

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“EVALUACIÓN DEL COAGULANTE NATURAL
OBTENIDO DE LA SEMILLA DE MARACUYÁ
(*PASSIFLORA EDULIS*) EN LA REMOCIÓN DE LA
TURBIDEZ DE UNA SOLUCIÓN MODELO”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autor:

Jazmin Karina Sifuentes Iparraguirre

Asesor:

Mg. Juan Taumaturgo Medina

Lima - Perú

2019

DEDICATORIA

La presente tesis esta dedica a mis padres
y a mi hermano Daniel, quienes me han
permitido haber llegado hasta este
momento importante de mi formación
profesional.

A mi madre, por ser la persona quien me ha
apoyado incondicionalmente y acompañado
en los momentos más difíciles, ella ha sido
mi fuente de motivación para ser seguir
adelante, gracias por creer en mí.

A mi tía Mariza Iparraguirre, que desde el
cielo me cuida y me guía por el camino
correcto.

AGRADECIMIENTO

Agradecer siempre a Dios, por guiarme y acompañarme en todo el transcurso de mi vida.

Al Mg. Juan Medina Taumaturgo, quien me brindó sus conocimientos y su gran trayectoria, para poder culminar esta investigación con éxito.

A la familia Chacón Iparraguirre, por el entusiasmo y apoyo pese a la distancia.

Y gracias a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
TABLA DE CONTENIDO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivo específico	15
1.4.1 Hipótesis general.....	16
1.4.2 Hipótesis específicas	16
1.5 Antecedentes.....	16
1.6 Bases Teóricas	18
1.6.1 Partículas coloidales.....	18
1.6.2 Coagulación.....	20
1.6.3 Coagulantes naturales	24
1.6.4 Test de Jarras	25
1.6.5 Maracuyá “ <i>Passiflora edulis</i> ”.....	26
1.6.6 Semilla de maracuyá “ <i>Passiflora edulis</i> ”	30

CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	31
2.1 Tipo de Investigación	31
2.1.1 Diseño de investigación	31
2.2 Población y Muestra	32
2.2.1 Población.....	32
2.2.2 Muestra.....	32
2.2.3 Tipo de Muestreo	32
2.3 Materiales, instrumentos.....	32
2.4 Procedimiento de obtención del coagulante extraído de la semilla <i>Passiflora edulis</i>	33
2.4.1 Obtención de la semilla del fruto	33
2.4.2 Preparación de la semilla.....	34
2.4.3 Preparación del coagulante.....	37
2.5 Preparación de la solución modelo	42
2.6 Evaluación de muestras de agua	43
2.7 Evaluación del proceso de coagulación.....	44
2.8 Uso del Test de Jarras	45
CAPÍTULO III RESULTADOS.....	46
3.1 Resultados de Análisis.....	46
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	49
4.1 Discusión	49
4.2 Conclusiones.....	52
CAPITULO V RECOMENDACIONES	53
CAPITULO VI REFERENCIAS.....	54
CAPÍTULO VII ANEXO	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Polímeros naturales con propiedades coagulantes.....	25
Tabla 2: Composición de la semilla de <i>Passiflora edulis</i>	30
Tabla 3: Materiales utilizados en la investigación.....	32
Tabla 4: Insumos utilizados en la investigación.....	33
Tabla 5: Equipos utilizados en la investigación.....	33
Tabla 6: Caracterización de la solución modelo A.....	43
Tabla 7: Caracterización de la solución modelo B.....	43
Tabla 8: Parámetros fijos del test de jarras.....	44
Tabla 9: Parámetros esporádicos del test de jarras.....	44
Tabla 10: Prueba de Test de Jarras.....	45
Tabla 11: Resultados de la muestra blanco.....	46
Tabla 12: Resultados del experimento del Test de Jarras.....	47
Tabla 13: Parámetros del experimento.....	47
Tabla 14: Resultados de porcentajes de remoción.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución del tamaño de partículas en el agua.....	19
Figura 2: Doble capa de una partícula coloidal	22
Figura 3: Formación de flóculos y consecuencia por exceso de coagulantes.....	23
Figura 4: Test de jarras Velp Scientifica.....	26
Figura 5: Maracuyá " <i>Passiflora edulis</i> "	27
Figura 6: Parte del maracuyá	29
Figura 7: Semillas de la <i>Passiflora edulis</i>	34
Figura 8: Tamizado de las semillas.....	35
Figura 9: Deslipidificación de semilla gruesa.....	36
Figura 10: Deslipidificación de semilla fina.....	36
Figura 11: Semillas deslipidificadas y filtradas	37
Figura 12: Agitación de las semillas finas para la extracción de componente activo.....	38
Figura 13: Agitación de las semillas gruesas para la extracción de componente activo	38
Figura 14: Coagulante extraído de la semilla de maracuyá " <i>Passiflora edulis</i> "	39
Figura 15: Muestras de agua sintética 85 NTU y 230 NTU	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Cuadro de entrada y salida.....	40
Ilustración 2: Diagrama del proceso de obtención de coagulante natural extraído de la semilla de maracuyá " <i>Passiflora edulis</i> "	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Semillas preparadas para la deslipidificación	59
Anexo 2: Pesaje de semillas.....	59
Anexo 3: Alcohol utilizado para la deslipidificación	60
Anexo 4: Separación de las partículas de las semillas	60
Anexo 5: Residuos de filtración del proceso de deslipidificación	61
Anexo 6: Coagulante obtenido de la semilla	61
Anexo 7: Turbidímetro Hach 2100Q	62
Anexo 8: Multiparámetro portátil HQ30d usado en los análisis de agua	62
Anexo 9: Test de jarras, simulación del proceso de coagulación	63
Anexo 10: Agitación de la arcilla con el agua destilada	63
Anexo 11: Muestra de agua antes de tratamiento	64
Anexo 12: Muestra de agua después de tratamiento.....	64
Anexo 13: Matriz de consistencia.....	65
Anexo 14: Resultados del experimento del Test de Jarras	67
Anexo 15: Histograma	68
Anexo 16: Diagrama de Pareto	69
Anexo 17: Prueba de Normalidad - Test de Anderson Darling	70
Anexo 18: Gráfica de Efectos principales para % Remoción.....	71
Anexo 19: Grafica de interacción de Variables para % de Remoción.....	72
Anexo 20: Gráfica de Contorno de porcentaje de Remoción vs Dosis, Nivel de Turbidez y Granulometría Fina	73
Anexo 21: Gráfica de contorno de porcentaje de Remoción vs Dosis, Nivel de Turbidez y Granulometría Gruesa.....	74

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo evaluar la remoción de turbidez utilizando un coagulante natural, que se extrajo de la semilla de “maracuyá” Passiflora edulis, además se utilizó soluciones modelos con diferentes niveles de turbidez. Se eligieron parámetros como, la dosis (5ml – 15ml), granulometría de la semilla (fina y gruesa) y niveles de turbidez (85 NTU – 230NTU) como factores que pueden influenciar en el proceso de coagulación; para la simulación de este proceso se utilizó el método de test de jarras usando parámetros fijos como el tiempo, velocidad de agitación y tiempo de sedimentación. Los resultados en la remoción de turbidez utilizando un nivel de 85 NTU, han sido favorables con los parámetros de una dosis de 5ml de coagulante, con una granulometría fina de semilla y con el nivel de turbidez de 230 NTU, se obtuvo mejores resultados con una dosis de 15ml y granulometría gruesa de la semilla, llegando a alcanzar más de 60% y 80% de remoción de turbidez respectivamente. A partir de este estudio se puede concluir que este coagulante es una alternativa sostenible de purificación de agua.

Palabras clave: Turbidez, dosis, granulometría, semilla de maracuyá.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the turbidity removal using a natural coagulant, which was extracted from passion fruit seed *Passiflora edulis*, and model solutions with different levels of turbidity were used. We chose parameters such as the dose (5ml - 15ml), granulometry of the seed (fine and coarse) and levels of turbidity (85 NTU - 230NTU) as factors that can influence the coagulation process, for the simulation of this process, the jug test method is modified using constant parameters such as time, stirring speed and settling time. The results in the removal of turbidity using a level of 85 NTU, have been favorable with the parameters of a dose of 5ml of coagulant, with a fine granulometry of seed and with the level of turbidity of 230 NTU, better results were obtained with a 15ml dose and coarse granulometry of the seed, reaching more than 60% and 80% turbidity removal respectively. From this study it can be concluded that this coagulant is a sustainable alternative for water purification.

Key words: Turbidity, dose, granulometry, passion fruit seed

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El agua para consumo humano debe tener características de calidad tales como: estar libre de turbidez, de color, sabor y otros parámetros regulados de acuerdo a las normativas vigente de cada país, ya que normalmente las aguas naturales no son de calidad y deben ser tratadas previamente para consumo humano o actividades industriales (Choque Quispe, Choque Quispe, Solano Reynoso , & Ramos Pacheco, 2017); muchas veces el agua presenta impurezas que suelen ser muy pequeñas y no pueden eliminarse; es por ello que es importante adicionar coagulantes para poder remover la materia que se encuentra en suspensión para así obtener una mejor separación de ellas (Vásquez Gonzáles, Remoción de turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas (Eritrina americana, Quercus ilex, Acacia farnesiana, Viscum album y Senna Candolleana, 2013).

La utilización de los coagulantes químicos para la potabilización de agua viene desde los años 60's, siendo el sulfato de aluminio, más conocido como alumbre o cloruro de aluminio, siendo eficaces, de fácil acceso y más económicos, donde estos son capaces de ayudar a la remoción de color, turbiedad y microorganismos (Sandoval Arreola & Laines Canepa , 2013). Además, a que mencionar que estos compuestos químicos, son arrastrados durante la sedimentación de los lodos, lo cual se convierte en un problema ambiental debido a la disposición final (Villabona Ortiz, Paz Astudillo, & Martínez García, 2013).

Sin embargo, existen evidencias que el aluminio puede ser cancerígeno en el ser humano, siendo tóxico para el cerebro y con probabilidad que tenga un papel patógeno en la enfermedad de Alzheimer; de manera que esto ha obligado a volver a las prácticas de clarificación de agua con

los coagulantes naturales como lo hacían en culturas ancestrales (Vásquez Gonzáles, Remoción de turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas (*Eritrina americana*, *Quercus ilex*, *Acacia farnesiana*, *Viscum album* y *Senna Candolleana*, 2013).

En actuales investigaciones han demostrado que también existe eficiencia de remoción de color, turbiedad y microorganismos usando productos naturales, sin causar daño a la salud humana produciendo agua segura y limpia. (Olivero Verbel , Flores Vergara , Vega Fellizola, & Villegas de aguas, 2017), estos coagulantes naturales son sustancias solubles en agua y son de origen vegetal o animal, actúan de una manera muy semejante a los coagulantes químicos en el proceso de eliminación de turbidez (Contreras Lozano, Mendoza Jairo, Salcedo Mendoza , Olivero Verbel , & Mendoza Ortega , 2015).

Entre los que más destacan en los coagulantes naturales de origen vegetal es el almidón de yuca como un removedor de color y turbidez, el almidón de plátano, el nopal, pero dentro de los más estudiados y usados en investigaciones es la semilla de *Moringa oleifera* (Sandoval Arreola & Laines Canepa , 2013).

Por otro lado, en la investigación de Garcia Fayos, Arnal Arnal, & Sancho Fernandez(2007), hacen mención a diferentes semillas que podrían ser utilizadas como coagulantes naturales, entre ellas son: la lenteja, tamarindo, semillas de girasol, ,etc, las mismas que no han sido estudiadas a profundidad ni comprobada su efectividad en la remoción de turbidez.

Es así que el propósito de esta investigación es utilizar un coagulante natural extraído de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis*, para evaluar la eficiencia en la remoción de turbidez en muestras de agua sintéticas con diferentes niveles de turbidez.

1.1. Realidad problemática

Existen diversas causas de la existencia de turbidez en el agua una de ellas es por contaminación por parte de las actividades mineras, por las aguas servidas urbanas, desagües de actividades industriales y uso de plaguicidas en actividades agrícolas (INEI, 2019), también existe por causas naturales, como la erosión de la capa superficial del río o márgenes de ríos, todo ello genera la presencia de materia suspendida orgánica o inorgánica como la arcilla, sedimentos, plancton es por ello que todo esto incrementa el color del agua, originando aguas turbias. Para poder eliminar este parámetro se necesita de un tratamiento donde encontramos el proceso de coagulación, es aquí donde se hace el uso de coagulantes químicos, siendo uno de los más empleados por su buen rendimiento y bajos costos, estos son la sal de aluminio y de hierro, sin embargo estos pueden estar relacionados a enfermedades como el Alzheimer y efectos neurotóxicos y cancerígenos, también es importante mencionar que estos coagulantes químicos no son biodegradables y pueden causar daños al medio ambiente.

En los últimos años se ha estado realizando estudios y empleando coagulantes naturales, como una alternativa y/o sustituto de estos coagulantes químicos, uno de ellos y más conocido es la semilla de *Moringa Oleifera*, que se está usando en la clarificación de aguas, teniendo como ventajas que es biodegradable y no causa daños a la salud y medio ambiente, donde ha podido competir con uno de los principales coagulantes químicos, sulfato de Aluminio (Arenas, 2019); otros coagulantes más usados son el cactus, maíz, mashua, papa, donde las podemos encontrar en diversas investigaciones como la investigación de Ramírez & Jaramillo (2014), sin embargo no sólo esos coagulantes de origen vegetal serían una buena propuesta para la

clarificación de aguas, en la investigación de Garcia Fayos, Arnal Arnal, & Sancho Fernandez (2007), denominada ‘*Metología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial, aplicación en países en vías de desarrollo*’, menciona diversas semillas que sugiere como estudio para la eliminación del parámetro de turbidez, una de ellas es la semilla de *Passiflora edulis*, donde en esta investigación evaluaremos esta semilla como coagulante natural.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la evaluación del coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis* en la remoción de turbidez de una solución modelo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis* en la remoción de turbidez de una solución modelo.

1.3.2. Objetivo específico

- Evaluar la relación de los niveles de turbidez en la remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis* de una solución modelo.
- Analizar la relación de la dosificación en la remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis* de una solución modelo.
- Determinar la relación de la granulometría de la semilla en la remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis* de una solución modelo.

1.4. Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

Existe una remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis* de una solución modelo.

1.4.2 Hipótesis específicas

- Existe relación entre los niveles de turbidez y la remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis* de una solución modelo.
- Existe relación entre la dosificación y la remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis* de una solución modelo.
- Existe relación entre la granulometría de la semilla y la remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis* de una solución modelo.

1.5 Antecedentes

Martínez, et al (2015), realizaron una investigación del extracto de semilla de mango para la potabilización de aguas, donde se evaluó que esta semilla podría ser usado como coagulante natural, ya que obtuvieron resultados no se evidencia la efectividad en la disminución de turbidez y poca variación de pH. Se realizó comparaciones con los resultados usando el sulfato de aluminio donde la remoción no tiene mucha diferencia significativa a comparación con la semilla del mango. Obteniendo como conclusiones que podría ser usada para la potabilización de aguas turbias.

Guzmán, Taron y Núñez (2015), en esta investigación se propone el uso de la *Cassia fistula*, para el tratamiento de agua en la etapa de coagulación. Se usó el equipo de test de jarras donde obtienen resultados y confirman el poder coagulante que tiene este recurso ya que de 120 NTU se logra obtener 6 NTU, por ello llegan a una conclusión que este coagulante natural puede ser eficaz para la sustitución de algún coagulante inorgánico, como el alumbre.

En el artículo científico denominado “ *Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos*” de Ramírez y Jaramillo (2014), se realiza la evaluación de las semillas, cortezas, hojas, etc., para la clarificación y desinfección en el tratamiento de aguas, es importante mencionar que la materia prima se puede extraer de manera natural , sin realizar algún proceso invasivo a comparación de los productos químicos .

Trujillo, Duque, Arcilla, Rincón, Pacheco y Herrera (2014) , realizaron una investigación la cual denominaron, “*Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano*”, que fue realizada en el país de Colombia, donde analizan la remoción de turbidez en el agua de origen natural, cuya recurso para ello fue el almidón de plátano, cuyos factores de los resultados fueron el pH, dosis del coagulante, velocidad de agitación rápida y lenta , realizada en el test de jarras , cuyos valores obtenidos muestran tener eficiencia con 5 de pH, una mezcla rápida de 150 RPM y una velocidad lenta de 20 RPM.

Se realizó la investigación “*Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial, aplicación en países en vías de desarrollo*”, donde García (2007) tenía como principal objetivo realizar el estudio de coagulantes naturales

extraído de semillas para un método de potabilización de agua en Valencia- España, para ello se hizo la selección de semillas que pueden ser capaces de reducir la turbidez en aguas crudas eliminando o reduciendo microorganismos patógenos; se hizo la selección de 21 semillas como: maíz dulce y rojo, tamarindo, lenteja negra, garbanzo, maracuyá, avellana, etc. Se seleccionó 3 semillas un estudio profundo, maíz amarillo, maíz blanco y habas, donde se concluye que estas tres semillas tienen una excelente capacidad de coagulante, reduciendo la turbidez inicial del agua cruda en porcentajes comparables al coagulante más conocido y extendido en la actualidad, la semilla de *Moringa oleífera*.

En la investigación de Tello (2017), titulado como “*Generación de lodos activos a partir de coagulantes naturales y efluentes parcialmente degradados de reactores biológicos de Udlapark*”, se evalúa tres tipos de coagulantes naturales que son extraídos de semillas de *Passiflora ligularis*, *Passiflora tripartita* y *Passiflora edulis* en el tratamiento de aguas residuales domésticas, donde estos extractos estarán basados por la presencia de taninos, su turbidez inicial de las muestras de agua fue de 177,69 NNTU, luego de la adición de los compuestos bioactivos en el proceso de coagulación han llegado a obtener más del 80% de remoción de este parámetro

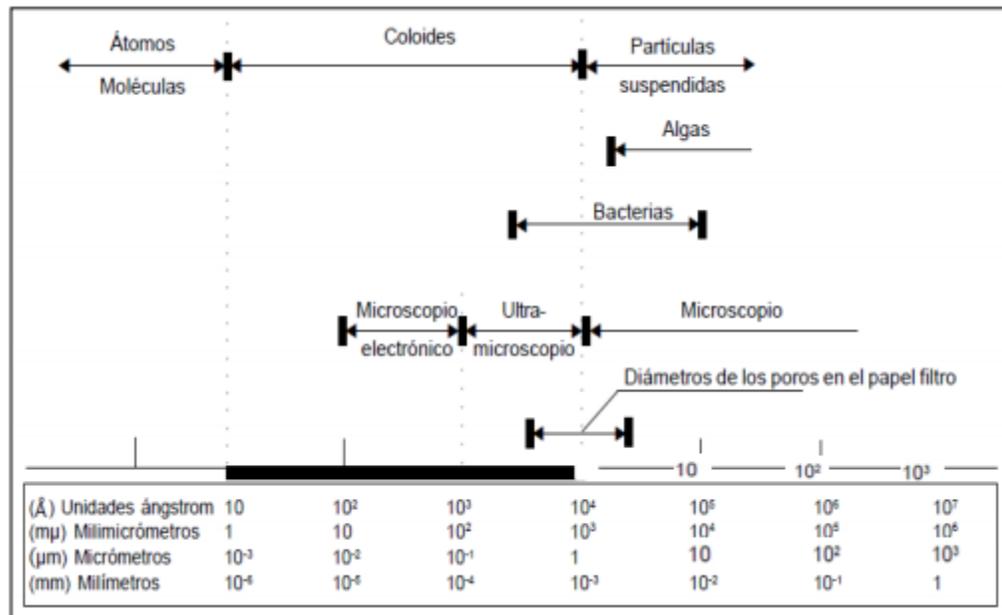
1.6 Bases Teóricas

1.6.1 Partículas coloidales

Las partículas coloidales en el agua, presentan un diámetro entre 1 y 1000 micrómetros, donde su comportamiento depende de su naturaleza y origen, estas partículas en el agua son responsables de la turbiedad.

Los coloides son de tamaño intermedio entre las partículas en solución verdadera y las partículas en suspensión. En la figura 1, nos muestra el tamaño aproximado de las

partículas y su suspensión, es importante mencionar, que, en el caso de los coloides, sus dimensiones las define la naturaleza de los mismos. (Aldana, 2012, p.6)



Fuente: Aldana (2012)

Figura 1: Distribución del tamaño de partículas en el agua

Existen dos tipos de coloides, puede ser hidrofílicos que al tener relación por el agua se dispersan en ella y también existe los hidrofóbicos que son aquellas que no pueden dispersarse ya que tienen cargas eléctricas negativas en su superficie (Rivera, 2017)

- Propiedades de los coloides

Existen propiedades importantes que definen el comportamiento de los coloides en el agua, estas son las cinéticas, ópticas, de superficie y electrocinéticas(Aldana,2012)

a) Propiedad cinética

Esta propiedad define el comportamiento de las partículas coloidales referidas a su movimiento en el agua (Aldana,2012).

b) Propiedad óptica: Efecto Tyndall – Faraday

Es un fenómeno por la cual las partículas coloidales producen 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 (Aldana, 2012).

c) Propiedad de superficie

Consiste en que las partículas coloidales se caracterizan por tener una gran superficie específica, que se define como la relación entre el área superficial y la masa (Aldana, 2012)

d) Propiedad electrocinética: Electroforesis

Es un fenómeno que permite demostrar que las partículas coloidales tienen carga eléctrica, donde consiste en hacer pasar una corriente directa a través de una solución coloidal experimento que nos va a permitir observar, que tal partículas son atraídas por el electrodo positivo o por el negativo lo que demuestra que poseen carga eléctrica, este fenómeno es muy importante ya que va a permitir comprender la estabilidad de las dispersiones coloidales. En la mayoría los coloides presentan carga negativa lo que significa que en la electroforesis son atraídos por un electrodo positivo (Aldana, 2012)

1.6.2 Coagulación

Proceso fisicoquímico utilizado para eliminar las partículas coloidales de las aguas residuales industriales. Este fenómeno ocurre al adicionar un agente coagulante, el cual cancela las cargas electrostáticas de las partículas al tiempo que origina una compresión de la capa difusa que rodea los coloides, lo cual les permite la formación de flóculos a

través de un mecanismo de puentes entre partículas, produciendo una malla porosa en función de su radio efectivo, facilitando así la formación de macro flóculos. Muchos coagulantes son ampliamente utilizados en los procesos de tratamiento de agua, estos coagulantes pueden clasificarse en coagulantes inorgánicos, polímeros orgánicos sintéticos y coagulantes de origen natural. (Bravo, 2017, p. 15)

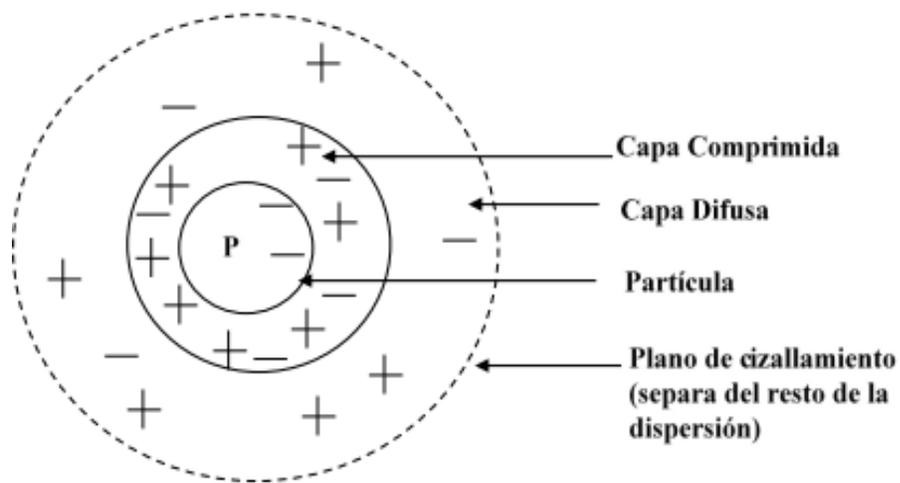
Según Guananga, 2013, es aquel proceso del tratamiento de aguas donde tiene un serie de operaciones químicas cuyo objetivo es eliminar la turbidez, adicionando un producto para anular o reducir fuerzas que tienden a mantener separadas las partículas en suspensión, o también llamados coloides, generando pequeños flocs, donde aumentará el peso y así se puedan sedimentar con mayor facilidad.

“Durante este proceso de coagulación se pretende, eliminar bacterias y virus, remoción del color, remoción de turbiedad y eliminar sustancias que producen sabor y olor” (Guananga, 2013, p. 7).

a. Mecanismos de la coagulación

- Comprensión de doble capa

Cuando dos partículas semejantes se aproximan, sus capas difusas interactúan y generan 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 a la de las partículas, esto se consigue con los iones del coagulante. (Silva, 2017, p. 39).



Fuente: Aldana (2012)

Figura 2: *Doble capa de una partícula coloidal*

- Adsorción y neutralización de cargas

Tiene relación con el mecanismo de doble capa, donde el potencial zeta se anula al agregar coagulantes, por lo que requiere una energía adicional mediante la agitación. La mayoría de las partículas en el agua poseen cargas negativas pueden ser desestabilizadas por adsorción de iones o polímeros cargados positivamente. Al adicionar coagulante en exceso, se produce nuevamente la estabilización de la partícula (Andía, 2000, citado en Ñacari, 2017, p. 26)

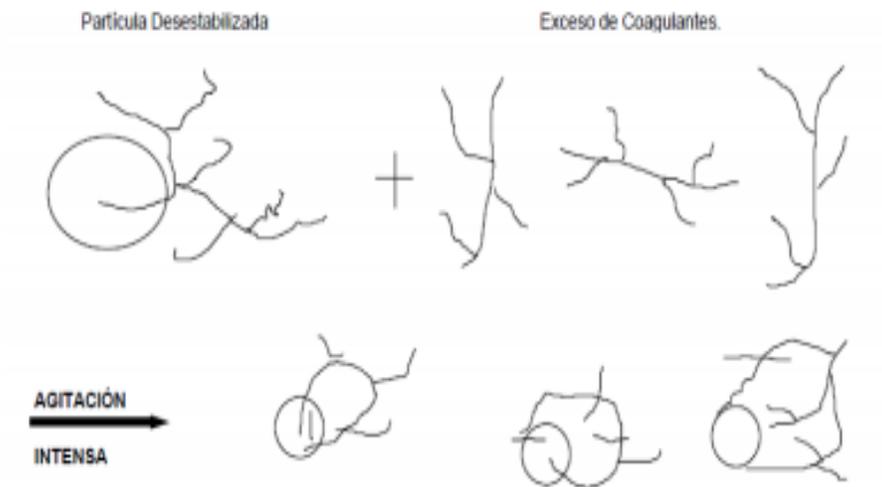


Figura 3: Formación de flóculos y consecuencia por exceso de coagulantes

- Adsorción e interconexión de puente

El puente polimérico es un fenómeno de adsorción, en consecuencia, en el que el polímero puede permanecer extendido en la solución y adsorber en sitios de superficie disponible de otras partículas, dando como resultado una partícula de mayor tamaño que sedimentara fácilmente. (Rivera, 2017, p. 26).

- En mezclado y precipitado

Cuando existe altas dosificaciones de los coagulantes, pueden llevar al crecimiento precipitado amorfo con el atrapamiento de partículas en esta estructura amorfa. (Rivera, 2017, p.27)

Como mejor opción se opta por la adsorción de iones o polímeros catiónicos, a que en su mayoría las partículas se encuentran cargadas negativamente, es así que se puede usar sales metálicas y polímeros orgánicos para desestabilizar a las

partículas mediante la neutralización en su carga aniónica. (Howe et al. 2012, citado en Rivera, 2017, p.27)

1.6.3 Coagulantes naturales

Los llamados coagulantes naturales amigables y seguros para el medio ambiente, ya no presentan toxicidad en el tratamiento de aguas residuales o potabilización de agua, estos son aquellos que permiten la desestabilización de los coloides, que son aquellas solidos suspendidos y remueven los sólidos disueltos, DQO (Banchon , Baquerizo, Muñoz, & Zambrano, 2016).

En la investigación de Sotheeswaran, Nand, Matakite, & Kanayathu (2011), llegaron a comprobar que estos coagulantes son eficientes adsorbiendo metales pesados, como zinc, cromo y cadmio.

Estos coagulantes son solubles al agua, son de origen vegetal y actúan de modo semejante a los coagulantes sintéticos juntando las partículas en suspensión que contiene el agua cruda y así facilitar su sedimentación y reducir la turbidez inicial. Algunas de estos coagulantes poseen además propiedades antimicrobianas, por lo que reducen o eliminan el contenido de microorganismos patógenos susceptibles de producir enfermedades. (Garcia, Arnal, & Sancho, 2005, pag. 150). En la tabla 1 , muestra algunos vegetales y/o recursos naturales de donde podemos extraer como coagulantes.

Tabla 1:

Polímeros naturales con propiedades coagulantes

Nombre común	Se extrae de	Parte de donde se obtiene
Alginato de sodio	Algas pardas marinas (<i>Phaeophyceae</i>)	Toda la planta
Tuna	<i>Opuntia ficus indica</i> Maíz	Las hojas
Almidones	Papa Yuca Trigo	El grano o el tubérculo
Semillas de normali	<i>Strychnos potatorun</i>	Las semillas
Algarrobo	Quebracho, acacia o algarrobo <i>Schinopsis Lorentzii</i>	Corteza del árbol
Carboximetil	Arboles	Corteza del árbol
Goma de guar	<i>Cyanopsis psorolioides</i>	Semillas

1.6.4 Test de Jarras

Este equipo se usa para poder hallar las dosis más efectivas para muestras de aguas para el control de la etapa de coagulación y floculación de una planta de tratamiento. El test de jarras es el mejor equipo que simula la química de clarificación y el proceso llevado a cabo, cuyo un simple arreglo de vasos precipitados y paletas, nos ayudara a comparar diversas combinaciones químicas. (Salaverry, 2016).



Figura 4: Test de jarras Velp Scientifica

1.6.5 Maracuyá *Passiflora edulis*

Más conocido como “maracuyá” o “el fruto de la pasión”, es un fruto dicotiledóneo nativa de América del Sur que en la actualidad ha tenido una amplia distribución a diversas regiones tropicales y sub tropicales del mundo en general, y del hemisferio occidental en particular (Infantes, 2014). El género *Passiflora*, al que pertenece el maracuyá, posee 80 especies con frutos comestibles de características deseables. El importante número de frutos potenciales para el consumo humano posiciona a *Passiflora* como el segundo género más rico en especies después del género *Psidium*.



Figura 5: *Maracuyá "Passiflora edulis"*

- **Clasificación taxonómica**

Según Feulliet (Martínez Morris, y otros, 2015) y MacDougal (2003) citado en Infantes (2014), la clasificación más actual de la planta es la que se presenta a continuación:

Reino : Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Violales

Familia: Passifloraceae

Género: *Passiflora*

Subgénero: *Passiflora*

Supersección : *Passiflora*

Serie: *Passiflora*

Especie: *Passiflora edulis*

- **Partes del fruto**

Este fruto tiene forma ovoide, de color rojo intenso a amarillo cuando madura, según la Gerencia Regional Agraria La Libertad , 2010 está compuesto por:

- Epicarpio: Es la cáscara o corteza del fruto, liso y está cubierto con cera naturales que es lo que le da brillo.
- Mesocarpio: Es la parte blanda porosa y blanca, que está formada por pectina, tiene grosor de 6mm donde tiene contacto con el agua, se reblandece con facilidad.
- Endocarpio: Es la envoltura que cubre las semillas (pulpa) de color pardo oscuro, contiene un color amarillo opaco, ácido, con un fuerte aroma y de sabor agradable.

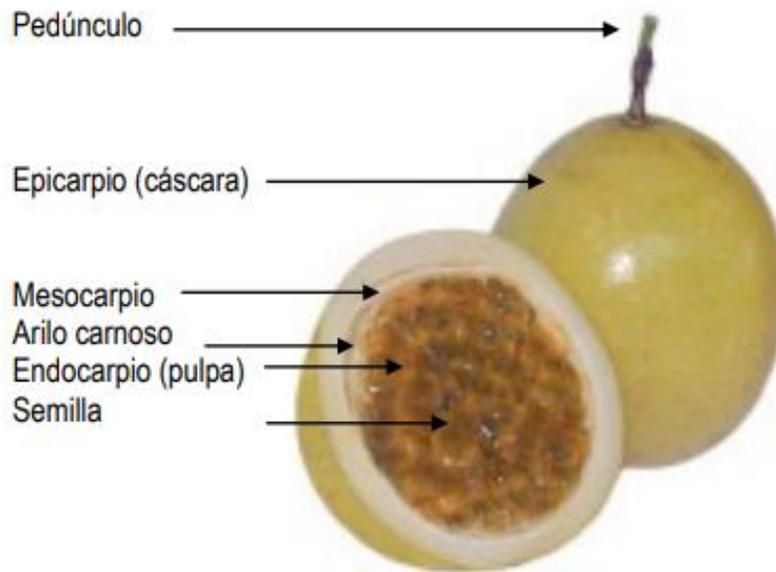


Figura 6: Parte del maracuyá

Fuente: Gerencia Regional Agraria de la Libertad (2010)

- **Propiedades nutricionales y usos**

El maracuyá contiene minerales, vitaminas, proteínas, grasa y carbohidratos, donde su principal consumo es en jugo o fruta entera, también se usa para néctares, mermeladas, helados, etc. La composición de la fruta de maracuyá es, jugo 30-40%, semilla 10-15%, cascara 50-60%, siendo de mayor importancia, el jugo, su coloración amarillo anaranjada es debido a un pigmento cuyo nombre es caroteno, que ofrece al organismo que lo consuma una gran cantidad de vitamina A y C, sales minerales y fibras (Gerencia Regional Agraria La Libertad, 2010, pág. 6).

- **Propiedades medicinales**

Como propiedades medicinales, tiene la propiedad de calmante, como también un sedativo natural donde lo podemos encontrar en el fruto y las hojas. Las hojas de este

fruto son usadas también para poder calmar la fiebre e inflamaciones y por último la cascara de maracuyá, donde muchas veces es arrojada, es rica en pectina, donde forma un gel en nuestro organismo que ayuda a dificultar la absorción de los carbohidratos, como en la glucosa, en caso de la diabetes; así mismo la harina de esta misma nos ayuda a combatir la diabetes y controla los niveles de azúcar en la sangre (Gerencia Regional Agraria La Libertad, 2010, pág. 6).

1.6.6 Semilla de maracuyá *Passiflora edulis*

Miden entre 3 y 4 mm de ancho y 5 a 6 mm de largo y se caracterizan por tener una forma oval-reticular que se encuentra dentro de una cavidad única del fruto de color pardo oscuro, rodeadas de una pulpa mucilaginosa semi espesa de color amarillo que contiene un jugo bastante ácido, muy aromático y de sabor agradable. (Zulueta y Calatayud, 1997, citando en, Infantes, 2014, pág. 4).

- Composición química de las semillas

Según Chau y Huang (2004), esta es la composición la semilla de este fruto

Tabla 2:

Composición de la semilla de Passiflora edulis

Componente	g/100g de semilla (peso seco)
Humedad	6,60 ± 0,28
Proteína cruda	8,25 ± 0,58
Extracto etéreo	24,5 ± 1,5
Fibra dietaria total	64,8 ± 0,05
Fibra dietaria insoluble	64,1 ± 0,02
Fibra dietaria soluble	0,73 ± 0,07
Cenizas	1,34 ± 0,08
Carbohidratos	1,1

Fuente: Chau y Huang, 2004, citado Alvarado & Sandoval, 2018.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

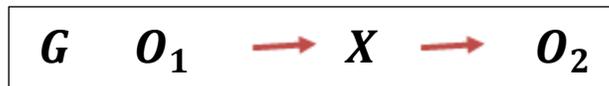
2.1 Tipo de Investigación

Experimental – Pre Experimental

Según, Hernández (2014), en su sexta edición de ‘*Metodología de la investigación*’, se refiere a un diseño experimental a aquel estudio donde se manipula intencionalmente una o más variables independientes donde son las supuestas causas para analizar los supuestos efectos (variables dependientes), donde el investigador manipula la variable independiente y observa si la dependiente varía o no .

2.1.1 Diseño de investigación

Diseño de Pre Prueba / Post Prueba con un solo grupo



G = Grupo de sujetos o casos

X = Tratamiento o estímulo

O = Medición de los sujetos de un grupo

En este diseño de investigación se le hace una medición previa al estímulo experimental y después se le agrega el tratamiento y finalmente se le realiza la medición posterior al estímulo, este diseño nos da una ventaja ya que existe un punto de referencia inicial, para ver qué nivel tenía la variable dependiente antes del estímulo, es decir que hay un seguimiento al grupo (Hernández, 2014).

2.2 Población y Muestra

2.2.1 Población

Muestras de agua con dos niveles de turbidez 85 NTU y 230 NTU

2.2.2 Muestra

10 litros de muestras sintéticas, ya que se realizará 32 análisis de 250ml cada uno.

2.2.3 Tipo de Muestreo

Muestreo no Probabilístico

2.3 Materiales, instrumentos

Tabla 3

Materiales utilizados en la investigación

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
Vasos precipitados (1000ml)	Unidad	10
Varillas	Unidad	4
Pipeta (10 ml)	Unidad	2
Cucharilla	Unidad	1
Papel filtro	Unidad	4
Bolsas zimploc	Unidad	6
Sticker rotuladores	Paquete	1
Plumón indeleble	Unidad	1
Frasco de vidrio (1000ml)	Unidad	2
Táper de plástico (10 l)	Unidad	2

Tabla 4

Insumos utilizados en la investigación

INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD
Maracuyá	kilogramos	6
Alcohol 96°	mL	3160
NaCl	gramos	46.752
Agua destilada	litros	15
Arcilla	gramos	10

Tabla 5

Equipos utilizados en la investigación

Equipo	Cantidad
Balanza digital	1
Turbidímetro Portátil Hach 2100Q	1
Multiparámetro Hach HQ40D	1
Tamiz (2mm)	1
Tamiz (1.25mm)	1
Test de Jarras	2
Agitador magnético	2

2.4 Procedimiento de obtención del coagulante extraído de la semilla *Passiflora edulis*

2.4.1 Obtención de la semilla del fruto

Esta etapa consiste en extraer las semillas del fruto *Passiflora edulis*, siguiendo con el lavado de las semillas y el retiro del endocarpio, que viene hacer la capa gelatinosa que cubre la semilla y por ultimo



Figura 7: Semillas de la Passiflora edulis

2.4.2 Preparación de la semilla

Esta etapa consiste en preparar la semilla para la obtención del coagulante, se realiza el proceso de la molienda con el uso de un mortero, donde se obtiene partículas de diferentes tamaños, por consiguiente, se realiza el tamizado donde se usa dos tipos de malla, obteniendo dos tamaños de semilla molida, que se le ha denominado semillas gruesas(2mm) y semillas finas(1,25mm).



Figura 8: Tamizado de las semillas

Continuando con la preparación de las semillas, estas suelen estar compuestas por lípido (aceites), por eso es necesario la extracción de ello, con la ayuda de alcohol de 96° se procede a realizar el proceso llamado “Deslipidificación”.

Es importante mencionar que las cantidades tanto de semilla como alcohol será de 5% p/v (Peso/ volumen), por ende, disolvemos 68,8gr de semillas gruesas con 1376 mL de alcohol de 96° y 89,2 gr de semilla fina con 1784 mL de alcohol de 96°, se procede al uso del agitador magnético por 1hr, para luego realizar la filtración y dejar secar a temperatura en ambiente por 48horas.

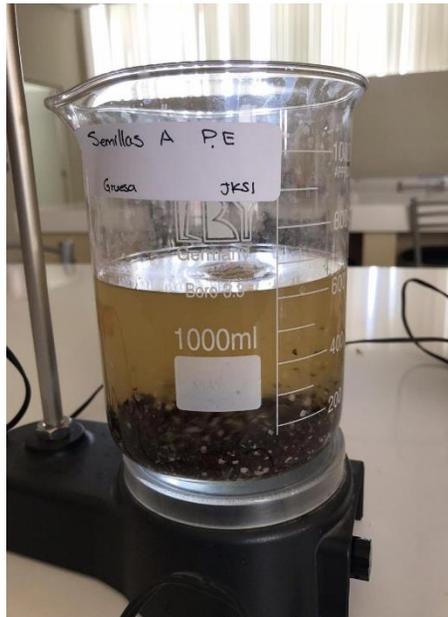


Figura 9: Deslipidificación de semilla gruesa

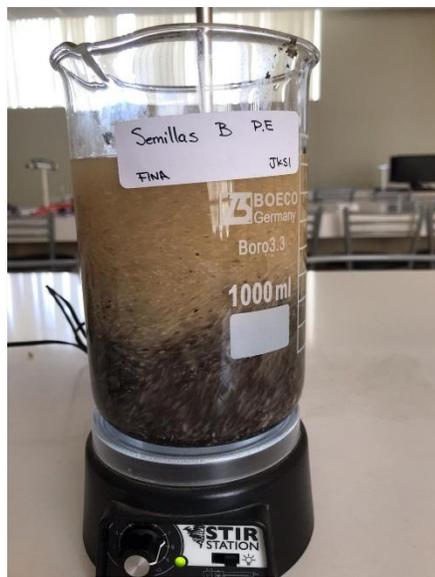


Figura 10: Deslipidificación de semilla fina



Figura 11: Semillas deslipidadas y filtradas

2.4.3 Preparación del coagulante

Como parte de este proceso, se procede a la extracción de componente activo de la semilla, por ello con un previo estudio se decidió usar NaCl de 0.5 molar, al igual que con el proceso de deslipidificación, la extracción del poder activo también se realiza con una relación 5% p/v. Se decide usar sólo 40gr de cada tipo de semilla, por ende, para 40gr de semilla se usa 800ml de agua destilada y le agregamos 23,37 de NaCl. Por consiguiente, se realiza la homogenización por 1hr con la ayuda de un agitador magnético y para finalizar se realiza la filtración y la parte líquida es el coagulante.

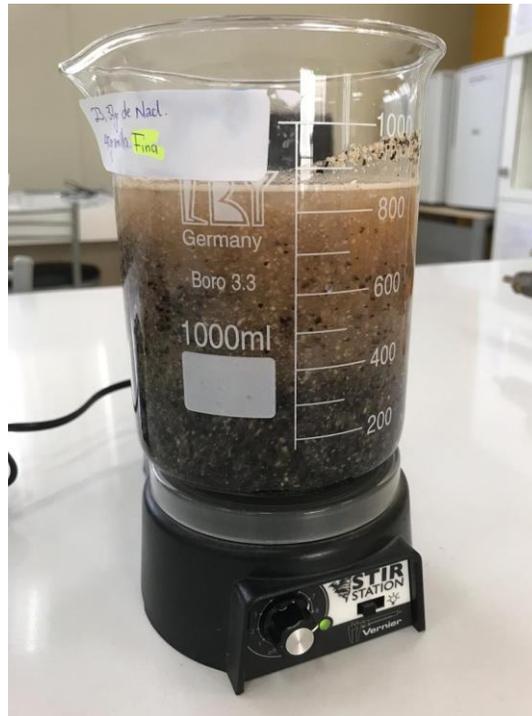


Figura 12: Agitación de las semillas finas para la extracción de componente activo



Figura 13: Agitación de las semillas gruesas para la extracción de componente activo

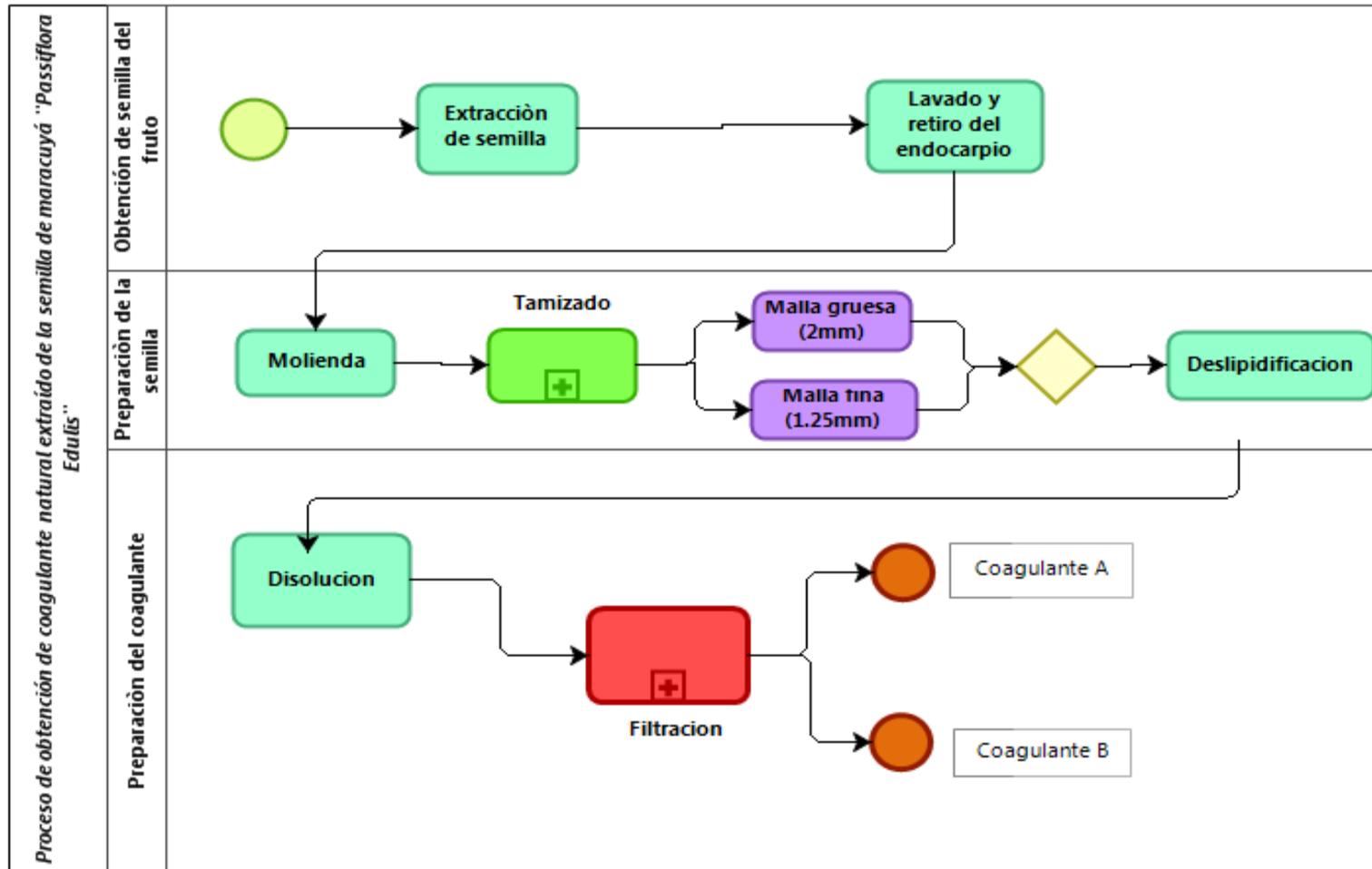


Figura 14: Coagulante extraído de la semilla de maracuyá "*Passiflora edulis*"

Ilustración 1: Cuadro de entrada y salida del proceso de obtención del coagulante natural de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis*

 ENTRADAS	PROCESOS	 SALIDA
Fruto de maracuyá <i>Passiflora edulis</i>	Extracción de semilla, lavado y retiro del endocarpio	Semillas limpias
Semillas de ' <i>Passiflora edulis</i> y alcohol 96°	Molienda, tamizado y deslipidificación	Semillas finas deslipidificadas y semilla gruesa deslipidificadas y alcohol filtrado.
Semillas de dos granulometrías deslipidificadas, NaCl y agua destilada	Extracción de componente activo, agitación y filtración	Coagulantes extraídos de las semillas finas y de las semillas gruesas.

Ilustración 2: Diagrama del proceso de obtención de coagulante natural extraído de la semilla de maracuyá



2.5 Preparación de la solución modelo

Para el proceso de coagulación se realizó en dos tipos de aguas sintéticas, donde se tuvo una turbiedad baja, 85 NTU y una turbiedad alta 230 NTU (Ver figura 15), para la preparación de las soluciones modelos con dichos niveles de turbidez, se le agregó a un litro de agua destilada, 10 gramos de arcilla, se procedió a agitar en un agitador magnético por una hora y se dejó reposar por 24 horas para permitir la hidratación de las partículas. Luego de ello es que se prepara las soluciones modelos, hasta llegar al nivel de turbidez que se requiere.

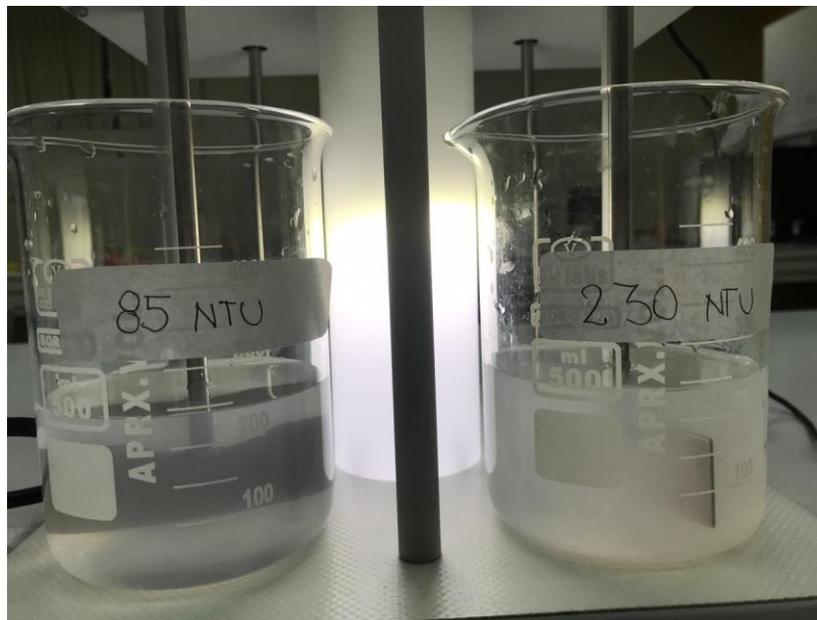


Figura 15: Muestras de agua sintética 85 NTU y 230 NTU

2.6 Evaluación de muestras de agua

La solución modelo realizada en el laboratorio de biología de la Universidad Privada del Norte fue alterada con caolín para lograr conseguir los niveles de turbidez planteados para los análisis correspondientes. Los niveles de turbidez son de 85NTU y 230 NTU.

Tabla 6

Caracterización de la solución modelo A

PARAMETRO	VALOR
Temperatura	22.5°
pH	6.14
Turbidez	85 NTU

Tabla 7

Caracterización de la solución modelo B

PARAMETRO	VALOR
Temperatura	22.5°
pH	6.16
Turbidez	230 NTU

2.7 Evaluación del proceso de coagulación

En el test de jarras se usa 4 vasos precipitados 800 ml a 1000 ml de capacidad, en los que se dosifica el reactivo a utilizar, es decir, el coagulante extraído de la semilla *Passiflora edulis*. El equipo utilizado dispone velocidad, que se le denomina, revoluciones por minuto (RPM), lo que permite realizar agitación rápida y lenta, al igual que tiempo que se mide en minutos.

Tabla 8

Parámetros fijos del test de jarras

PARÁMETROS	NIVEL
TIEMPO COAGULACIÓN	15 Min
VELOCIDAD DE AGITACIÓN	250 RPM
TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN	30 Min

Tabla 9

Parámetros esporádicos del test de jarras

PARÁMETROS	NIVELES	
DOSIS DE COAGULANTE	5 ml	15 ml
GRANULOMETRIA	Fina	Gruesa
TURBIDEZ	85 NTU	230 NTU

2.8 Uso del Test de Jarras

Se usa el test de Jarras de marca Velp Científica, donde contiene 4 agitadores, permitiendo colocar 4 vasos precipitados, la cantidad de muestra de solución modelo será 250 ml.

Tabla 10

Prueba de Test de Jarras

Nivel de Turbidez	T1		T2	
Granulometría DOSIS	G1	G2	G1	G2
D1	D1G1T1	D1G2T1	D1G1T2	D1G2T2
D2	D2G1T1	D2G2T1	D2G1T2	D2G2T2

D= Dosis	G= Granulometría	T= Nivel de turbidez
----------	------------------	----------------------

$N = 2 \times 2 \times 2 = 8 \times 4 = 32$ ensayos

En total se realizó 32 ensayos donde en cada test de jarras tenía diferentes parámetros esporádicos mencionados en la tabla 9, como también los parámetros fijos (tabla 8), velocidad de agitación, tiempo de coagulación y tiempo de sedimentación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Resultados de Análisis

En la tabla 11 se muestra los resultados de la muestra blanco después del proceso de coagulación sin el agregado de coagulante natural extraído de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis*, donde no muestra una disminución de turbidez significativa, sin embargo en la tabla 12 muestra el promedio de turbidez (NTU) y el promedio de remoción (%) de las 4 repeticiones de cada ensayo, donde podemos evidenciar que existe disminución de turbidez muy significativa debido a diferentes factores; cada ensayo tuvo diferentes variaciones por ello es que se realizó 4 repeticiones por cada prueba, con la finalidad de poder obtener mejores resultados.

Tabla 11

Resultados de la muestra blanco

	Turbidez Inicial	Turbidez Final
1	85 NTU	83 NTU
2	230 NTU	226 NTU

Tabla 12

Resultados del Experimento del Test de Jarras

N°	x_1	x_2	x_3	Promedio de Turbidez (NTU)	Promedio de Remocion (%)
1	85 NTU	Fina	5 ml	26,98 NTU	68,26%
2	230 NTU	Fina	5 ml	80,74 NTU	64,90%
3	85 NTU	Gruesa	5 ml	27,84 NTU	67,25%
4	230 NTU	Gruesa	5 ml	76,90 NTU	66,57%
5	85 NTU	Fina	15 ml	43,38 NTU	48,94%
6	230 NTU	Fina	15 ml	68,53 NTU	70,21%
7	85 NTU	Gruesa	15 ml	41,10 NTU	51,65%
8	230 NTU	Gruesa	15 ml	39,82 NTU	82,69%

Tabla 13

Parámetros del Experimento

x_1	x_2	x_3
Nivel de turbidez	Granulometria de semilla	Dosis de coagulante

Tabla 14

Resultados de porcentajes de remoción

Concepto	% de Remoción optimo
Mayor eficiencia para 230 NTU	82.69 %
Mayor eficiencia para 85 NTU	68.26 %

Según la tabla 14 se evidencia que la mayor eficiencia de remoción de turbidez con un nivel de turbidez de 230 NTU, se obtuvo en el ensayo D2G2T2 obteniendo un valor de 82,69 % , cuyos parámetros fueron con una dosis de 15mL de coagulante y se utilizó semilla molida con granulometría gruesa y para el caso de la muestra con un nivel de turbidez de 85 NTU , se obtuvo mejor remoción en el ensayo D1G1T1 , donde se usa una dosis de 5mL de coagulante y una granulometría fina de la semilla

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

De los resultados obtenidos en esta investigación, se analizó que el uso del extracto de la semilla *Passiflora edulis*, remueve turbidez en un 82% , sin embargo en la investigación de Carrasquero y otros (2017), indican haber tenido 99.6% y 99.5% de reducción de turbidez, usando la cáscara de papa y residuos de plátano, así mismo se encontró información con respecto al uso de las hojas del árbol de coco donde también cumple con la función de coagulante natural, después de haber pasado por un proceso de molido, se obtuvo entre 50% y 70% de remoción de turbidez según en la investigación de Dange & Lad (2016) , los productos usados como la cáscara de plátano y la semilla de maracuyá *Passiflora edulis* son aquellos que equivalen a residuos que han sido utilizados para la preparación de jugos, dándole valor y solución a diversos problemas como la contaminación de aguas.

En la investigación de Torres Castañón, De la Peña Arellano, Gallegos Infante, Rodríguez Rosales & Hernández Rodarte (2017), evalúan el poder coagulante de dos extractos , de nopal y de la cáscara de manzana, con muestras de agua turbias sintéticas al igual que en la investigación de Abdullah & Ahmac (2016), donde en su realización de estas aguas utilizan como principal componente el caolín o arcilla, sin embargo el coagulante usado fue extracto del popinac blanco, planta medicinal. En las dos investigaciones su finalidad es demostrar la eficiencia de estos extractos naturales mencionados, se obtuvo el 80% y 76% de eficiencia respectivamente , cuyos resultados son similares a la investigación que se está realizando, ya que se obtuvo 82% de remoción de turbidez, dando a conocer que

poseen potenciales de desinfectantes y biocoagulantes que pueden ser aprovechados para la purificación de agua.

Otra alternativa de coagulantes convencionales según menciona de Souza Fermino y otros (2017), es la semilla de moringa oleífera que en su investigación realizan la evaluación del sulfato de aluminio y la semilla mencionada, donde resulta ser más eficiente la semilla de moringa oleífera, con la eliminación de turbidez en un 94.9%, muy similares los resultados de Rodiño Arguello, Ferial Diaz, Paternina Uribe, & Marrugo Negrete (2015), donde realizan estudios de 5 diferentes coagulantes naturales, como el cactus, la goma de la *albizia saman*, semilla de moringa oleífera, entre otros; donde la misma semilla obtuvo la mayor eficiencia en un 98%, cuyos porcentajes se acercan a los resultados obtenidos en la investigación con la semilla *Passiflora edulis*, siendo así una alternativa para el tratamiento de aguas, sin representar algún tipo de amenaza para el ser humano y medio ambiente.

En la investigación de Garcia Fayos, Arnal Arnal, & Sancho Fernandez (2007), donde habla de la metodología de extracción in situ de coagulantes naturales, emplean diversas semillas como la de maíz amarillo, tamarindo, haba, moringa, etc. Donde existen semillas que presentan una gran capacidad de coagulante, reduciendo la turbidez inicial del agua cruda en porcentajes que se puede comparar con el coagulante natural más estudiado y extendido en la actualidad, la *Moringa oleifera*, obteniendo por encima del 70% de eficiencia, la similitud de esta investigación es que se usó muestras de aguas sintéticas, realizadas en laboratorio, con ayuda de la arcilla, además esta es la metodología que se empleó para la extracción del componente activo de la semilla *Passiflora edulis*, usando el cloruro de sodio y el alcohol etílico que son de fácil acceso, para el proceso de

deslipidificación que es un proceso sencillo al igual que la extracción del coagulante; es importante mencionar que el uso de disoluciones salinas fue de suma importancia ya que pudo haber influido en la conductividad eléctrica, pero al realizar los análisis y cálculos, las concentraciones eran mínimas y no varían en la calidad del agua. En la investigación de Tello (2017), se realizó el estudio de las semillas passiflora (granadilla, maracuyá y taxo), donde en su muestra de agua residual doméstica tuvieron una turbidez inicial de 177,69 NTU, donde obtuvieron porcentajes de remoción altos que supera el 80%, resultados que se asemejan a la investigación realizada ya que se obtuvo más 80% de remoción utilizando la semilla de maracuyá como coagulante natural.

El proyecto investigativo realizado pudo verificar la gran ventaja que representa la utilización de semillas *Passiflora edulis* en el mejoramiento de características físicas y química, ya que es un producto cien por cien natural y por ende no causa ningún perjuicio o efecto nocivo a la salud y además permitirá obtener resultados prácticamente inmediatos, lo cual hace que esta propuesta puede ser utilizada en el mejoramiento de calidad de agua y de vida de habitantes del sector rural de nuestro país.

4.2 Conclusiones

El coagulante extraído de la semilla maracuyá *Passiflora edulis* remueve la turbidez del agua con diferentes condiciones que influyen en los resultados, el resultado más eficaz ha sido en la muestra con turbidez de 230 NTU , cuyas condiciones fueron de 15 ml de coagulante extraído de la semilla de maracuyá *Passiflora edulis* y el tamaño de semilla gruesa, dando resultados favorables en la reducción del parámetro de turbidez; concluyendo que sí se acepta la hipótesis general puesto que si existe remoción de este parámetro.

Es importante mencionar que no ha existido alguna variación en el pH de las muestras de agua, volviendo así más eficaz el uso de este coagulante natural. Así mismo, la utilización de este extracto de semilla como coagulante, puede utilizarse como una alternativa de solución sostenible, ya que al ser un producto netamente natural no tiene algún efecto nocivo hacia la salud y así se podría obtener mejor calidad de agua, se eligió 2 cantidades distintas de dosis del coagulante 5 ml y 15 ml, ya que en muchos casos existe un punto de quiebre, pero en esta investigación se obtuvo mejores resultados de disminución de turbidez con 15ml de coagulante para un nivel de turbidez de 230 NTU y en el caso de 85 NTU se obtuvo mejor resultados con 5 ml de coagulante. Como conclusión también tenemos que al tener un valor de turbidez alto se puede usar mayor dosis de coagulante para poder obtener mayor remoción y en el caso de menor valor de turbidez podemos decir también que la dosis del coagulante es menor.

CAPITULO V. RECOMENDACIONES

- La obtención de este coagulante es de fácil acceso, sin embargo, al querer darle un uso más grande, puede ocurrir el aumento de costos, por ello es importante los estudios de gran escala para analizar si es viable o no y de esta forma poder mejorar la calidad del agua.
- Se recomienda realizar una caracterización física química de la semilla *Passiflora edulis* para poder identificar los componentes que permiten la reducción de turbidez, así mismo profundizar el estudio, analizando otros parámetros físicos y químicos, para así seguir dándole un valor agregado a un residuo.

CAPITULO VI. REFERENCIAS

- Abdullah , A.-M., & Ahmac, T. (2016). White popinac as potential phyto-coagulant to reduce. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences* .
- Aldana Rivera, E. A. (2012). *Uso del extracto de la semilla de moinga oleiferaa como coagulante natural primario y ayudante de coagulación enel tratamiento de agua para consumo humano*. Universidad Nacional de Ingenieria, Lima.
- Alvarado Sosa , J. L., & Sandoval Estrella , J. D. (2018). *Obtencion de aceite comestible a partir de la semilla comestible*. Universidad de Guayaquil .
- Arboleda Valencia, J. (1992). Teoria de la coagulacion . En *Teoria y practica de la purificacion*. Colombia.
- Arenas Diaz, E. M. (2019). *Efecto de la remoción de turbidez del aceite de las semillas de Moringa oleifera en el tratamiento de aguas por coagulación - floculación*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- Banchon , C., Baquerizo, R., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). Coagulacion natural para la descontaminacion de efluentes industriales. *Enfoque UTE*.
- Bravo Gallardo, M. A. (2017). *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reduccion de turbidez, solidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales*. Universidad distrital Francisco Josè de Caldas, Bogota.
- Carrasquero , S. J., Montiel, S., Faria, E. D., Ferrer Parra, P. M., Marin Leal, J. C., & Diaz Montiel, A. R. (2017). Efectividad de los coagulantes obtenidos de residuos de papa (Sonalum

- tuberosum) y platano (*Musa paradisiaca*) en la clarificación de aguas. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*.
- Choque Quispe, D., Choque Quispe, Y., Solano Reynoso, A., & Ramos Pachco, B. (2017). *Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua*. Universidad Nacional José María Arguedas, Apurímac.
- Choque Quispe, D., Choque Quispe, Y., Solano Reynoso, A., & Ramos Pachco, B. (2017). *Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua*. Universidad Nacional José María Arguedas, Apurímac.
- Contreras Lozano, K. P., Mendoza Jairo, Y. A., Salcedo Mendoza, G., Olivero Verbel, R., & Mendoza Ortega, G. P. (Junio de 2015). El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. *Producción mas limpia*, 10(1), 40 - 50.
- Cueva Clemente, H. J. (2014). *Diseño de experimentos en el remoción de metales pesados en aguas residuales de la industria minera por procesos de coagulación con sulfato ferroso*. Lima.
- Dange, P., & Lad, R. (2016). Vascular Bundle of Wasted Leaf Stalk of coconut tree as a natural coagulant to treat sewage water. *Indian Journal of Science and Technology*.
- de Souza Fermimo, L., de Castro Silva, A., Matos Silva, P. K., Candido de Azevedo, R. E., Ueda Yamaguchi, N., & Ribeiro, R. M. (2017). Water treatment with conventional and alternative coagulants. *Chemical engineering transactions*.
- García Fayos, B., Arnal Arnal, J. M., & Sancho Fernández, M. (2007). Uso de coagulantes naturales para la potabilización del agua en vías de desarrollo. En *Experiencias de investigación para el desarrollo humano*. Universitat politècnica de València.

Gerencia Regional Agraria La Libertad . (2010). *Cultivo de Maracuya*.

Guananga Pujos, A. C. (2013). *Optimización de la planta de tratamientos de agua potable del Canton Cevallos*. Escuela superior politecnica de chimborazo, Riobamba - Ecuador.

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.

Infantes Garcia, M. R. (2014). *Evaluación del tratamiento enzimático para la extracción mecánica del aceite vegetal de las semillas de maracuya*. Universidad Nacional Agraria la Molina , Lima.

Instituto nacional de estadística e informática. (2019). *Estadísticas ambientales*. Tecnico.

Instituto nacional de estadísticas e informáticas. (2018). *Estadísticas Ambientales*.

Lopez Perez, M. (2018). *Evaluación del uso de la cactacea Opuntia ficus como coagulante natural para el tratamiento de aguas*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.

maracuya, O. d. (s.f.).

Martínez Morris, U. G., Marquina Gelvez, C., Carrasquero Ferrer, S., Martínez Soto, M., Rodríguez Monroy, C., & Morris Dias, A. (2015). *El extracto de semillas de mango(mangifera indica L) como coagulante natural en la potabilización de aguas*. Universidad del Zulia , Venezuela.

Olivero Verbel , R., Flores Vergara , A., Vega Fellizola, L., & Villegas de aguas, G. (Julio de 2017). Evaluación de una mezcla para coagulantesm Opuntia ficus y Moringa Oleífera en clarificación de aguas. *Lasallista*, 71-79.

Ramírez, H., & Jaramillo, J. (2014). *Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos*. Universidad corporativa de Colombia , Colombia, Bogotá.

- Rengifo Romero, A. M., & Gamarra Oliveira, G. E. (2018). *Estudio de un acuífera y la calidad de agua potable en el centro poblado nuevo Milagro- km 21.2, carretera Iquitos -Nauta*. Universidad Científica del Perú , San Juan Bautista - Maynas - Loreto.
- Rivera Ñacari, A. C. (2017). *Uso de la Moringa oleifera y carbon activado para el mejoramiento de la calidad del agua residual del lavado vehicular en el distrito de San Martín de Porres - Lima*. Universidad Cesar Vallejo , Lima.
- Rodiño Arguello, J. P., Feria Diaz, J. J., Paternina Uribe, R. d., & Marrugo Negrete, J. L. (2015). *Sinu river raw water treatment by natural coagulants*. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*.
- Salaverry Vera, R. S. (2016). *Efecto del coagulante obtenido de maíz amarillo en la disminución de turbidez del agua en la bocatoma de Paijan , septiembre 2016*. Universidad Cesar Vallejo 7, Trujillo.
- Salud, O. P. (2005). *GUÍA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL*. Lima.
- Sandoval Arreola, M. M., & Laines Canepa , J. R. (2013). *Moringa oleifera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales*. *Ingeniería, 17(2)*, 93 - 111.
- Silva Casas, M. N. (2017). *Extracción del mucilago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación- floculación de aguas turbias*. Universidad Mayor de San Marcos , Lima.
- Sotheeswaran, S., Nand, V., Matakite, M., & Kanayathu, K. (2011). *Moringa oleifera and other local seed in water purification in developing countries* . *Res. J. Chem Environm.*

- Torres Castañón, L. A., De la Peña Arellano, L. A., Gallegos Infante, J. A., Rodríguez Rosales, D. J., & Hernández Rodarte, F. S. (2017). Evaluación experimental del poder coagulante de extractos naturales empleados en la clarificación de aguas. *Memorias del XXXVIII Encuentro nacional de la AMIDIQ*.
- Vásquez Gonzáles, L. (2013). Remoción de turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas (Eritrina americana, Quercus ilex, Acacia farnesiana, Viscum album y Senna Candolleana. *Naturaleza y desarrollo*, 11, 6.
- Vásquez Gonzáles, L. (2013). Remoción de turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas (Eritrina americana, Quercus ilex, Acacia farnesiana, Viscum album y Senna Candolleana. *Naturaleza y desarrollo*, 11, 6.
- Villabona Ortiz, Á., Paz Astudillo, I., & Martínez García, J. (Julio de 2013). Caracterización de la Opuntia ficus-indica para su uso como coagulante general. *Colombia Biotecnología*, XV(1), 137 - 144.

CAPÍTULO VII. ANEXO

Anexo 1: Semillas preparadas para la deslipidificación



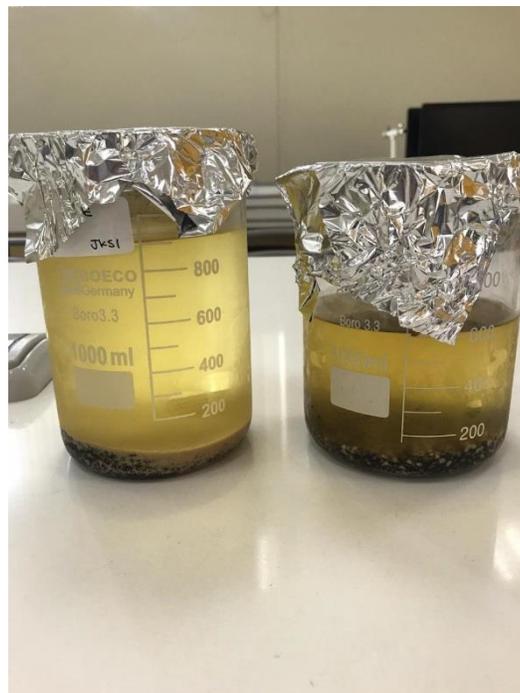
Anexo 2: Pesaje de semillas



Anexo 3: Alcohol utilizado para la deslipidificación



Anexo 4: Separación de las partículas de las semillas



Anexo 5: Residuos de filtración del proceso de deslipidificación



Anexo 6: Coagulante obtenido de la semilla



Anexo 7: Turbidímetro Hach 2100Q



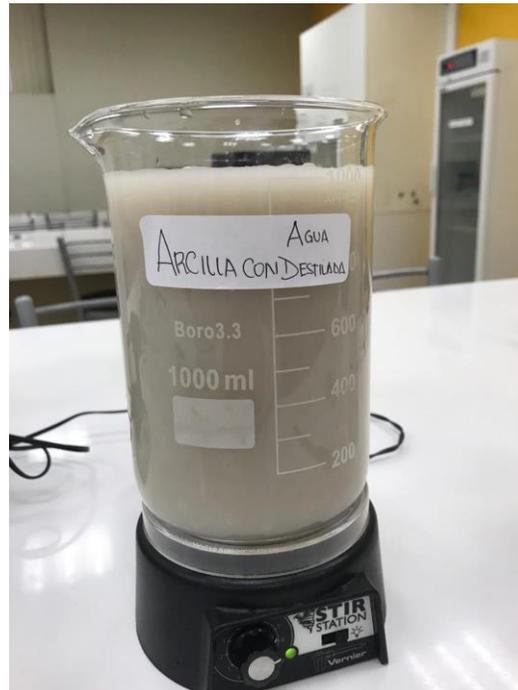
Anexo 8: Multiparámetro portátil HQ30d usado en los análisis de agua



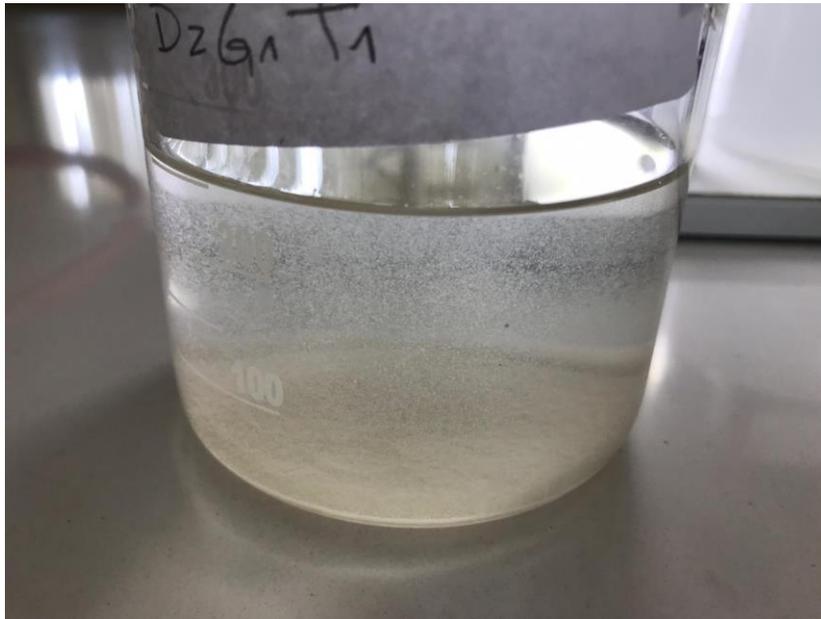
Anexo 9: Test de jarras, simulación del proceso de coagulación



Anexo 10: Agitación de la arcilla con el agua destilada



Anexo 11: Muestra de agua antes de tratamiento



Anexo 12: Muestra de agua después de tratamiento



Anexo 13: Matriz de consistencia

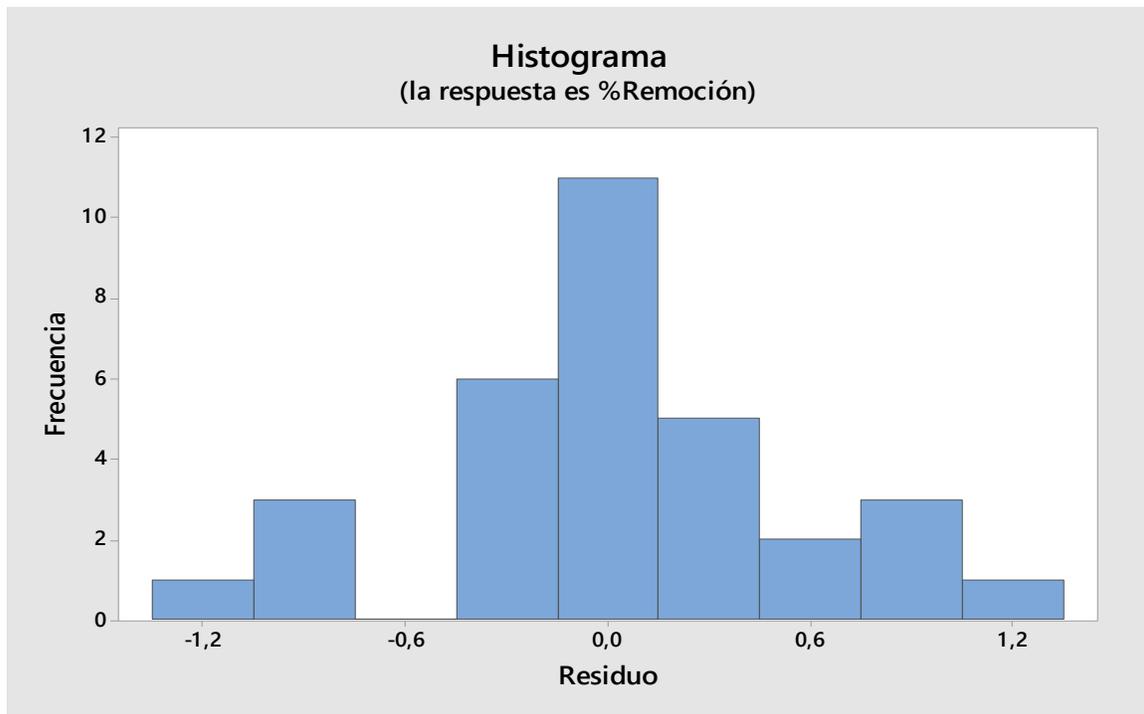
Título: Evaluación del coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> en la remoción de turbidez de una solución modelo.							
Autor: Sifuentes Iparraguirre, Jazmin Karina.							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores				
<p>Problema General: ¿Cuál es la evaluación del coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> en la remoción de turbidez de una solución modelo?</p> <p>Problemas Específicos: ¿Existe relación entre los niveles de turbidez y la remoción de turbidez utilizando el</p>	<p>Objetivo general: Evaluar el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> para la remoción de turbidez de una solución modelo.</p> <p>Objetivos específicos: Evaluar la relación de los niveles de turbidez con la remoción de turbidez</p>	<p>Hipótesis general: Existe remoción de turbidez utilizando el coagulante obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> de una solución modelo.</p> <p>Hipótesis específicas: Existe relación entre los niveles de turbidez y la remoción de turbidez utilizando</p>	Variable 1: Remoción de turbidez de una solución modelo				
			Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de medición	Niveles o rangos
			Niveles de turbidez	NTU	-	-	85 NTU 230 NTU
			Variable 2: Coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i>				
			Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de valores	Niveles o rangos
			- Dosificación	Mililitros (mL)	-	-	5 ml 15 ml

<p>coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> de una solución modelo ?</p> <p>¿Existe relación entre la dosificación y la remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> de una solución modelo?</p> <p>¿Existe relación entre la granulometría de la semilla y la remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> de una solución modelo?</p>	<p>utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> de una solución modelo.</p> <p>Evaluar la relación de la dosificación con la remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> de una solución modelo.</p> <p>Evaluar la relación de la granulometría de la semilla con la remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> de una solución modelo,</p>	<p>el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> de una solución modelo.</p> <p>Existe relación entre la dosificación y la remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> de una solución modelo.</p> <p>Existe relación entre la granulometría de la semilla y la remoción de turbidez utilizando el coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá <i>Passiflora edulis</i> de una solución modelo.</p>	<p>- Granulometría de la semilla</p>	<p>Mm</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>Fina(1.25mm) Gruesa(2mm)</p>
---	--	--	--------------------------------------	------------------	----------	----------	--

Anexo 14: Resultados del experimento del Test de Jarras

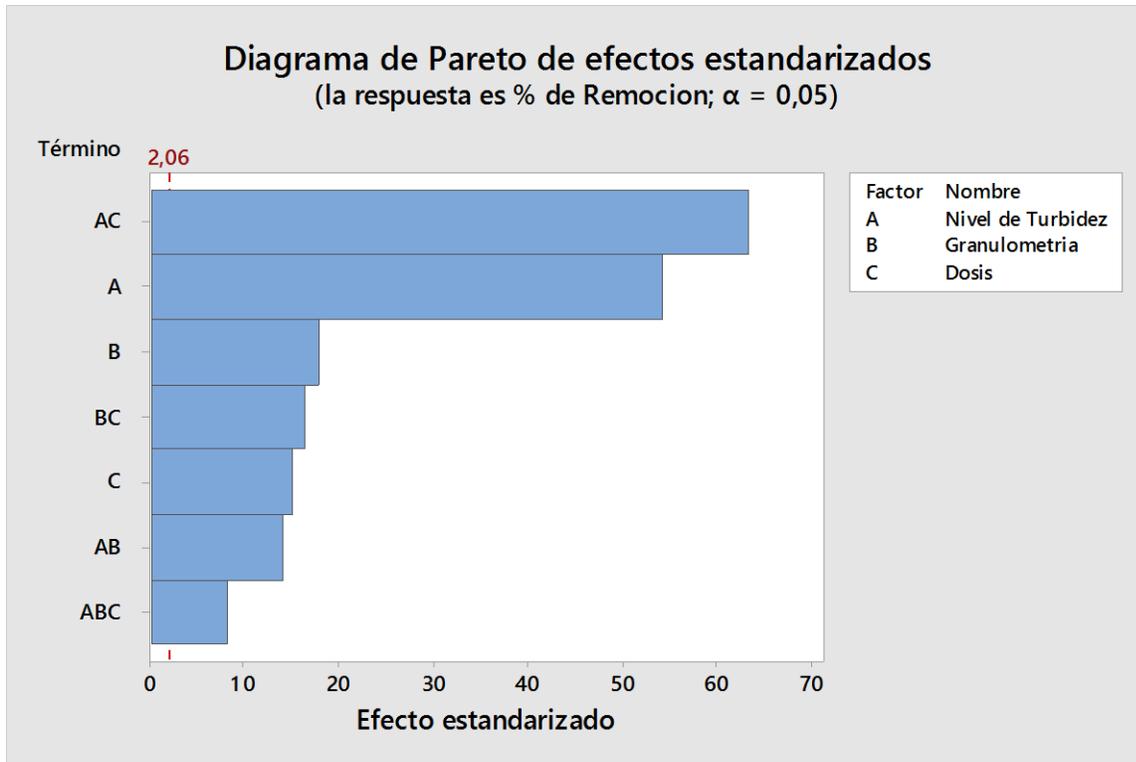
N°	x_1	x_2	x_3	1ra Repetición		2da Repetición		3ra Repetición		4ta Repetición	
				T(f) NTU	Remoción (%)						
1	85 NTU	Fina	5 ml	26,5	68,82	27,3	67,88	27,8	67,29	26,3	69,06
2	230 NTU	Fina	5 ml	80,92	64,82	81,52	64,56	80,1	65,17	80,4	65,04
3	85 NTU	Gruesa	5 ml	26,75	68,53	28,8	66,12	27,16	68,05	28,63	66,32
4	230 NTU	Gruesa	5 ml	76,86	66,58	77,43	66,33	77,05	66,50	76,25	66,85
5	85 NTU	Fina	15 ml	43,6	48,71	42,9	49,53	43,7	48,59	43,3	49,06
6	230 NTU	Fina	15 ml	69,35	69,85	68,6	70,17	68,05	70,41	68,1	70,39
7	85 NTU	Gruesa	15 ml	40,3	52,59	41	51,76	41,9	50,71	41,2	51,53
8	230 NTU	Gruesa	15 ml	40,08	82,57	40	82,61	39,1	83,00	40,08	82,57

Anexo 15: Histograma



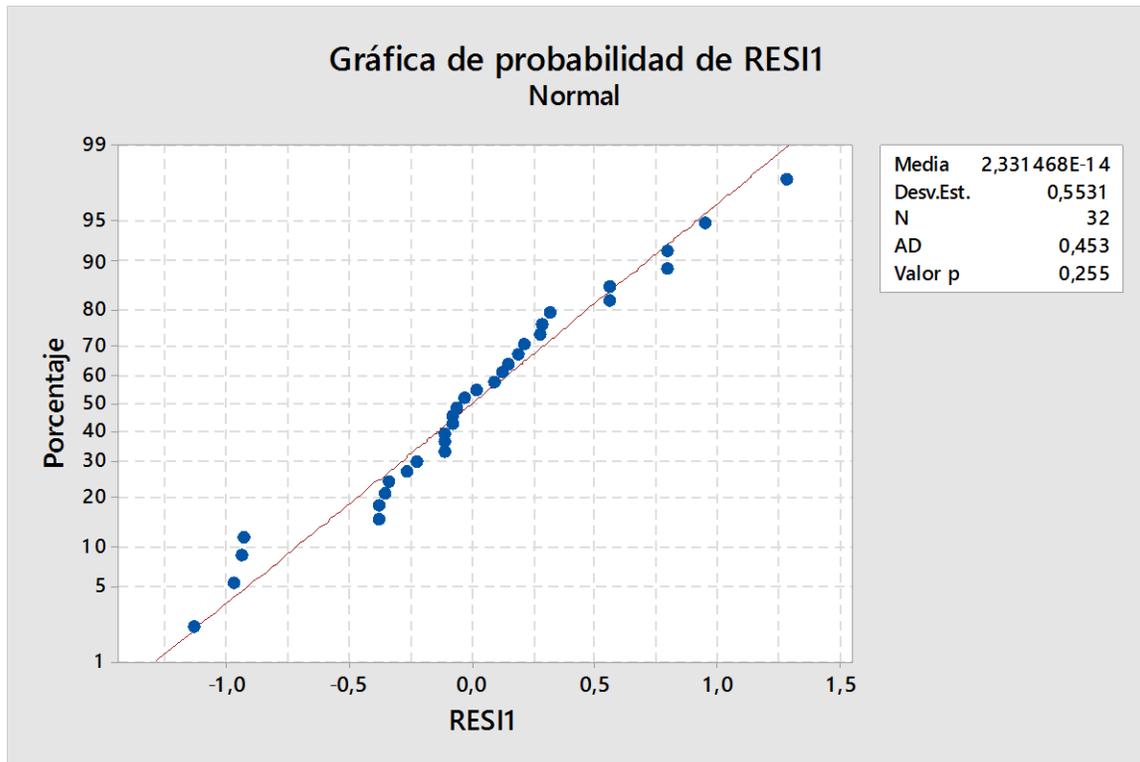
En el anexo 15 nos muestra que existe una gran concentración de residuos cercanos al valor de cero lo que nos hace pensar que se distribuyen como una normal, para evidenciar el supuesto de normalidad debemos corroborar usando el test de Anderson Darling.

Anexo 16: Diagrama de Pareto



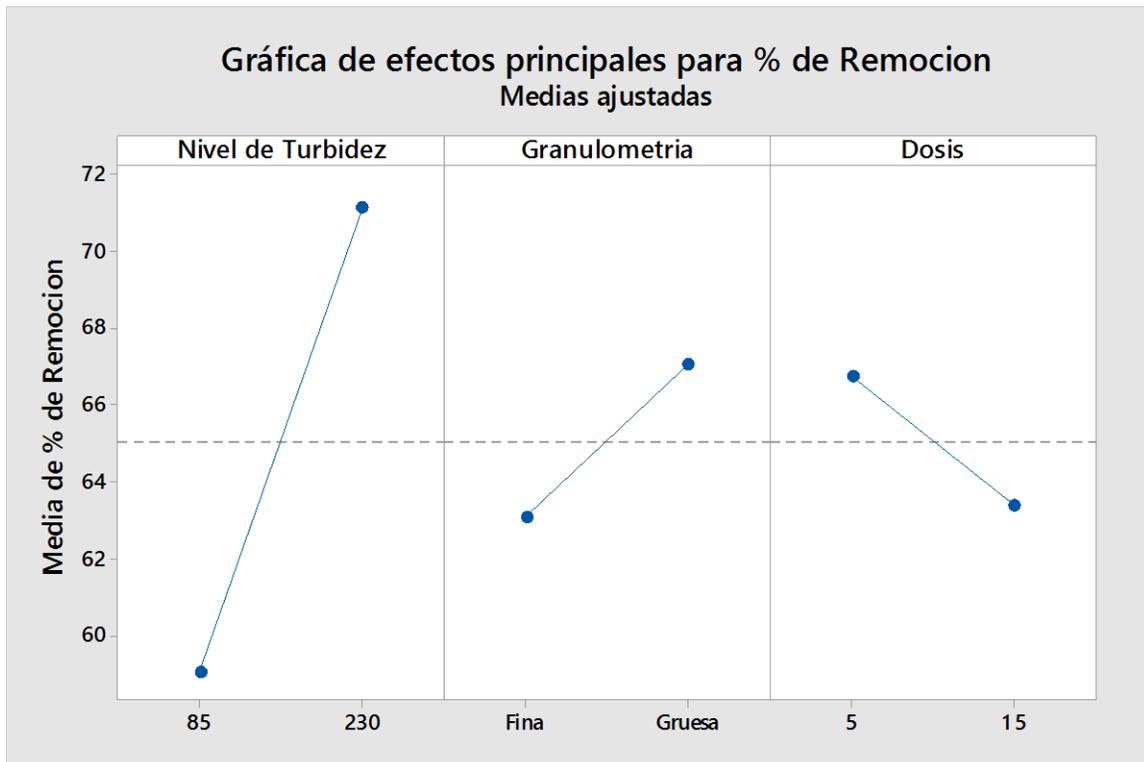
En el anexo 16, muestra el diagrama de Pareto donde evidencia que los efectos más significativos serán aquellos que superan el valor de 2.06, para el diseño experimental son el Factor A que es el nivel de turbidez, Factor B, la granulometría de la semilla y las interacciones entre los factores A con C y B con C.

Anexo 17: Prueba de Normalidad - Test de Anderson Darling



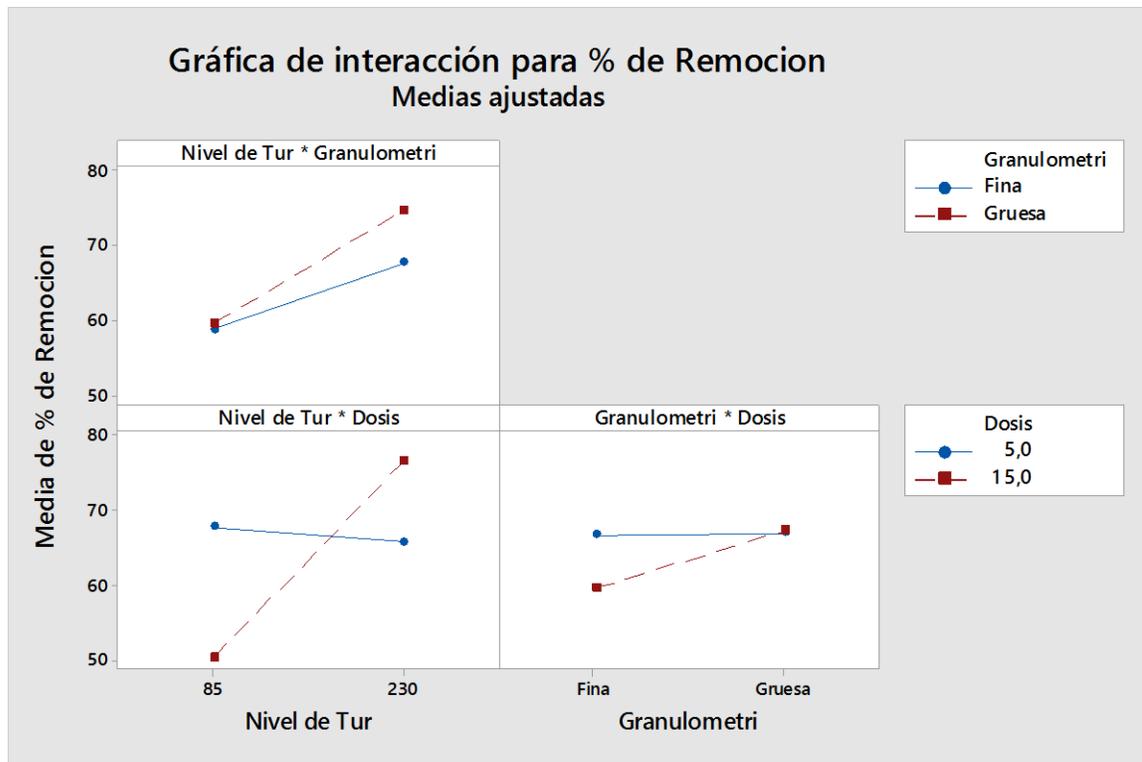
En el anexo 17, en la prueba de normalidad, demuestra que el valor P, es mayor al nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, quiere decir que los residuos siguen una distribución normal.

Anexo 18: Gráfica de Efectos principales para %Remoción



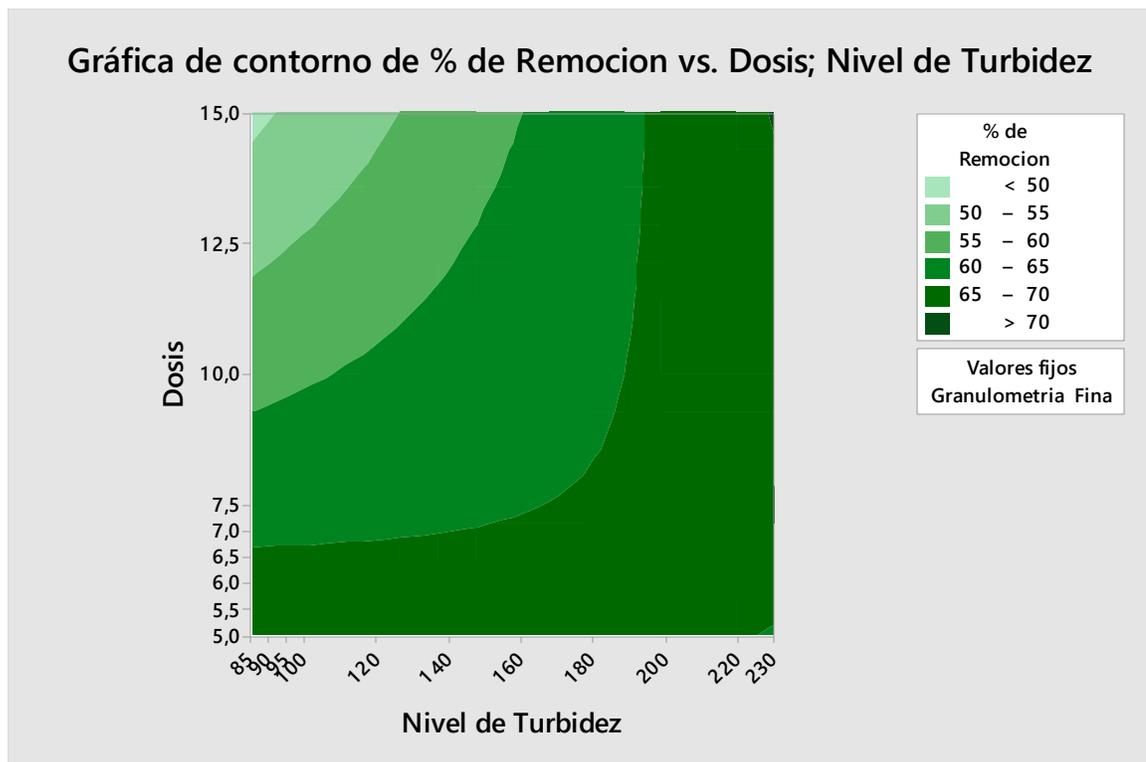
En el anexo 18, se puede observar que tanto el nivel de turbidez, el tipo de granulometría de semilla y la dosis del coagulante afectan el porcentaje de remoción, porque la línea no es horizontal. El nivel de turbidez de 230 NTU presenta un mayor porcentaje de remoción frente al de 85 NTU, lo mismo ocurre con el tipo de granulometría de la semilla siendo la granulometría gruesa mayor en el porcentaje de remoción frente a la semilla fina y por último la dosis de coagulante con 5 ml tuvo un mayor porcentaje de remoción que la dosis de coagulante con 15 ml.

Anexo 19: Gráfica de interacción de Variables para % de Remoción



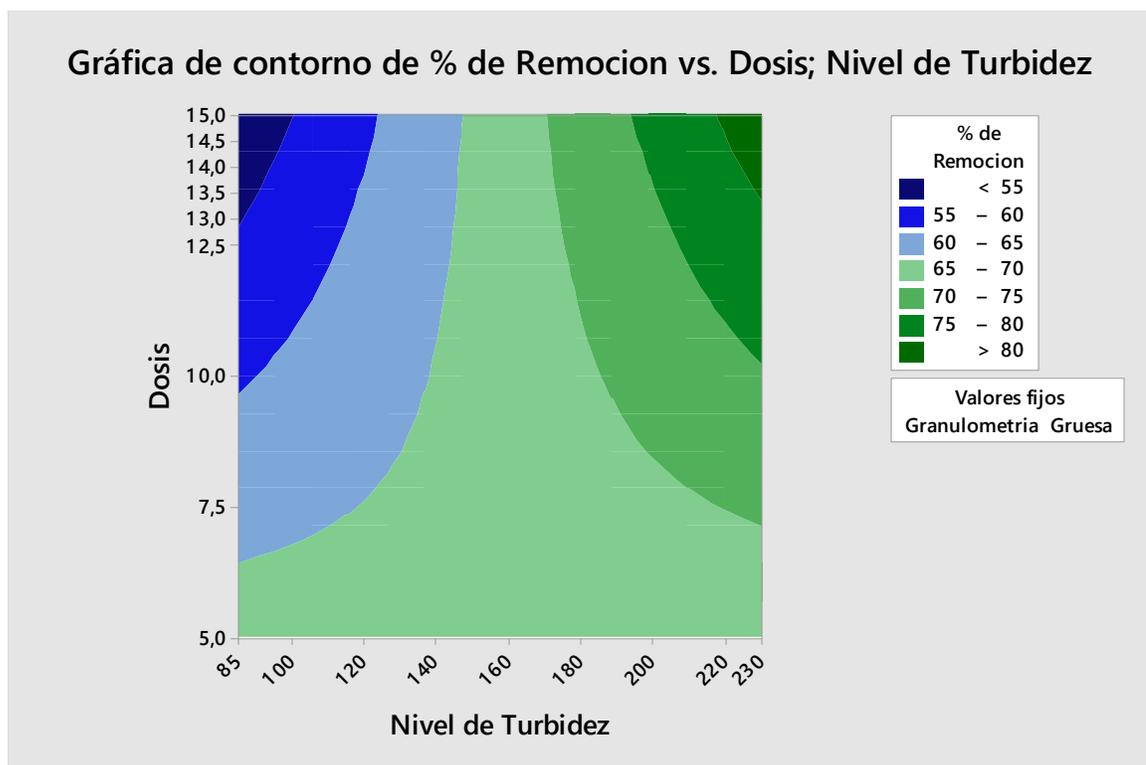
En el anexo 19, podemos observar que la interacción que es más significativas se da entre las variables nivel de turbidez con dosis de coagulante, así también tiene una pequeña interacción de variables entre granulometría de semilla con dosis de coagulante, ya que las líneas no son paralelas entre sí.

*Anexo 20: Gráfica de Contorno de porcentaje de Remoción vs Dosis, Nivel de Turbidez y
 Granulometría Fina*



En el anexo 20, muestra los valores más altos de remoción de turbidez con el valor fijo de granulometría fina según el grafico de contorno, se podría obtener con valores altos de turbidez desde 200 NTU a 230 NTU, con una dosis desde 5ml a 6,5ml , siendo así la parte derecha de color verde oscura que muestra mayor remoción .

*Anexo 21: Gráfica de contorno de porcentaje de Remoción vs Dosis, Nivel de Turbidez y
 Granulometría Gruesa*



En el anexo 21, los valores más altos de remoción de turbidez con los valores fijos de granulometría gruesa, se podría obtener con un nivel de turbidez de 200NTU y 230NTU, con una dosis de coagulante de 14, 14,5 y 15 ml, según muestra la gráfica de contorno, en la parte superior derecha.