87	7.85	12.63	12.47	12.21	12.44	91.98	90	110	100	56.33	71.7
11	15	200	60	5	7.94	8.04	8.02	8.00	7.52	7.46	7.25	7.41	95.22	110	140	125	45.41	72.5
12	25	300	60	5	7.95	8.03	8.01	8.00	5.23	5.65	5.54	5.47	96.47	132	110	121	47.16	69.5
13	25	300	90	15	7.29	7.26	7.25	7.27	21.07	20.38	21.91	21.12	86.37	110	120	115	49.78	137.4
14	15	200	60	5	7.81	7.84	7.85	7.83	15.54	14.4	15.78	15.24	90.17	130	134	132	42.36	70.2
15	25	300	60	5	8.01	8.03	8.01	8.02	11.53	11.14	11.6	11.42	92.63	90	110	100	56.33	71
16	15	300	90	5	7.82	7.84	7.9	7.85	14.95	14.37	14.43	14.58	90.59	110	130	120	47.60	75.8
17	25	200	90	5	8.02	8.05	8.01	8.03	14.84	10.92	14.38	13.38	91.37	130	126	128	44.10	66.5
18	25	200	60	15	7.77	7.84	7.82	7.81	12.45	13.49	11.65	12.53	91.92	150	120	135	41.05	68.7
19	25	200	60	15	7.81	7.79	7.78	7.79	14.99	14.69	14.78	14.89	90.40	130	140	135	41.05	71.7
20	25	300	90	15	7.18	7.2	7.16	7.18	20.38	19.59	20.4	20.12	87.02	126	70	98	57.21	102.9
21	20	250	75	10	7.83	7.85	7.84	7.84	14.14	14.54	14.13	14.27	90.79	86	70	78	65.94	74
22	15	200	90	15	7.83	7.87	7.84	7.85	14.5	11.67	14.33	13.50	91.29	110	146	128	44.10	65.7
23	15	300	60	15	7.86	7.9	7.89	7.88	13.14	13.04	12.4	12.86	91.70	110	160	135	41.05	67.2
24	15	300	90	5	7.76	7.83	7.82	7.80	13.35	13.8	13.67	13.61	91.22	130	120	125	45.41	75.8
25	25	200	60	15	7.9	7.82	7.78	7.83	12.76	14.45	12.5	13.24	91.46	142	137	139.5	39.08	73.2
26	20	250	75	10	7.92	7.89	7.85	7.89	12.32	11.72	15.45	13.16	91.51	86	88	87	62.01	71.7
27	15	300	60	15	7.84	7.85	7.91	7.87	13.28	13	12.46	12.91	91.67	110	126	118	48.47	68.7
28	15	200	90	15	7.96	7.93	7.9	7.93	13.92	10.98	12.45	12.45	91.97	140	134	137	40.17	56.7

En la tabla 11 se muestra el volumen de agua del Rio Chillón alcanzado en diferentes muestras, al ser sometidas a diferentes dosis de coagulantes naturales, mediante una prueba de jarras y estar en reposo. Se observó que, considerando un tiempo de dos horas de reposo se analizó los parámetros en laboratorio encontrando estadísticamente que se removió la turbidez hasta 91,2% de remoción, mientras que los SST del 48.78% y el color de 73.19%. En consecuencia, el volumen de muestra durante un cierto período de tiempo disminuye sólidos y turbidez, pero incrementa el color.

**Tabla 11.**

*Resultado descriptivo del promedio los 28 tratamientos.*

Variable	N	Media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Mediana	Máximo
pH	28	7.8052	0.2021	0.0409	7.1800	7.8500	8.0267
%Turbidez	28	91.217	2.134	4.555	86.374	91.286	96.469
%SST	28	48.78	8.12	65.95	39.08	46.29	67.25
Color	28	73.19	15.07	227.01	53.70	71.00	137.40

## 5.2. Resultados Inferenciales.

### 5.2.1. Análisis ANOVA de los diseños factoriales

#### a. ANOVA del pH

Para el análisis estadístico se empleó el método de la varianza.

**Tabla 12**

#### Matriz ANOVA del pH

Fuente	SC Ajust.	df	Media	Valor F	Valor p
Modelo	0.9957	7	0.1422	27.84	< 0.0001
A-Dosis biofloculante	0.0661	1	0.0661	12.95	0.0019
B-Velocidad rápida	0.1388	1	0.1388	27.17	< 0.0001
C-Velocidad lenta	0.1908	1	0.1908	37.34	< 0.0001
D-Tiempo de agitación	0.1992	1	0.1992	38.99	< 0.0001

AB	0.0384	1	0.0384	7.51	0.0130
AC	0.0824	1	0.0824	16.13	0.0007
AD	0.2788	1	0.2788	54.56	< 0.0001
Curvatura	0.0103	1	0.0103	2.02	0.1714
<b>Residual</b>	0.0971	19	0.0051		
Falta de ajustes	0.0035	1	0.0035	0.6689	0.4241
Error Total	0.0936	18	0.0052		

El valor F del modelo para el pH (Tabla12) es 27.84 con un valor de  $p < 0,0001$ , lo cual indica que el análisis de la varianza es significativo para explicar que el floculante natural tiene un efecto significativo en el comportamiento del pH.

Los factores como la dosis biofloculante, velocidad rápida, velocidad lenta y tiempo de agitación tienen una significancia  $p < 0,05$ , por lo que todos los factores y sus interacciones tienen un efecto significativo en el pH.

#### b. ANOVA del %Turbidez

Para el análisis estadístico se empleó el método ANOVA.

**Tabla 13.**

#### Matriz ANOVA del %Turbidez

Fuente	SC Ajust.	df	Media	Valor F	Valor p
<b>Model</b>	90.49	7	12.93	6.68	0.0005
A-Dosis biofloculante	5.35	1	5.35	2.76	0.1128
B-Velocidad rápida	2.40	1	2.40	1.24	0.2792
C-Velocidad lenta	27.85	1	27.85	14.39	0.0012
D-Tiempo de agitación	17.86	1	17.86	9.23	0.0068
AB	0.1444	1	0.1444	0.0746	0.7877
AC	16.31	1	16.31	8.43	0.0091
AD	20.59	1	20.59	10.64	0.0041
Curvatura	0.0671	1	0.0671	0.0347	0.8542
<b>Residual</b>	36.77	19	1.94		
Falta de ajuste	8.54	1	8.54	5.45	0.0314
Error Total	28.23	18	1.57		

- El valor F del modelo para la Turbidez (Tabla13) es 6.68 con un valor de  $p < 0,05$ , lo cual indica que el análisis de la varianza es significativo para explicar que el floculante natural tiene un efecto significativo en la reducción de la turbidez.
- Los factores como la velocidad lenta, tiempo de agitación y la interacción de la dosis del coagulante natural con tiempo de agitación y la velocidad lenta tienen una significancia  $p < 0,05$ , por lo que estos factores y sus interacciones tienen un efecto significativo en la turbidez.

### c. ANOVA del %SST

**Tabla 14.**

**Matriz ANOVA del %SST**

Fuente	SC Ajust.	df	Media	Valor F	Valor p
<b>Model</b>	670.52	8	83.81	14.74	< 0.0001
A-Dosis biofloculante	23.43	1	23.43	4.12	0.0574
B-Velocidad rápida	427.88	1	427.88	75.27	< 0.0001
C-Velocidad lenta	175.21	1	175.21	30.82	< 0.0001
D-Tiempo de agitación	12.40	1	12.40	2.18	0.1570
AB	51.74	1	51.74	9.10	0.0074
AC	5.17	1	5.17	0.9089	0.3530
AD	44.10	1	44.10	7.76	0.0122
ACD	395.48	1	395.48	69.57	< 0.0001
Curvatura	814.12	1	814.12	143.22	< 0.0001
Falta de ajuste	102.32	18	5.68		0.0314
Error Total	1586.96	27			

El valor F del modelo para el SST (Tabla14) es 14.74 con un valor de  $p < 0,05$ , lo cual indica que el análisis de la varianza es significativo para explicar que el floculante natural tiene un efecto significativo en la remoción de SST.

Los factores como la velocidad lenta, velocidad rápida e interacciones con el biofloculante tienen una significancia  $p < 0.05$ , por lo que estos factores y sus interacciones tienen un efecto significativo en la remoción de SST.

#### d. ANOVA del Color

Tabla 15.

Matriz ANOVA del Color

Fuente	SC Ajust.	df	Media	Valor F	Valor p
<b>Modelo</b>	1724.44	8	215.55	7.78	0.0002
A-Dosis biofloculante	117.04	1	117.04	4.23	0.0546
B-Velocidad rápida	328.26	1	328.26	11.85	0.0029
C-Velocidad lenta	93.61	1	93.61	3.38	0.0826
D-Tiempo de agitación	74.20	1	74.20	2.68	0.1191
AB	75.62	1	75.62	2.73	0.1158
AC	92.04	1	92.04	3.32	0.0850
AD	551.04	1	551.04	19.89	0.0003
ACD	468.69	1	468.69	16.92	0.0007
Curvatura	0.1350	1	0.1350	0.0049	0.9451
<b>Error puro</b>	498.63	18	27.70		
<b>Error Total</b>	2223.20	27			

- El valor F del modelo para el Color (Tabla15) es 7.78 con un valor de significancia de  $p < 0,05$ , lo cual indica que el análisis de la varianza es significativo para explicar que el floculante natural tiene un efecto significativo en la variación del Color.
- Los factores como la velocidad rápida e interacciones con el biofloculante de la velocidad rápida y velocidad lenta tienen una significancia  $p < 0.05$ , por lo que estos factores y sus interacciones tienen un efecto significativo en la remoción del Color.

### 5.2.2. Ajustes de los diseños factoriales.

En la tabla 16 se observa que para todos los parámetros medidos el valor de  $R^2$  es mayor 0.70, mientras que en el  $R^2_{adj}$  es mayor al 65%. Hay valores bajos como de la turbidez y el color, también altos como el pH y %SST, teniendo una diferencia mayor a 0,5 esto implica que este indicador de ajuste global del modelo no es adecuado, es decir, el modelo explica en términos generales el 60% del comportamiento para turbidez, el 80% el SST y para el color el 67%.x

**Tabla 16.**

*Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento*

<b>Indicadores</b>	<b>pH</b>	<b>%Turbidez</b>	<b>%SST</b>	<b>Color</b>
$R^2$	0.9112	0.7111	0.8676	0.7757
$R^2$ ajustado	0.8784	0.6046	0.8088	0.676
Adeq Precisión	17.108	9.3578	18.8483	11.7633

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

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

Las pruebas de hipótesis se discutirán en función de los datos obtenidos en los resultados del análisis ANOVA obtenido por cada parámetro de respuesta.

#### a. Contrastación con la hipótesis General

El coagulante natural a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) influye en la remoción de la turbiedad y sólidos suspendidos totales en las Aguas del río Chillón

#### b. Contrastación con la hipótesis específica 1

**H<sub>0</sub>:** A mayor cantidad de concentración de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural no tendrá efecto significativo en la remoción de la turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón.

- **H<sub>1</sub>:** A mayor cantidad de concentración de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural tendrá un efecto positivo y significativo en la remoción de la turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón.

Según la Tabla 13 y Tabla 14 se muestra que el factor cantidad de biofloculante de manera individual o sus interacciones tiene un efecto positivo y significativo sobre la Turbidez y la remoción de SST ( $0.05 < p$ ); por lo tanto, **se rechaza la Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>) y se acepta hipótesis alternativa** confirmando la hipótesis planteada.

#### c. Contrastación con la hipótesis específica 2

- **H<sub>0</sub>:** Un mayor tiempo de contacto de la cascara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural no influye significativamente en la remoción de la turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón.
- **H<sub>1</sub>:** Un mayor tiempo de contacto de la cascara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural influye significativamente en la remoción de la turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón.

Según la Tabla 13 y Tabla 14 se muestra que el factor tiempo de agitación ya sea de manera individual o sus interacciones tiene un efecto positivo y

significativo sobre la Turbidez y la remoción de SST ( $0.05 < p$ ); por lo tanto, **se rechaza la Hipótesis Nula (Ho) y se acepta hipótesis la alternativa** confirmando la hipótesis planteada entonces **se acepta la Hipótesis Nula (Ho) y se rechaza la alternativa**.

#### d. Contrastación con la hipótesis específica 3

- **H<sub>0</sub>**: Con una mayor velocidad de agitación no tienen un efecto positivo y significativo para la remoción de la turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón.
- **H<sub>1</sub>**: Con una mayor velocidad de agitación se obtiene un efecto positivo y significativo para la remoción de la turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón.

Según la Tabla 13 y Tabla 14 se muestra que el factor velocidad de agitación tanto lenta como rápida ya sea de manera individual o sus interacciones tienen un efecto positivo y significativo sobre la Turbidez y la remoción de SST ( $0.05 < p$ ); por lo tanto, **se rechaza la Hipótesis Nula (Ho) y se acepta hipótesis la alternativa** confirmando la hipótesis planteada entonces **se acepta la Hipótesis Nula (Ho) y se rechaza la alternativa**.

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

Unos de los coagulantes naturales más estudiados es el derivado de las semillas de la moringa oleífera que ha sido catalogado como el mejor coagulante natural para la purificación de aguas turbias; no es tóxica, no afecta el pH, ni la conductividad del agua, y el lodo producido por la coagulación no es dañino generándose pocos lodos en el proceso (Macías et al. 2017).

La cáscara de cacao o mazorca representa el 80% en volumen del residuo que se genera para la producción de chocolate, el cual no es aprovechado de manera eficiente, siendo un residuo agroindustrial con poco aprovechamiento. El uso de biofloculante usando la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) no se ha reportado en la bibliografía científica, por lo tanto, la discusión se realizará en base a contrastaciones de estudios similares con otro biofloculantes o también llamados floculantes naturales.

La reducción de la turbidez se debe a las moléculas de alumbre electropositivas que neutralizan la carga electronegativa de las partículas en el agua del río, promoviendo la aglomeración de partículas y mejorando la sedimentación (Sierra Julio, et al., 2019). De manera similar, un aumento en la dosis de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) resultó en una disminución en los sólidos en suspensión y la turbidez que concuerda con los hallazgos de estudios como (Hurtado Vander Schatte Olivier & Yarleque Navarro, 2017) que mostraron que el almidón de papa posee partículas que permite la remoción de partículas y turbidez.

Posteriormente, el proceso de agitación promueve la colisión de las partículas neutralizadas que se aglomeran y se fusionan para formar grandes flóculos con velocidades de sedimentación más altas. Sin embargo, un aumento adicional a dosis más altas más allá de 15 mg / L hizo que la turbidez comenzara a aumentar ligeramente, ya que eventualmente las partículas tendrán una carga neta que causará repulsión y dará como resultado una suspensión de partículas (Castillo Vergara & Silva Gil, 2018).

### **6.3. Responsabilidad ética**

La presente tesis titulada **“REMOCIÓN DE TURBIEDAD Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES CON LA UTILIZACION DE LA CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao*) COMO COAGULANTE NATURAL EN LAS AGUAS DEL RÍO CHILLÓN”**, el tesista John Daviran Huarcaya, señala que se cumple fielmente con el código de ética de investigación de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por RDU N° 210-2017-CU.

## VII. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en el trabajo actual muestran que la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) si removi6 la turbiedad y s6lidos suspendidos en las Aguas del r6o Chill6n como coagulante natural.
- Se concluye que la concentraci6n de la c6scara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural es un coagulante natural biodegradable, est6n f6cilmente disponibles y removi6 la turbiedad y solidos suspendidos.
- Se concluye que el tiempo de contacto de la cascara de cacao fue efectivo, pero no determinante en la remoci6n de la turbiedad y solidos suspendidos.
- Se concluye que la velocidad agitaci6n si fue determinante en la remoci6n de la turbiedad y solidos suspendidos.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para las siguientes investigaciones realizar pruebas a pH ácidos ya que en el presente estudio se realizó las pruebas a pH básicos obteniéndose resultados favorables en cuanto a los objetivos planteados
- Se recomienda para futuras investigaciones aumentar la cantidad de variables o factores que alteren la eficiencia del tratamiento tales como DQO y la DBO así también los microorganismos patógenos, entre otros que ayuden a mejorar la precisión de los resultados
- La cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante también se pueden utilizar como coadyuvante de coagulación en simultaneo con coagulantes sintéticos para una mayor efectividad.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, M., Sáez, J., Lloréns, M., Soler, A., & Ortuño, J. (2002). *Tratamiento físico químico de aguas residuales: Coagulación-Floculación*. Murcia: Editum.
- ANA. (2015). *La importancia de la gestión del agua en el Perú*. Lima.
- Andía Cardenas, Y. (Abril de 2000). *Tratamiento de agua Coagulación Floculación*. Obtenido de [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154)
- Aparicio Mayta, L. M. (2019). *EFICIENCIA DEL SANCAYO (Lobivia maximiliana) COMO COAGULANTE NATURAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DEL CAMAL PRIVADO "EL MODERNITO" – JULIACA*. Juliaca.
- Arenas Diaz, E. M. (2019). *"EFECTO DE LA REMOCIÓN DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS DE Moringa oleifera EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS POR COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, FACULTAD DE CIENCIAS, Lima.
- Bernedo Ampuero, O. R., Escobar Mincami, S. J., Mendoza Castilla, L. M., & Ramos Huanasca, R. A. (2019). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA COMERCIALIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "NANIATE" EN LA SELVA CENTRAL RURAL DE JUNÍN*. Univerisdad San Ignacion de Loyola, Facultad de Ingeniería, Lima. Obtenido de <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/8889>
- Bratby, J. (2016). *Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment* (Third Edition ed.). London, Reino Unido: IWA publishing.
- Broncano Castillo, L. E., & Rosario Cacha, N. P. (2017). *Eficiencia del Tropaeolum Tuberosum y la casacara de Solanum Tuberosum como coagulante para la remoción de turbiedad , color y sólidos disueltos en el río Lullán, provincia de Caraz, Ancash-2016*. Universidad Nacional

Santiago Antunez de Mayolo, Facultad de Ciencias del Ambiente, Huaraz.

Burgos Campuzano, G. E., & Jaramillo Quiroz, J. L. (2015). *“APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE CACAO Y COCO PARA LA OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO, EN EL CANTÓN MILAGRO, PROVINCIA DEL GUAYAS”*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, Guayaquil.

Carrasco Angel, O. H., & Martinez Mora, E. O. (2015). *Obtención de harina baja en gluten a partir de la cascarilla de cacao de las variedades CCN-51 y Nacional*. Universidad Tecnica de Machala, Machala.

CARRASCO DIAZ, S. (2013). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*. LIMA: SAN MARCOS.

Castillo Vergara, J. G., & Silva Gil, I. G. (2018). *Efecto del coagulante-floculante del cactus de nopal en la turbidez ,DBO5 y sólidos totales del efluente de la empresa casa grande S.A*. Universidad Nacional de Trujillo, Escuela Academica Profesional de Ingenieria Ambiental, Trujillo.

Castro Vargas, J. C. (2016). *Estrategia nacional para el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos*. Lima.

CENEPRED. (2018). *INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGO POR INUNDACION FLUVIAL EN EL RIO CHILLON-TRAMO CALLAO*. LIMA.

Chama Cabana, J. R. (2017). *Evaluación del poder coagulante del almidón de papa variedad unica y el policloruro de aluminio para la remoción de la turbidez al ingreso de las aguas a la planta de tratamiento Samegua Moquegua 2016*. Universidad Jose Carlos Mariátegui., Facultad de Ingeniería y Arquitectura., Moquegua.

CNA, C. N. (2007). *MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO*. Méxco.

COMISION NACIONAL DEL AGUA, C. (2016). *MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DISEÑO DE PLANTA POTABILIZADORA DE TECNOLOGIA SIMPLIFICADA*. México.

- Contreras Blanco, L. F. (2018). *La Contaminación por Hierro - Plomo y su afectación en los parametros de calidad del agua del río Chillon ,estacion de San Diego -Noviembre 2018*. Lima.
- Contreras Sanabria, K. L., & Gutierrez Mayta, T. M. (2015). *Remoción de plomo de las aguas del efluente minero de Yauli La Oroya utilizando coagulante de Maguey a nivel de laboratorio*. Universidad Nacional centro del Perú, Facultad de Ingenieria Quimica, Huancayo.
- FAO. (2017). *De la Biomasa a la Energía Renovable : Dendroenergía en Argentina*. Buenos Aires, Argentina.
- García Guerreo, W. A. (2019). “*CARACTERIZACIÓN DIFERENCIAL DENDROLÓGICA DEL DEL CACAO CRIOLLO – Theobroma cacao L. DE JAÉN Y SAN IGNACIO -REGIÓN CAJAMARCA*”. Universidad Nacional de Jaén, Jaén.
- Guevara Pérez, E. (2015). *MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIABLES HIDROLÓGICAS Y AMBIENTALES*. Lima: Biblioteca Nacional del Perú.
- Guzman C., L., Taron D, A. A., & Muñoz M, A. (2015). Polvo de semilla Cassia fistula como coagulante natural para el tratamiento de agua cruda. *Revista de Facultad de Ciencias Basicas*, 7. doi:[http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(13\)123-129](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(13)123-129)
- Howe, K. J., Hand, D. W., Crittenden, J. C., Trussell, R., & Tchobanoglous, G. (2017). *Principios de tratamiento del agua*. México: Cengage Learning Editores S.A.
- Hurtado Vander Schatte Olivier, J. M., & Yarleque Navarro, E. I. (2017). *Determinación de la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa en la purificación de las aguas del río Patari para uso de consumo humano*. Lima. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3822>
- IICA. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas*. San José.

- Jiménez Benavides, D. L., & Vladimir Piscal, B. (2015). *Estudio y Evaluación del almidón de Maíz como alternativa natural en el proceso de coagulación de agua para consumo humano*. Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería, San Juan de Pasto.
- Jovellanos Fernández, E. C. (2016). *Estudio del Contenido de Compuestos Bioactivos del Cacao y su Aplicación en la Obtención de un Ingrediente Rico en (Poli)fenoles para el Diseño de un Chocolate Enriquecido*. Universidad de Murcia, DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS, NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA, Murcia.
- Lock Navarro, D. H. (2018). *Potencial energético de los residuos de la cadena de valor del cacao (THEOBROMA cacao) en la Región Madre de Dios*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ciencias Forestales, Lima.
- López Vidal, R., Laines Canepa, J., Hernández Barajas, J., & Aparicio Trápala, M. (2014). EVALUACION DE ALMIDONES DE MALANGA ( Colocasia esculenta) COMO AGENTES COADYUVANTES EN LA REMOCION DE TURBIEDAD EN PROCESOS DE POTABILIZACION DE AGUA. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 855-863.
- Lopez, D. C., & Rodríguez, C. A. (2014). *QUIMICA COLOIDAL , principios y aplicaciones* (Primera ed.). Bogota, Colombia.
- MAZAMARI, M. D. (2014). *Diagnóstico Ambiental Local del Distrito de Mazamari*. Mazamari.
- Mera Alegria, C. F., Gutierrez Salamanca, M. L., Montes Rojas, C., & Paz Concha, J. P. (2016). EFECTO DE LA MORINGA OLEIFERA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CAUCA, COLOMBIA. *BIOTECNOLOGIA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y AGROINDUSTRIAL*, 100-109.
- MINAGRI. (2016). *Estudio del Cacao en el Perú y el Mundo*. Lima, Perú.
- Morejon Díaz, B. J. (2017). *“UTILIZACIÓN DEL MUCÍLAGO DE TUNA (Opuntia ficus-indica) EN EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO, EN LA COMUNIDAD DE PUSIR GRANDE,*

PROVINCIA DEL CARCHI". UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, INSTITUTO DE POSTGRADO, Ibarra.

Murillo Baca, S. M. (2018). *CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS DE GALLETAS DULCES ELABORADAS CON HARINA DE CÁSCARA DEL FRUTO DE CACAO*. Lima.

Oblitas Quintanilla, J. D. (2015). *Producción Orgánica de Cacao (Theobroma cacao) en el Valle del Río Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM)*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Agronomía, Lima.

Ortiz Alcocer, V., López Ocaña, G., Torres Balcazar, C., & Pampillón González, L. (2018). ALMIDON EXTRAIDO DE LA YUCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) COMO COADYUVANTE EN LA COLAGULACIÓN FLOCULACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS. *Revista Iberoamericana de las ciencias biológicas y agropecuarias.*, 29. doi:10.23913/ciba.v7i13.73

Ortiz Valbuena, K. L., & Álvarez León, R. (2015). Efecto del vertimiento de subproductos del beneficio de Cacao (*theobroma cacao* L.) sobre algunas propiedades químicas y biológicas en los suelos de una finca cacaotera, municipio de yaguara (huila, colombia). *Revista Facultad de Ciencias Basicas*, 3-20.

Quevedo Beltrán, M. A. (2017). *Uso de Materiales de soporte en la eficiencia del proceso de compostaje de residuos vegetales del mercado*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Posgrado, Lima.

Restrepo Osorno, H. A. (2009). *Evaluación del proceso de coagulación-floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín.

Romero Rojas, J. A. (2013). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Teoría y principios de diseño*. Bogotá: Nuevas Ediciones S.A.

Rondón Macías, M., Díaz Domínguez, Y., Rodríguez Muñoz, S., Guerra Álvarez, B., Fernández Santana, E., & Tabio García, D. (2017). Empleo de

semillas de Moringa oleífera en el tratamiento de residuales líquidos. *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, 87-101.

Salinas Tuanama, L. R. (2018). *Efecto de la sustitución de la harina de trigo (Triticum aestivum) por cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) en polvo sobre las caractereizíticas fisicoquímicas y sensoriales en muffins*. Univeridad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ciencias Agrarias, Trujillo.

Santisteban Valdera, K. d., & Inoñan Ramirez, H. (2018). “*Evaluación fisicoquímica y sensorial del néctar de aguaymanto (physalis peruviana) estabilizado con hidrocoloides de la cáscara de cacao (theobroma cacao)*”. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS, Lambayeque.

SATIPO, M. D. (2014). *Diagnostico Ambiental Local de la Provincia de Satipo*. Satipo.

Sedolfo, C., Martínez, M. F., Castro, M. G., Díaz, A., & Colina, G. (2018). Remoción de turbidez usando semilla de Tamarindus indica como coagulante en al potabilización de aguas. *Revista Bases de la Ciencia*, 25. doi:[https://doi.org/10.33936/rev\\_bas\\_de\\_la\\_ciencia.v4i1.1424](https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v4i1.1424)

Sierra Julio, A., Navarro Silva, A., Mercado Martínez, I., Flórez Vergara, A., & Jurado Eraso, M. (2019). Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando médula de banano como coagulante. *Revista UIS Ingenierías*, 131-138.

VALDERRAMA MENDOZA, S. (2015). *PASOS PARA ELABORAR PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*. LIMA: SAN MARCOS

Vargas, L. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano*. (L. Andrade, I. Barbieri, & I. Sánchez, Edits.) Lima, Lima, Perú: CEPIS.

**X. I.ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de consistencia científica

### “REMOCIÓN DE TURBIEDAD Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES CON LA UTILIZACION DE LA CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao*) COMO COAGULANTE NATURAL EN LAS AGUAS DEL RÍO CHILLÓN.”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN	TÉCNICA	MÉTODO
¿Cuál será la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón con la utilización de la cáscara de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) como coagulante natural?	Determinar la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las Aguas del río Chillón con la utilización de la cascara de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) como coagulante natural.	Existe remoción de turbiedad y solidos suspendidos con la utilización de la cascara de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) como coagulante natural en las aguas del rio chillón	Utilización de la cáscara del cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) como coagulante natural	Complejo bioquímico que, en concentraciones adecuadas disueltas, desestabiliza las cargas coloidales del agua formando flóculos.	Cantidad de coagulante	Concentración de coagulante  Velocidad de agitación  Tiempo de contacto	mg/L  RPM  s	Test de Jarras	Hipotético deductivo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN	TÉCNICA	MÉTODO
• ¿Cuál será la concentración adecuada de cáscara de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) como coagulante natural en la remoción de turbiedad y solidos suspendidos en las aguas del río Chillón?	Evaluar la concentración adecuada de cáscara de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) como coagulante natural en la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón	•La mayor cantidad de concentración de cáscara de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) como coagulante natural tendrá un efecto positivo y significativo en la remoción de la turbiedad y solidos suspendidos en las aguas del rio chillón.	Remoción de turbiedad y sólidos suspendidos del agua del río Chillón.	Capacidad para disminuir la carga de un grupo de concentración, especificaciones, sustancias orgánicas e inorgánicas en el tratamiento de agua (Murphy, Ramos & Salcedo, 2017).	Tratamiento de las aguas del río Chillón	Turbiedad  Solidos suspendidos totales  color	UNT  mg/L  UPC	EPHA 180.1  APHA 2120  APHA 2540 <sub>c</sub>	Hipotético deductivo
• ¿Cuál será el tiempo de contacto de la cáscara de cacao en la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón?	Evaluar el tiempo de contacto de la cascara de cacao en la remoción de turbiedad y sólidos suspendidos en las aguas del río Chillón.	Un mayor tiempo de contacto de la cascara de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) como coagulante natural influye significativamente en la remoción de la turbiedad y solidos suspendidos en las aguas del rio chillón.							

## Anexo 2. Informes de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

### INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7813

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZÓN SOCIAL : DAMIRAN HUARCAYA JOHN JUNIOR  
2.-DIRECCIÓN : Los Olivos no. 205 II 25 av. Proceso de huandoy  
3.-PROYECTO : DE ACUERDO A LA CADENA DE CUSTODIA  
4.-PROCEDENCIA : DE ACUERDO A LA CADENA DE CUSTODIA  
5.-SOLICITANTE : DAMIRAN HUARCAYA JOHN JUNIOR  
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000003260-2021-0000  
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA  
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE  
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-07-15

#### II. DATOS DE ÍTEM DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua  
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 26  
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-07-08  
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-07-08 al 2021-07-15

  
\_\_\_\_\_  
Marco Valencia Huerta  
Ingeniero Químico  
N° CIP 162267

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.  
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory S.R.L.  
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7813**

**II. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Color <sup>(1)</sup>	SMENW-APHA-AWWA-WEF Part 2100 C, 23 rd Ed. 2017	Color. Spectrophotometric - Single - Wavelength Method

<sup>(1)</sup>SMENW<sup>®</sup> - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

<sup>(1)</sup> Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7813**

**IV. RESULTADOS**

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-26999	M-21-27000	M-21-27001	M-21-27002			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	T1	T2	T3	T4			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO:	08-07-2021 14:31	08-07-2021 14:32	08-07-2021 14:33	08-07-2021 14:34			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Olor (*)	(UC)	2,0	5,0	53,7	68,7	69,5	60,4

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

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

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

\*-: No ensayado

NA: No Aplica

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7813**

ITEM	6	6	7	8
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-27003	M-21-27004	M-21-27005	M-21-27006
CÓDIGO DEL CLIENTE:	T5	T6	T7	T8
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
LTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO:	06-07-2021 14:26	06-07-2021 14:26	06-07-2021 14:37	06-07-2021 14:36
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Color (°)	(UC)	3.0	5.0	71,7      74,3      70,2      71,0

<sup>(1)</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \*°= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, \*°= Menor que el L.D.M.

°: No ensayado

NA: No Aplica

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7813**

ITEM	9	10	11	12
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-27007	M-21-27008	M-21-27009	M-21-27010
CÓDIGO DEL CLIENTE:	T9	T10	T11	T12
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO:	08-07-2021 14:39	08-07-2021 14:40	08-07-2021 14:41	08-07-2021 14:42
<b>ENSAYO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D.M.</b>	<b>L.C.M.</b>	<b>RESULTADOS</b>
Color (*)	(UC)	2,0	5,0	78,8      71,7      72,5      69,5

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

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

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

\*: No ensayado

NA: No Aplica

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7813**

ITEM	13	14	15	16
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-27011	M-21-27012	M-21-27013	M-21-27014
CÓDIGO DEL CLIENTE:	T13	T14	T15	T16
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO :	08-07-2021 14:43	08-07-2021 14:44	08-07-2021 14:45	08-07-2021 14:46
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Color (*)	(UC)	2,0	5,0	137,4      70,2      71,0      75,8

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

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

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

\*: No ensayado

NA: No Aplica

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7813**

ITEM	17	18	19	20
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-27015	M-21-27016	M-21-27017	M-21-27018
CÓDIGO DEL CLIENTE:	T17	T18	T19	T20
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO:	08-07-2021 14:47	08-07-2021 14:48	08-07-2021 14:49	08-07-2021 14:50
<b>ENSAYO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D.M.</b>	<b>L.C.M.</b>	<b>RESULTADOS</b>
Color (°)	(JC)	2,0	5,0	66,5    66,7    71,7    102,9

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \*<sup>h</sup> Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, \*<sup>h</sup> Menor que el L.D.M.

\*-: No ensayado

NA: No Aplica

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7813**

ITEM	21	22	23	24
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-27019	M-21-27020	M-21-27021	M-21-27022
CÓDIGO DEL CLIENTE:	T21	T22	T23	T24
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO:	08-07-2021 14:51	08-07-2021 14:52	08-07-2021 14:53	08-07-2021 14:54
<b>ENSAYO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D.M.</b>	<b>L.C.M.</b>	<b>RESULTADOS</b>
Clor (*)	(JC)	2,0	5,0	74,0      65,7      67,2      75,8

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

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

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

\*: No ensayado

NA: No Aplica

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7813**

ITEM	25	26	27	28			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-27023	M-21-27024	M-21-27025	M-21-27026			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	T25	T26	T27	T28			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO:	08-07-2021 14:55	08-07-2021 14:56	08-07-2021 14:57	08-07-2021 14:58			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Color (°)	(UC)	2.0	5.0	73.2	71.7	68.7	56.7

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

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

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

\*: No ensayado

NA: No Aplica

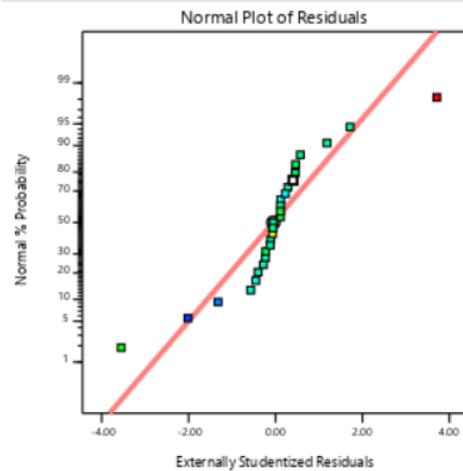
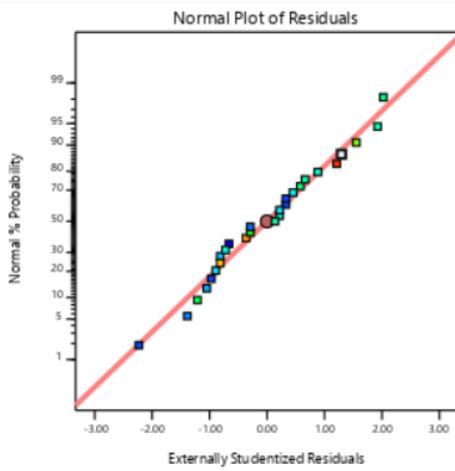
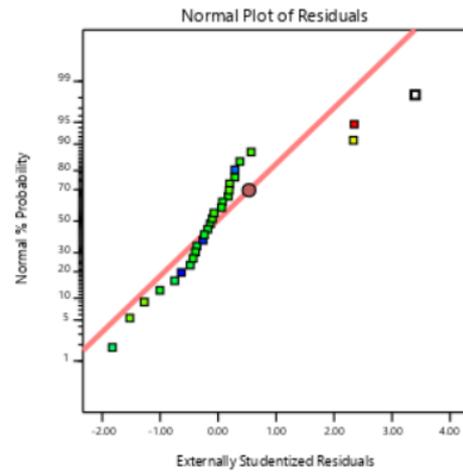
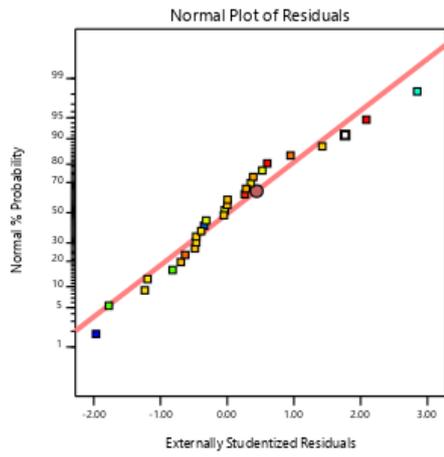
**V. OBSERVACIONES**

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

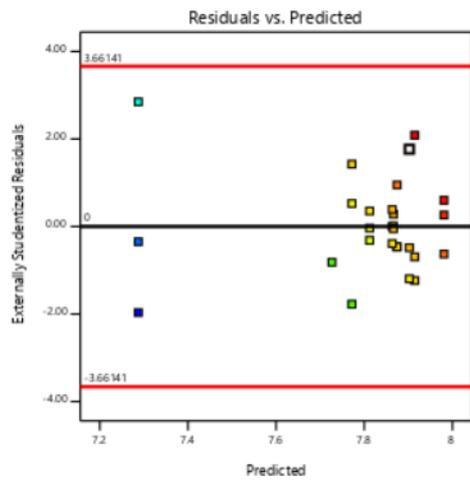
**"FIN DE DOCUMENTO"**

### Anexo 3. Normalidad y Homogeneidad de varianza

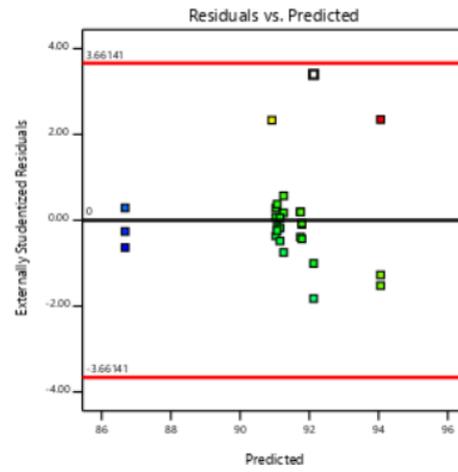
Normalidad de las variables respuestas



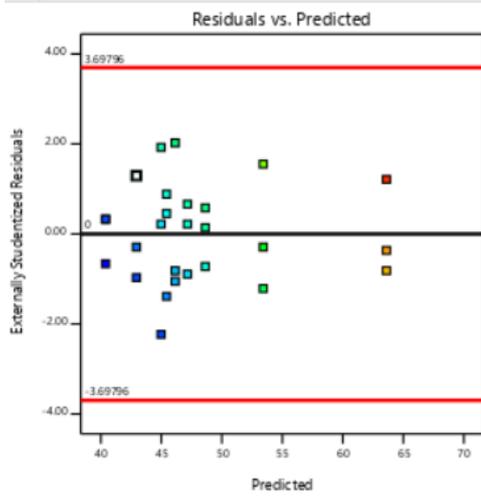
*Homogeneidad de varianza*



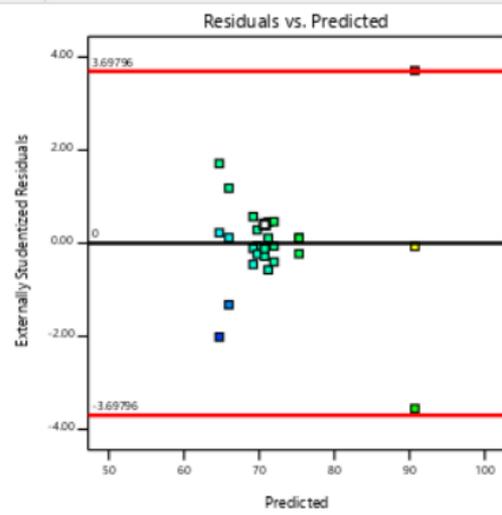
(a)



(b)



(c)



(d)