

# FACULTAD DE INGENIERÍA

**Carrera de Ingeniería Ambiental**

**“Eficacia de *Cicer arietinum* en la reducción de turbidez en aguas superficiales del Río Chillón, 2024”**

**Tesis para optar al título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autores:**

Angela Guadalupe Palacios Farro  
Sandro Josue Mercado Gonzales

**Asesor:**

Dr. Haniel Solís Muñoz  
Código ORCID: 0000-0002-9482-9818

**Lima - Perú**

**2025**

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Wilberto Effio Quezada</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	<b>Irma Geralda Horna Hernandez</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	<b>Haniel Soliz Muñoz</b>
	Nombre y Apellidos

## Informe de Similitud



Página 2 of 65 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: 1:3284254491

### 19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




#### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado

#### Exclusiones

- N.º de fuente excluida

#### Fuentes principales

- 20%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Marcas de integridad

##### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Página 2 of 65 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: 1:3284254491

### **Dedicatoria**

Dedicamos este trabajo de investigación a todas las personas que han sido parte de nuestro viaje académico. A nuestros padres, por su amor incondicional y su apoyo constante; a todos nuestros docentes, por inspirarnos y guiarnos con sabiduría; y a todos nuestros amigos, por su aliento y compañía en cada paso. Este trabajo es el reflejo de su fe en nosotros y de las enseñanzas que hemos recibido a lo largo del camino. Gracias por ser nuestra motivación y fuerza.

## Agradecimiento

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que, de una u otra manera, han contribuido a la realización de este trabajo de investigación.

En primer lugar, a nuestros padres, cuya dedicación y amor incondicional han sido el pilar fundamental de nuestra vida. Su apoyo constante y su fe en nuestras capacidades nos han empujado a seguir adelante en los momentos más desafiantes.

A nuestros docentes, quienes han compartido sus conocimiento, sabiduría y pasión por la investigación. Su orientación y críticas constructivas han enriquecido enormemente este trabajo, desafiándonos a alcanzar estándares más altos.

A nuestros compañeros de estudio, por el compañerismo y las largas horas de trabajo en equipo. Cada conversación y discusión nos han permitido aprender unos de otros y superar obstáculos juntos.

Finalmente, agradezco a quienes, aunque no están físicamente con nosotros, siempre han estado en nuestra mente y corazón. Cada uno de ellos han dejado una huella en este proceso. Sin su apoyo, este logro no habría sido posible. ¡Gracias!

## Índice de contenido

JURADO EVALUADOR .....	2
Informe de Similitud.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento .....	5
Índice de contenido.....	6
Índice de Tablas.....	7
Índice de Figuras .....	8
Resumen .....	9
Palabras Claves.....	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	14
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	28
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	41
REFERENCIAS .....	46
ANEXOS .....	51
Anexo N° 1: Matriz de consistencia .....	51
Anexo N° 2: Matriz de operacionalización .....	52
Anexo N° 3: Formato de los Registros de datos en campo .....	53
Anexo N° 4: Formato de la Etiqueta para muestras de agua.....	54
Anexo N° 5: Formato de Cadena de custodia.....	55
Anexo N° 6: Formato de Ficha de identificación de punto de monitoreo.....	56
Anexo N° 7: Panel fotográfico.....	57

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Coordenadas de los puntos de monitoreo</i> .....	17
<b>Tabla 2</b> <i>Materiales de campo</i> .....	21
<b>Tabla 3</b> <i>Materiales, insumos y equipos de laboratorio</i> .....	21
<b>Tabla 4</b> <i>Variables de operación</i> .....	26
<b>Tabla 5</b> <i>Pruebas estadísticas realizadas</i> .....	27
<b>Tabla 6</b> <i>Características fisicoquímicas iniciales del agua superficial del Río Chillón</i>	28
<b>Tabla 7</b> <i>Porcentaje de remoción de turbidez con los parámetros de operación</i> .....	30
<b>Tabla 8</b> <i>Resultados de la prueba de T-student</i> .....	33
<b>Tabla 9</b> <i>Resultado de análisis de varianza</i> .....	35

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Estaciones de monitoreo de agua superficial de la cuenca baja del Río Chillón</i> .....	16
<b>Figura 2</b> <i>Flujograma del procedimiento general</i> .....	19
<b>Figura 3</b> <i>Flujograma del pre - campo</i> .....	20
<b>Figura 4</b> <i>Flujograma de la toma de muestra</i> .....	24
<b>Figura 5</b> <i>Flujograma del post - campo</i> .....	25
<b>Figura 6</b> <i>Porcentaje de remoción de turbidez para los diferentes tratamientos</i> .....	30
<b>Figura 7</b> <i>Resultados de la prueba de normalidad</i> .....	31
<b>Figura 8</b> <i>Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas</i> .....	32
<b>Figura 9</b> <i>Diagrama de residuos para porcentaje de remoción de turbidez</i> .....	36
<b>Figura 10</b> <i>Diagrama de Pareto</i> .....	37
<b>Figura 11</b> <i>Gráfica de efectos principales</i> .....	38
<b>Figura 12</b> <i>Diagrama de interacción</i> .....	39
<b>Figura 13</b> <i>Diagrama de contorno</i> .....	40

## Resumen

La calidad del agua de los ríos varía debido a los diferentes contaminantes vertidos en ellos, lo que resulta en niveles elevados de turbidez, esto, a su vez, ejerce presión en la calidad del agua destinada a diferentes usos. Actualmente existen distintos métodos para el tratamiento de aguas, pero muchos de ellos son perjudiciales para el ambiente. El método más utilizado para el tratamiento de aguas es el proceso de coagulación y floculación. En el presente trabajo de investigación se estudió la eficiencia de *Cicer arietinum* en la reducción de turbidez de las aguas superficiales a diferentes dosis de coagulante. Para el estudio se utilizó diferentes dosis de *Cicer arietinum* (900, 1800, 2700 y 3600 mg/L) a distinto pH (5.75 y 7.86 unidades de pH). Los resultados muestran que a un pH de 7.86 con una dosis de 1800 mg/L a 200 RPM con una agitación constante de 5 minutos se alcanza un porcentaje de remoción de 94.70 %. Por lo tanto, se logró evaluar la eficacia de *Cicer arietinum* en la reducción de turbidez en aguas superficiales del Río Chillón, 2024. Asimismo, este tratamiento representa una tecnología eco amigable y eficaz para la remoción de turbidez del agua.

## Palabras Claves

Coagulante, *Cicer arietinum*, turbidez, aguas superficiales.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo, el agua es considerado un recurso muy valioso, poco valorado y más presente en los seres vivos; este recurso hídrico forma parte importante en la conservación de los ecosistemas, además de ello, garantiza la vida de todas las especies animales y vegetales en nuestro planeta (Fundación AQUAE, 2021). La calidad del agua de los ríos varía debido a los diferentes contaminantes vertidos en ellos, lo que resulta en niveles elevados de turbidez, esto, a su vez, ejerce presión en la calidad del agua destinada a diferentes usos (Mahamba & Palamuleni, 2024). Actualmente, existen infinitudes de métodos para el tratamiento de aguas, sin embargo, muchos de ellos son dañinos para el ambiente (Kemal Husen, Bidira, Mekonin Desta, & Asaithambi, 2024). El método más popular para el tratamiento de aguas es el proceso de coagulación y floculación, elegido por muchas personas por su eficiencia energética, fiabilidad, accesibilidad y simplicidad (Haritha, Greeshma, Anila, & Geethu, 2024). En los últimos años, ha ido aumentando el interés por el uso de coagulantes naturales, los beneficios de emplear coagulantes naturales en el tratamiento del agua son su costo reducido, capacidad de descomposición biológica, generación de menos lodo en comparación con los coagulantes químicos y fácil accesibilidad (Diver, Nhapi, & Rutendo Ruziwa, 2023).

Dadebo et al. (2022), utilizaron polvo de *Cicer arietinum* como coagulante natural logrando una disminución de turbidez de hasta el 88.35% con una dosis óptima de 2260 mg/L de coagulante en polvo a 170 RPM durante 5 minutos a un pH de 4. Del mismo modo, Jaramillo & Epalza (2019) determinaron el porcentaje de remoción de turbidez utilizando como coagulante natural polvo de *Cicer arietinum*, obteniendo un porcentaje de remoción de 98 con una dosis de 90 mg/L a 150 RPM durante 2 minutos. Choong Lek et al. (2018) analizaron el “garbanzo” (*Cicer arietinum*) en polvo como coagulante natural

para disminuir la turbidez en aguas, logrando disminuir un 86% a una dosis óptima de 2600 mg/L a 140 RPM durante 2 minutos con un pH de 6.69. Asimismo, Rosmawanie et al. (2018) determinaron porcentajes de remoción de turbidez con polvo de *Cicer arietinum* a un pH de 8 entre 50 y 30 RPM durante 5 minutos con una dosis óptima de 180 mg/L, logrando una reducción de turbidez en un 81 %, demostrándose que el polvo de “garbanzo” puede utilizarse de forma alternativa para reemplazar coagulantes químicos.

La coagulación es un proceso donde el coagulante desestabiliza la carga electrostática del coloide mediante una fuerza de agitación que contribuye a la agrupación de coloides, formando flóculos y obteniendo su precipitación (Pérez de la Cruz & Urrea Mallebrera, 2011). La floculación es el proceso que continúa después de haber finalizado la coagulación y se basa en la agitación con la finalidad de que los flóculos se aglomeren, aumenten su tamaño (su peso) y se puedan sedimentar fácilmente (Andía Cárdenas, 2000). Por otro lado, la turbidez mide el nivel de opacidad generado por las partículas en suspensión medido en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) (California Water Boards, 2024). Del mismo modo, la conductividad eléctrica es considerada una medida indirecta de la cantidad de sales disueltas en el agua la cual se encarga de medir la capacidad que tiene el agua para transportar la corriente eléctrica (California Water Boards, 2024). El pH es la medida de la concentración de iones de hidrógeno, que indica el nivel de acidez o alcalinidad que posee un agua (California Water Boards, 2024). Para finalizar, la prueba de jarras es la forma más común de calcular la dosis de químicos y otros parámetros, tiene por objetivo replicar los procesos de coagulación, floculación y sedimentación en un laboratorio real, la esencia de esta prueba radica en utilizar cierta

cantidad de jarras al mismo tiempo con la opción de poder variar la velocidad de agitación (revoluciones por minuto) (Lorenzo-Acosta, 2006).

El “garbanzo” (*Cicer arietinum*) forma parte de la familia Leguminosae, se trata de una planta de ciclo anual, con raíces profundas, vello y tallos ramificados, que puede llegar a medir hasta 0.60 metros de altura (Jaramillo Peralta, 2017). Asimismo, en el contenido nutricional de *Cicer arietinum* en 100 g. encontramos 13 g. de humedad, 19.6 g. de proteínas, 5.5 g. de lípidos, 59.1 g. de carbohidratos totales, 150 mg. de calcio, 300 mg de fósforo, 6.40 mg. de hierro, 756.2 mg de potasio y 30.2 mg. de sodio, por lo que, al poseer un elevado contenido de proteínas y cantidades importantes de calcio, fósforo, potasio y sodio, pueden interactuar y favorecer un proceso de coagulación más eficiente y al mismo tiempo, amigable con el ambiente; de igual manera, este coagulante tiene una gran relevancia para las comunidades, dado que no se dispone de mucha literatura que indique que este producto ha sido utilizado en el tratamiento del agua como una solución innovadora, lo que permitiría ofrecer agua de calidad a muchas poblaciones (Jaramillo Peralta, 2017).

Sin embargo, actualmente hay poca información disponible sobre estudios que hayan utilizado semillas en polvo de “garbanzo” (*Cicer arietinum*) como coagulante natural para disminuir la turbidez en aguas superficiales, motivo por el cual surge la necesidad de evaluar su eficacia. Del mismo modo, esta investigación generará reflexión, interés y discusión de las autoridades locales, empresarios y de los especialistas en la elección de estas tecnologías apropiadas para disminuir la turbidez en aguas superficiales. Asimismo, con la finalidad de disminuir la turbidez, podría ser implementado en alguna planta de tratamiento de aguas reemplazando los coagulantes inorgánicos utilizados

actualmente por este coagulante natural (*Cicer arietinum*) que posee un bajo costo en el mercado y es una alternativa viable, siendo igual o hasta mejor en eficiencia que los coagulantes inorgánicos y no afecta al ambiente ni a la salud de las personas. Por último, este trabajo permitió aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Ambiental y sentar las bases para otros estudios que surjan partiendo de la problemática descrita, además contribuyó en investigar técnicas que incluyan uso de otros coagulantes naturales que sean efectivos en la disminución de turbidez y menos perjudiciales para el ambiente, salud y que se encuentran al alcance de las personas, ya que resultan bastante viable y sostenible en el tiempo.

La pregunta de investigación fue ¿Cuál es la eficacia de *Cicer arietinum* como coagulante natural en la reducción de turbidez de las aguas superficiales del Río Chillón, 2024?, por lo mencionado anteriormente, el objetivo principal de este estudio fue evaluar la eficacia de *Cicer arietinum* en la reducción de turbidez en aguas superficiales del Río Chillón, 2024. Específicamente, se buscó analizar las características fisicoquímicas de las aguas pre y post tratamiento con el *Cicer arietinum* en polvo, preparar las concentraciones matrices con *Cicer arietinum* para el tratamiento, determinar las diluciones óptimas de este coagulante natural y finalmente, obtener estadísticamente, de manera significativa, la eficacia de las diluciones del coagulante natural utilizado. La hipótesis de trabajo consiste en que, el uso de *Cicer arietinum* como coagulante natural reduce significativamente la turbidez de las aguas superficiales del Río Chillón, 2024.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### Tipo de estudio

Se considera que la presente investigación es de enfoque cuantitativo, debido a que se realizó la recolección de datos experimentales de los tratamientos con el coagulante natural *Cicer arietinum* en muestras de agua superficial correspondientes a la cuenca baja del Río Chillón. Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, Baptista Lucio, Méndez Valencia, & Mendoza Torres, 2014), el enfoque cuantitativo tiene como objetivo principal demostrar en qué medida el conocimiento se ajusta a la realidad, es por lo que, luego de la revisión bibliográfica se demostró que tan eficiente es el coagulante natural en polvo empleado (*Cicer arietinum*) en agua superficial correspondientes a la cuenca baja del Río Chillón.

Además, se considera que es de tipo aplicada, ya que según (Tamayo, 2003), menciona que es necesario verificar la parte teórica con los resultados obtenidos en campo, tal es el caso de *Cicer arietinum* utilizado a diferentes concentraciones y su eficacia en la reducción de turbidez en la muestra de agua superficial correspondiente a la cuenca baja del Río Chillón, ya que diferentes bibliografías mencionan que este coagulante natural es una alternativa viable en la remoción de turbidez, además de ello, de bajo costo y no contaminan el ambiente.

Del mismo modo, tiene un diseño experimental, (Hernández Sampieri, Fernández Collado, Baptista Lucio, Méndez Valencia, & Mendoza Torres, 2014) menciona que el diseño experimental intenta descubrir las posibles consecuencias de una causa manipulada, en otras palabras, se busca experimentar con diferentes concentraciones del

coagulante natural (*Cicer arietinum*) y ver sus efectos en la muestra de agua superficial correspondiente a la cuenca baja del Río Chillón.

Asimismo, tiene un diseño transversal, (Hernández Sampieri, Fernández Collado, Baptista Lucio, Méndez Valencia, & Mendoza Torres, 2014) menciona que el diseño recoge datos en un periodo de tiempo específico, por lo que analizamos los parámetros (pH, conductividad eléctrica y turbidez) de una toma de muestra simple simultánea en un tiempo establecido. Además, es de nivel relacional, (Kerlinger, 2002) debido a que identifica las conexiones entre variables y determina si existen diferencias significativas en un contexto específico, por lo que se utilizó diferentes pruebas estadísticas para determinar la relación entre las variables estudiadas.

### **Población, muestra y muestreo**

Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, Baptista Lucio, Méndez Valencia, & Mendoza Torres, 2014) la muestra es un grupo que se encuentra dentro de la población, es por lo que se considera como población a la corriente de agua de la cuenca baja del Río Chillón y como muestra 12 litros de agua superficial, las cuales corresponden 6 litros de agua en botellas de polietileno (1 litro) por punto de monitoreo, las cuales fueron recolectadas en el mes de diciembre del año 2024.

En la **Figura 1** se observan los puntos de monitoreo de donde se obtuvieron las muestras de agua.

## Figura 1

*Estaciones de monitoreo de agua superficial de la cuenca baja del Río Chillón*



*Nota: RChill 01 y RChill 02 corresponden a puntos de monitoreo tomado de forma referencial del monitoreo participativo del ANA (Autoridad Nacional del Agua). Obtenido de Google Earth Pro.*

Según lo descrito en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (PNMCRHS) (aprobado según Resolución Jefatural N°010-2016-ANA), una muestra integrada está compuesta por varias muestras simples tomadas de forma simultánea y tiene como objetivo dar a conocer las condiciones de calidad del agua promedio de un sector o zona, es por ello que, con la finalidad de evaluar una sola muestra de agua, se realizó una homogenización de ambos puntos de monitoreo seleccionados obteniendo una muestra representativa de la cuenca baja del Río Chillón.

En la **Tabla 1** se muestran las coordenadas de los 02 puntos de muestreo simples.

**Tabla 1***Coordenadas de los puntos de monitoreo*

Puntos de Monitoreo	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18S	
	Este (m)	Norte (m)
RChill 01	267 561	8 679 331
RChill 02	268 301	8 679 368

*Nota: Obtenido a partir de Google Earth Pro*

### **Técnicas e instrumentos**

Según Arias (2010) nos dice que la observación es una técnica que se basa en visualizar de forma ordenada los hechos, fenómenos o situaciones que ocurren de forma natural o en la sociedad en función a objetivos de investigación predeterminados. Según lo mencionado anteriormente, la presente investigación se identifica por usar la observación como técnica de recolección de datos ya que permite analizar una determinada situación en un determinado momento como lo es el realizar la toma de muestra y la obtención de resultados en laboratorio, el primero debido a que se tiene que realizar un reconocimiento de la zona antes de tomar la muestra con la finalidad de evaluar la seguridad del equipo y, el segundo, ya que se tienen que observar los datos que arrojan los análisis realizados a la muestra de agua pre y post tratamiento.

Según Arias (2010) nos dice que los instrumentos son considerados importantes en la recolección de datos o información ya que permiten recopilar información relevante sobre un suceso. Al respecto, la presente investigación tiene como instrumentos los siguientes:

- Cadenas de custodia

La cadena de custodia permitió tener un registro de información importante al momento de realizar la toma de muestra en el punto de monitoreo, tales como su código,

las coordenadas exactas del punto, fecha y hora en la cual fue tomada la muestra, con la finalidad de garantizar la autenticidad de la muestra. En el Anexo 5 se muestra el formato de cadena de custodia.

- Registro de identificación del punto de monitoreo

Según lo descrito en el PNMCRHS (aprobado según Resolución Jefatural N°010-2016-ANA), es de suma importancia realizar un registro *in situ* al momento de identificar un punto de monitoreo. En el Anexo 6 se muestra el formato del Registro de Identificación del Punto de Monitoreo.

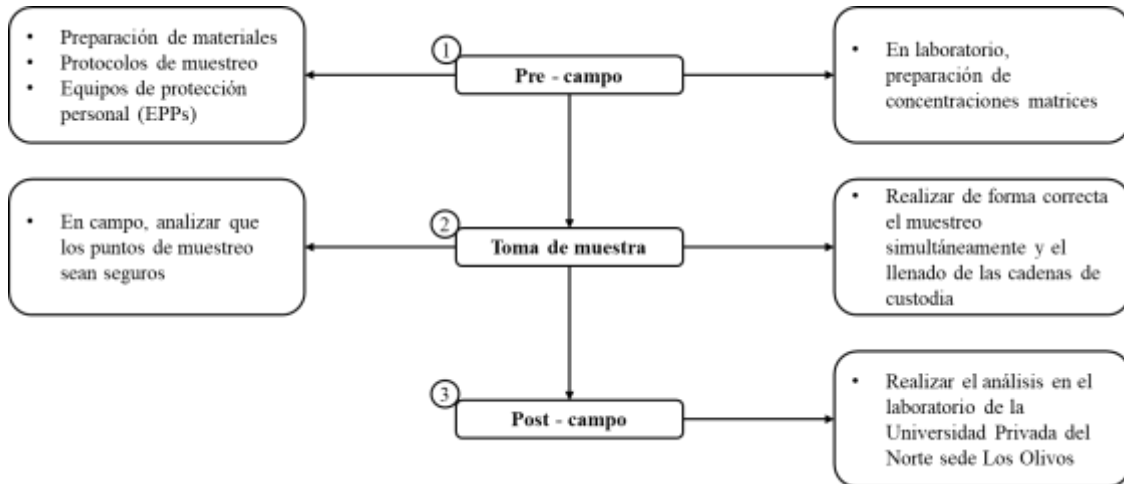
### **Recolección de datos**

Según Hernández Sampieri et al. (2014), la recolección de datos en una investigación significa recopilar información relevante y necesaria para responder a las preguntas de investigación o para alcanzar los objetivos del estudio, asimismo, es un paso fundamental en el proceso de investigación por lo que la calidad y confiabilidad de los datos obtenidos influyen directamente en la validez de los resultados.

En la **Figura 2** se observa el flujograma del procedimiento general, el cual consiste en 03 etapas. La primera etapa denominada “pre – campo”, en la cual se realizó la preparación de materiales y equipos de protección personal (EPPs), se revisó los protocolos de muestreo y en laboratorio se preparó las concentraciones matrices. La segunda etapa denominada “toma de muestra”, donde una vez ubicado los puntos de monitoreo en campo, se analizó que sean seguros, luego se realizó de forma correcta el muestreo simple simultáneo y finalmente se llenó correctamente las cadenas de custodia. La tercera etapa denominada “post – campo” donde se realizó el análisis de las muestras recolectadas en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la sede Los Olivos.

**Figura 2**

*Flujograma del procedimiento general*



*Nota: Se muestra el procedimiento general de la investigación que consiste en tres etapas: pre – campo, la toma de muestra y el post – campo.*

En la **Figura 3** se observa el flujograma del procedimiento del pre – campo. Inicialmente se realizó la compra del coagulante natural en polvo. Seguidamente, en gabinete se utilizó la ecuación de unidades de concentración física (**Ecuación 1**) con la finalidad de establecer la concentración matriz para el coagulante natural a emplear.

$$\text{Concentración (ppm)} = \text{Masa (mg/L)} / \text{Volumen (L)} \quad (1)$$

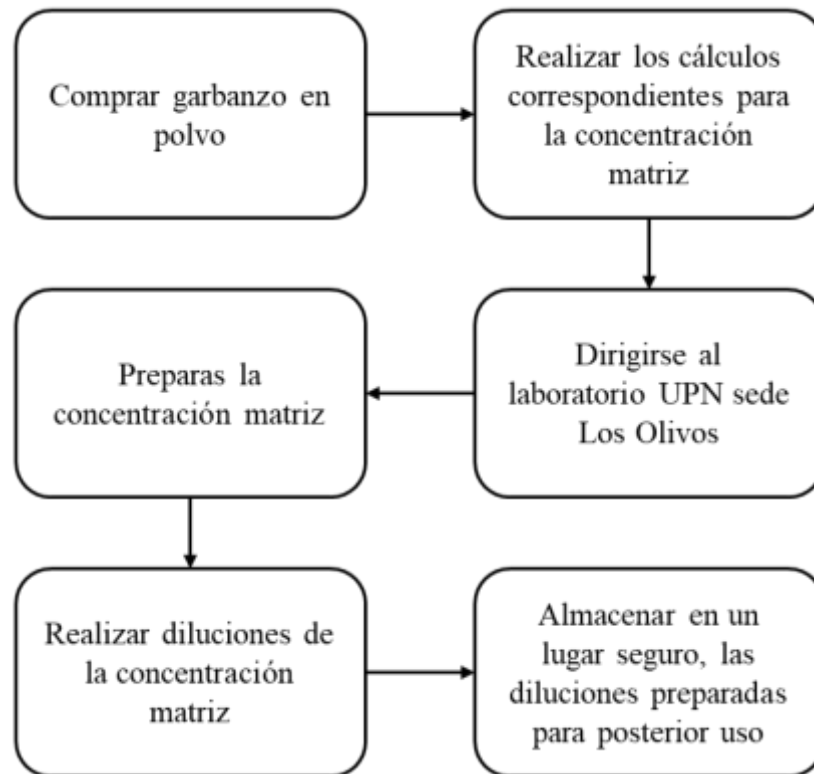
Una vez establecidas la concentración matriz, se utilizó la ecuación de dilución general (**Ecuación 2**) con la finalidad de realizar 04 diluciones.

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \quad (2)$$

Una vez realizados estos cálculos, se trasladó al laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la sede Los Olivos para preparar la concentración matriz y sus respectivas diluciones. Finalmente se almacenan en un lugar seguro, dentro del laboratorio, para ser utilizados posteriormente.

**Figura 3**

*Flujograma del pre - campo*



*Nota: Se muestra el procedimiento del pre – campo.*

Del mismo modo, se realizó la lista de materiales que se utilizarían en la toma de muestra y en el post monitoreo (análisis en laboratorio). A continuación, se observa la **Tabla 2** donde se muestran los materiales de campo que se utilizarán en la etapa de monitoreo y la **Tabla 3** que muestra los materiales, insumos y equipos de laboratorios que serán utilizados en la etapa post monitoreo.

**Tabla 2**

*Materiales de campo*

Cantidad	Materiales
2	App Cámara fotográfica
2	App Google Earth (GPS)
2	Pares de botas de jebe
2	Pares de guantes de nitrilo
2	Jarras de plástico de 1 L graduada
2	Baldes de plástico de 20L
12	Botellas de polietileno esterilizadas de 1L
2	Cooler
6	Ice packs
12	Rótulos
2	Plumón indeleble
2	Cinta de embalaje
2	Chaleco de ingeniería
2	Casco
2	Cadenas de custodias

*Nota: Materiales utilizados en la etapa de Toma de muestra*

**Tabla 3**

*Materiales, insumos y equipos de laboratorio*

Und.	Materiales	Und.	Insumos	Und.	Equipos
2	Varillas de agitación de vidrio	1	Sachet de <i>Cicer arietinum</i> en polvo	1	Turbidímetro
2	Fiola de 500 mL	1	poliacrilamida catiónica	1	Medidor multiparámetro (pH y C.E.)
2	Pipetas			1	Balanza digital
2	Cuchara de metal pequeño			2	Floculador para prueba de jarras
16	Vasos precipitados de 500 mL				
2	Vasos precipitados de 1L				
2	Probetas de 500 mL				
2	Lunas de reloj				
2	Pisetas con agua destilada				

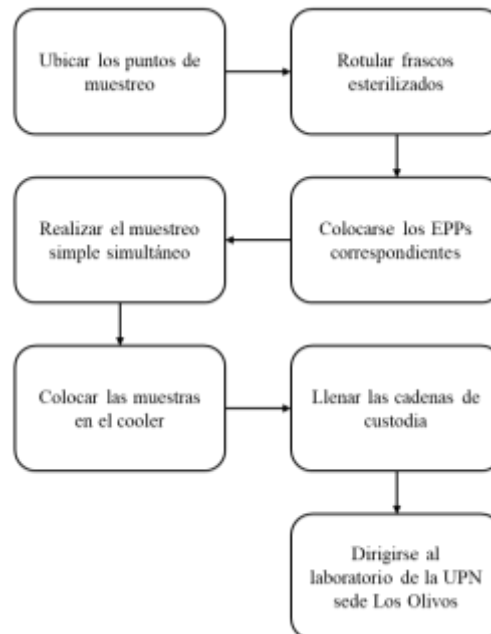
*Nota: Materiales, insumos y equipos utilizados en la etapa de Post - campo*

En la

**Figura 4** se observa el flujograma del procedimiento de la toma de muestra de agua superficial correspondientes a 02 puntos de monitoreo ubicados a lo largo de la cuenca baja del Río Chillón, para lo cual se tomó en cuenta el PNMCRHS (ANA, 2016). Una vez llegado al punto de monitoreo, se realizó el reconocimiento del entorno, con la ayuda de la App Google Earth se ubicaron las coordenadas previamente identificadas en gabinete, luego se procedió a realizar el rotulado y el etiquetado de las botellas de polietileno esterilizadas. Antes de realizar la toma de muestra, se procede a colocarse los EPPs necesarios (botas de jebes, chaleco de la carrera, guantes de nitrilo y el casco de seguridad), luego de ello, se continuó ubicándose en medio del cauce del río y se realizó tres enjuagues del balde de plástico de 20 L., se llenó el balde hasta las tres cuartas partes de su capacidad. Una vez recolectada la muestra, se procedió a colocarse a buen recaudo y, con la ayuda de la jarra de plástico de 2 L se procede a realizar el llenado de las botellas de polietileno que fueron rotuladas anteriormente. Finalmente se almacenan las muestras en el cooler con el ice pack y se llena la cadena de custodia respectiva. Es importante resaltar que según el PNMCRHS (ANA, 2016) para asegurar la conservación y preservación de las muestras, los parámetros a analizar tienen como tiempo máximo de almacenamiento un periodo de 24 horas.

**Figura 4**

*Flujograma de la toma de muestra*



*Nota: Se muestra el procedimiento de la Toma de muestra.*

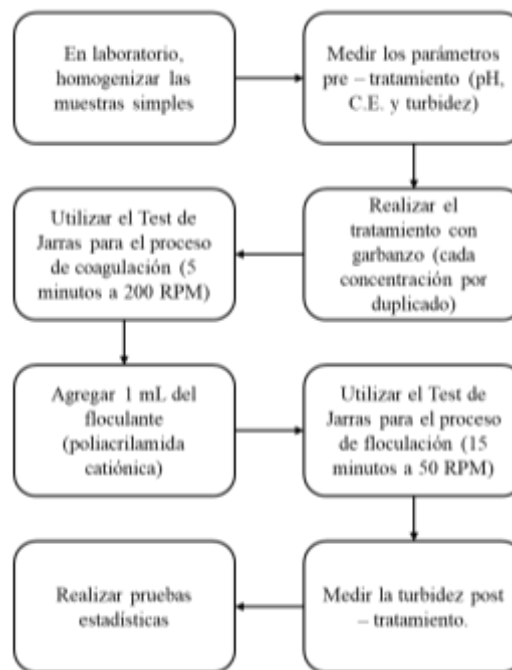
En la **Figura 5** se observa el flujograma del procedimiento del post – campo. En esta etapa, ya nos encontramos en las instalaciones del Laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Los Olivos. Inicialmente, se realizó la homogenización de las muestras simples colectadas, ya que se está trabajando con una muestra integrada, para continuar con el proceso de filtrado de la muestra compuesta, luego se procede a medir los parámetros de pH, conductividad eléctrica y turbidez, con la finalidad de evaluar las características fisicoquímicas de las aguas superficial del Río Chillón antes del tratamiento con el coagulante natural.

Luego de haber colocado las muestras de agua con las cuatro diferentes concentraciones y sus duplicados se continuó con la prueba de Jarras para el proceso de coagulación (5 minutos a 200 RPM), luego se aplicó el floculante (1 mL) y seguidamente

se realizó el proceso de floculación (15 minutos a 50 RPM), luego se dejó sedimentar por 30 minutos. Posteriormente, se mide la turbidez en las cuatro concentraciones y sus duplicados. Finalmente, se realizan los análisis estadísticos correspondientes.

**Figura 5**

*Flujograma del post - campo*



*Nota: Se muestra el procedimiento del post – campo.*

En la **Tabla 4**, se muestran las variables independientes y las variables constantes utilizadas en el tratamiento de aguas superficiales del Río Chillón.

**Tabla 4**

*Variables de operación*

<b>Variables Independientes</b>	
Dosis mg/L ( $x_1$ )	900 - 1800 - 2700 - 3600
pH ( $x_2$ )	5.75 – 7.86
<b>Variables constantes</b>	
Tiempo de coagulación	5 min
Velocidad de coagulación	200 RPM
Dosis de floculante	1 mL
Tiempo de floculación	15 min
Velocidad de floculación	50 RPM
Tiempo de sedimentación	30 min

*Nota: Información empleada para el coagulante natural Cicer arietinum.*

En el presente trabajo de investigación, se utilizó 04 tratamientos debido a que se utilizaron cuatro tipos de dosis coagulantes para el *Cicer arietinum*. Del mismo modo se realizó dos repeticiones por tratamiento utilizado, por lo que se tiene:

$$\# \text{ total de tratamientos} = \# \text{ tratamientos} * \text{repeticiones} \quad (3)$$

De la **Ecuación 3** se tiene que, para el *Cicer arietinum* el número total de tratamientos es 8, además al tener dos variables independientes, este resultado final se multiplicaría por dos. Por lo que, de forma general, se utilizaron 16 tratamientos totales.

### **Análisis de datos**

Los datos obtenidos pre y post tratamiento con el coagulante natural *Cicer arietinum* fueron analizados estadísticamente mediante la estadística descriptiva ya que nos permite analizar e interpretar valores numéricos. Se realizaron las siguientes pruebas estadísticas:

**Tabla 5**

*Pruebas estadísticas realizadas*

Prueba estadística	Finalidad
T de Student	Determinar si los tratamientos son significativamente diferentes
Prueba de normalidad	Determinar si el conjunto de datos se distribuye de forma normal
Post Hoc de Tukey	Analizar los tratamientos realizados con los coagulantes naturales
Prueba de Varianza (ANOVA)	Identificar la relación existente entre los promedios de los resultados obtenidos
Prueba de Levene	Determinar homogeneidad de la varianza de las variables

*Nota: Se visualiza las pruebas estadísticas aplicadas a los resultados pre y post tratamiento con el coagulante natural *Cicer arietinum*.*

### **Aspectos éticos**

La investigación tuvo consideraciones éticas como el principio de respeto al ecosistema, ya que, su concepto incluye a todos los seres vivos como las especies vegetales, animales y microorganismos, los cuales se deben de respetar para que todo esté en equilibrio, también el principio de justicia ecológica, el cual propone un manejo equitativo de todos los recursos, garantizando una buena calidad de vida, finalmente, el principio de transparencia y manejo adecuado de información, ya que los registros obtenidos de los resultados que arrojaron los equipos de laboratorio fueron los verídicos y no fueron alterados ni modificados por los integrantes de este trabajo de investigación (Osorio Hoyos, 2000). Además de ello, para la redacción de este trabajo se utilizó de forma correcta la norma APA 7.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

#### Resultados descriptivos

El desarrollo experimental de la reducción de turbidez en aguas superficiales del Río Chillón mediante el tratamiento con *Cicer arietinum* se realizó con los parámetros de operación “dosis de coagulante” y “pH”.

En la caracterización del agua superficial del Río Chillón (cuenca baja), se recolectó dos muestras simples (06 litros cada una) constituyendo una muestra compuesta de 12 litros. Luego se realizó la medición en laboratorio de algunos parámetros fisicoquímicos, dicha información se consignó en una hoja de registro de datos en Excel.

En la **Tabla 6** se muestran los resultados del análisis inicial de la muestra compuesta de la cuenca baja del Río Chillón.

**Tabla 6**

*Características fisicoquímicas iniciales del agua superficial del Río Chillón*

Parámetro	Unidad	Valor
Turbidez	NTU	105
pH	Unidades de pH	7.86
C.E.	uS/cm	938

*Nota: Se visualiza que el agua superficial de la cuenca baja del Río Chillón posee un carácter neutro.*

En la

**Tabla 7** se detallan los resultados de turbidez y su porcentaje de remoción después del tratamiento con el coagulante natural *Cicer arietinum* a los diferentes niveles de los parámetros de operación:

**Tabla 7**

*Porcentaje de remoción de turbidez con los parámetros de operación*

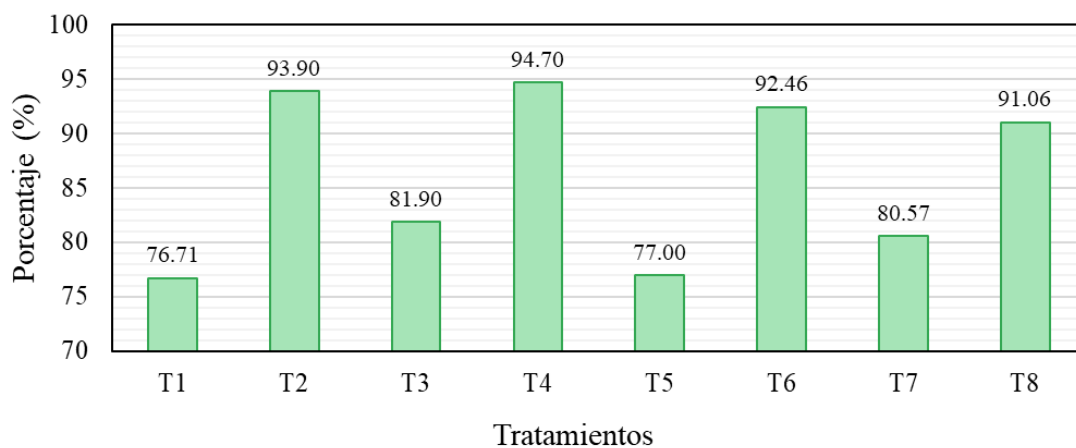
Tratamiento	Dosis en mg/L (X <sub>1</sub> )	pH (X <sub>2</sub> )	Turbidez en NTU (Y)			Remoción de turbidez en %
			1era repetición	2da repetición	Promedio	
T1	900	5.75	24.8	24.1	24.45	76.71
T2	900	7.86	6.52	6.28	6.4	93.90
T3	1800	5.75	19.4	18.6	19	81.90
T4	1800	7.86	5.72	5.42	5.57	94.70
T5	2700	5.75	23	25.3	24.15	77.00
T6	2700	7.86	6.94	8.89	7.915	92.46
T7	3600	5.75	20.4	20.4	20.4	80.57
T8	3600	7.86	9.72	9.06	9.39	91.06

*Nota: Se visualizan los porcentajes de remoción de turbidez con el coagulante natural *Cicer arietinum*.*

En la **Figura 6** se muestran los porcentajes de remoción de turbidez, se observan los mejores resultados en la remoción de turbidez a un pH de 7.86 en los tratamientos T2, T4, T6 y T8.

**Figura 6**

*Porcentaje de remoción de turbidez para los diferentes tratamientos*



*Nota: Se presenta gráficamente los porcentajes de remoción de turbidez con el coagulante natural *Cicer arietinum*.*

## Resultados inferenciales

### Prueba de normalidad

H<sub>0</sub>: Los datos tienen una distribución normal.

H<sub>1</sub>: Los datos no tienen una distribución normal.

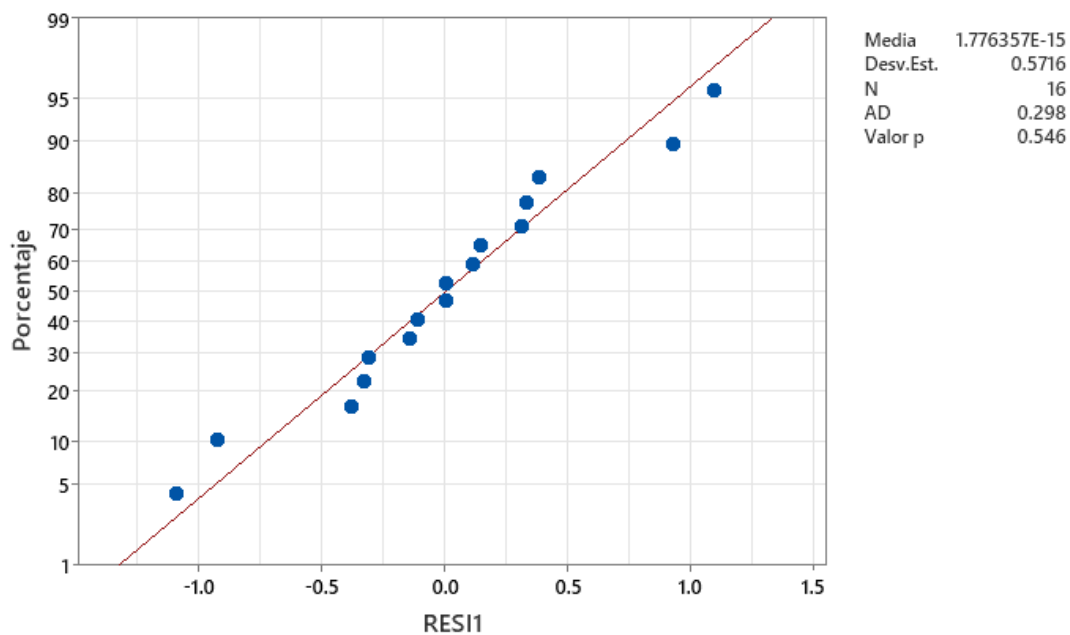
P-value = 0.546 > 0.05

Decisión: No se rechaza la H<sub>0</sub>.

Conclusión: Con una significancia del 5% se concluye que los datos tienen una distribución normal, tal y como se muestra en la **Figura 7**.

### Figura 7

*Resultados de la prueba de normalidad*



*Nota: El análisis estadístico para la prueba de normalidad se realizó con el programa Minitab 22.*

### Prueba de homogeneidad de varianzas

$H_0$ : Las varianzas son iguales.

$H_1$ : Al menos una varianza es diferente.

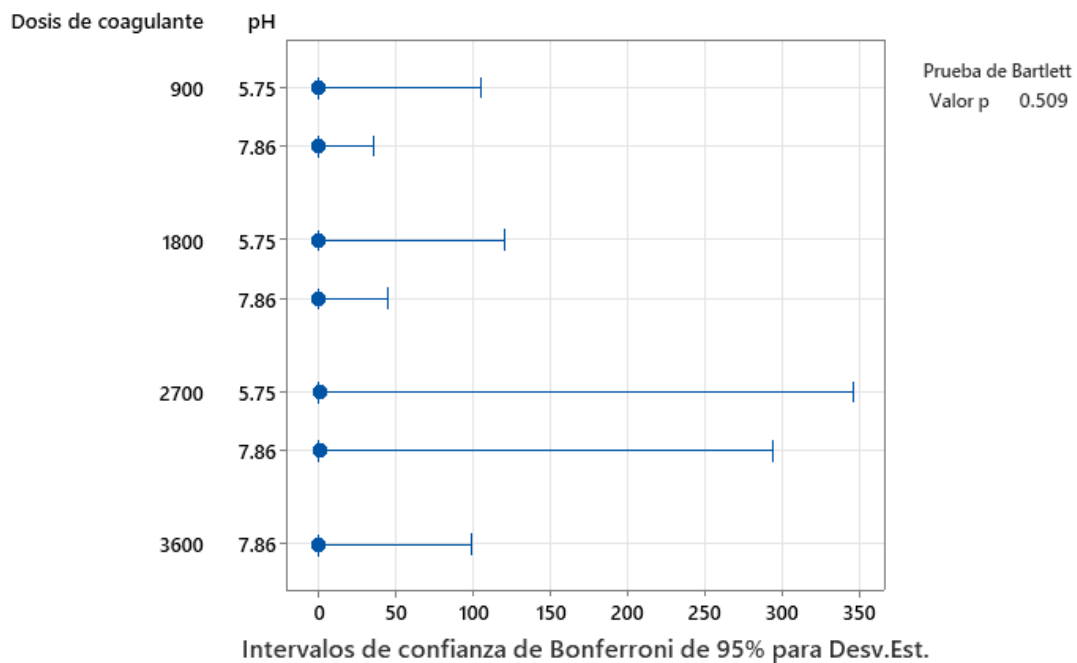
P-value = 0.509 > 0.05

Decisión: No se rechaza la  $H_0$

Conclusión: Con una significancia del 5% se concluye que las varianzas son iguales, tal y como se muestra en la **Figura 8**.

### Figura 8

*Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas*



*Nota: El análisis estadístico para la prueba de homogeneidad de varianzas se realizó con el programa Minitab 22.*

### Análisis de media de la eficacia de remoción de la turbidez

$H_0$ : La eficacia de remoción de turbidez en agua superficial de la cuenca baja del Río Chillón con el coagulante natural *Cicer arietinum* NO es mayor al 50%.

$H_1$ : La eficacia de remoción de turbidez en agua superficial de la cuenca baja del Río Chillón con el coagulante natural *Cicer arietinum* es mayor al 50%.

P-value = 0.000 < 0.05

Decisión: Se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_1$

Conclusión: Con una significancia del 5% se concluye que la eficacia de la remoción de turbidez en agua superficial de la cuenca baja del Río Chillón con el coagulante natural *Cicer arietinum* es mayor al 50%, tal y como se muestra en la **Tabla 8**.

**Tabla 8**

*Resultados de la prueba de T-student*

T de una muestra: Porcentaje de remoción de turbidez  
Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para $\mu$
16	86.04	7.5	1.87	82.75
$\mu$ : media de población de % Remoc. turbidez				
Prueba				
Hipótesis nula		$H_0: \mu = 0.5$		
Hipótesis alterna		$H_1: \mu \neq 0.5$		
Valor T			Valor p	
45.65			0.000	

Nota: El análisis estadístico para la prueba de T-student se realizó con el programa Minitab 22.

### **Análisis de varianza de los parámetros de operación**

a) Con la variable dosis de coagulante

H<sub>0</sub>: La dosis de coagulante no influye en la disminución de la turbidez.

H<sub>1</sub>: La dosis de coagulante influye en la disminución de la turbidez.

P-value = 0.001 < 0.05

Decisión: Se rechaza la H<sub>0</sub> y se acepta H<sub>1</sub>

Conclusión: Con una significancia del 5% se concluye que la dosis de coagulante influye en la disminución de la turbidez.

b) Con la variable pH

H<sub>0</sub>: El pH no influye en la disminución de la turbidez.

H<sub>1</sub>: El pH influye en la disminución de la turbidez.

P-value = 0.000 < 0.05

Decisión: Se rechaza la H<sub>0</sub> y se acepta la H<sub>1</sub>

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

c) Con la interacción entre las variables dosis y pH

H<sub>0</sub>: No existe interacción entre la dosis de coagulante y el pH que influye en la disminución de la turbidez.

H<sub>1</sub>: Existe interacción entre la dosis de coagulante y el pH que influye en la disminución de la turbidez.

P-value = 0.001 < 0.05

Decisión: Se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$

Conclusión: Con una significancia del 5% se concluye que hay interacción entre la dosis de coagulante y el pH que influye en la disminución de la turbidez.

En la **Tabla 9** se muestran los resultados del análisis de varianza para el diseño experimental (DOE)

**Tabla 9**

*Resultado de análisis de varianza*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	837.752	119.679	195.37	0
Lineal	4	811.624	202.906	331.24	0
Dosis de coagulante	3	29.623	9.874	16.12	0.001
pH	1	782.001	782.001	1276.59	0
Interacciones de 2 términos	3	26.128	8.709	14.22	0.001
Dosis de coagulante*pH	3	26.128	8.709	14.22	0.001
Error	8	4.901	0.613		
Total	15	842.653			

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.782667	99.42%	98.91%	97.67%

Nota: El análisis de varianza se realizó con el programa Minitab 22.

La variabilidad de la disminución de turbidez es explicada en un 98.91% por la dosis de coagulante y el pH y la interacción dosis de coagulante\*pH.

### Análisis de los Resultados: Residuales y efectos estandarizados

Normalidad: Los datos están relativamente cerca de la línea de distribución normal ajustada cuyo valor p (0.546) > 0.05. Por lo tanto, los datos siguen una distribución normal.

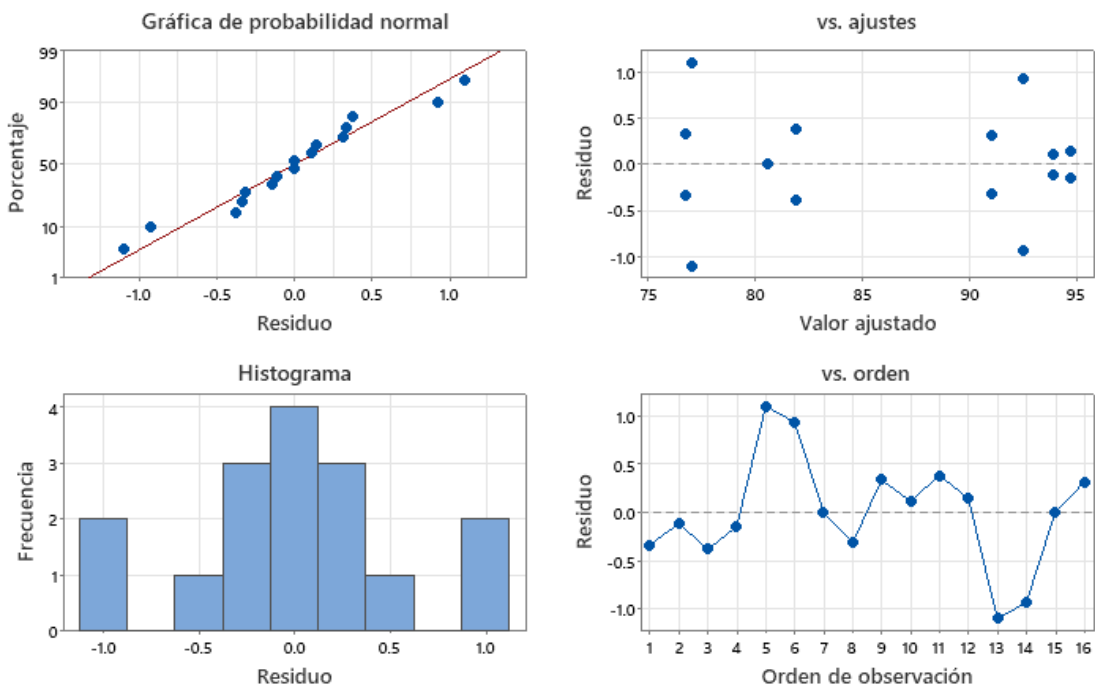
Varianza constante: Los residuos están distribuidos aleatoriamente y la varianza en los diferentes tratamientos son aproximadamente iguales.

Independencia: Los residuos son independientes ya que no muestran tendencias ni patrones cronológico.

Estas características descritas se representan en la **Figura 9**.

### Figura 9

Diagrama de residuos para porcentaje de remoción de turbidez



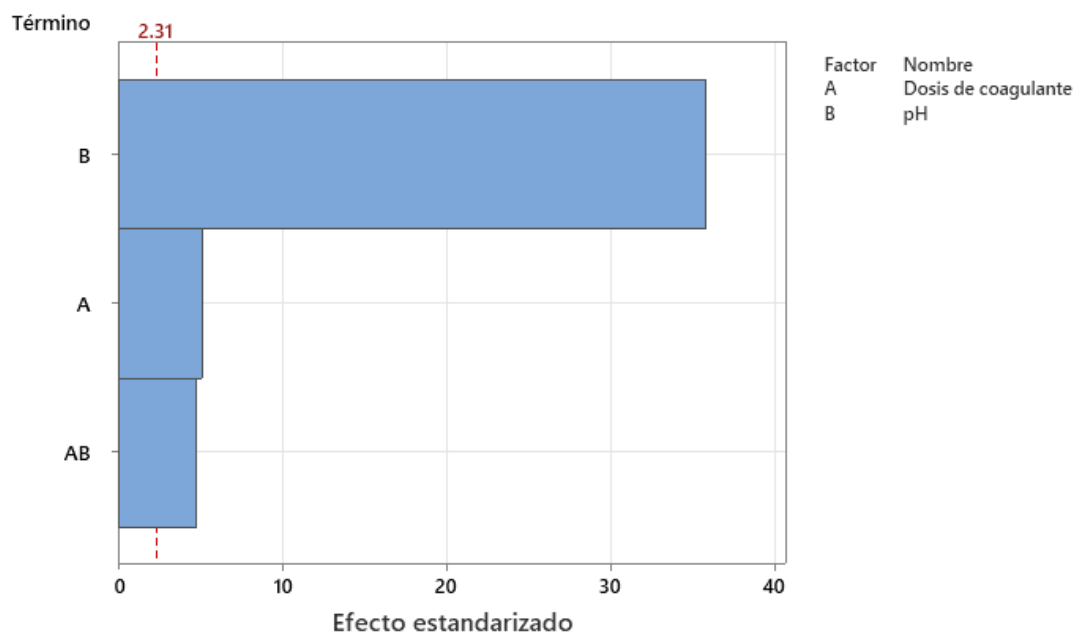
Nota: El diagrama de residuos para porcentaje de remoción de turbidez se realizó con el programa Minitab 22.

### Diagrama de Pareto

Los efectos de los parámetros de operación y su interacción en la variable respuesta se representan mediante barras horizontales, tal como se muestra a en la **Figura 10**.

**Figura 10**

*Diagrama de Pareto*



*Nota: El diagrama de Pareto se realizó con el programa Minitab 22.*

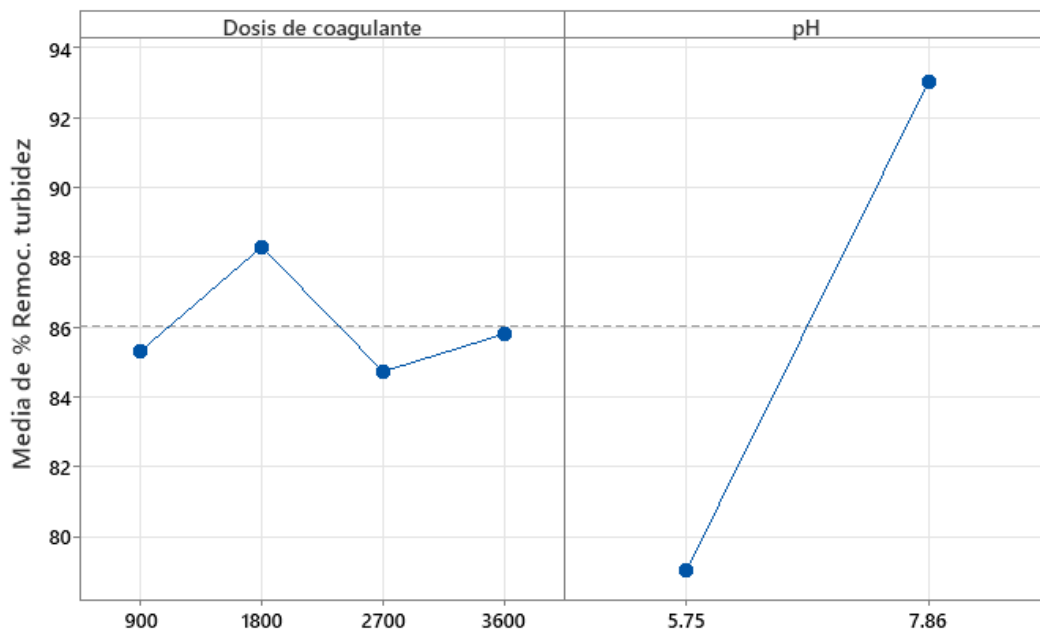
Interpretación: Se observa que la disminución de la remoción de turbidez está influenciada por la dosis de coagulante, pH y la interacción de ambos, es decir que estos factores son significativos y sus efectos estandarizados en valor absoluto son mayores al valor de  $\alpha/2$ , g.l. error = 2.31.

### Análisis de los resultados: efectos principales

En general, se tiene que la dosis de coagulante y el pH afectan en la disminución de la turbidez, ya que se observan pendientes pronunciadas de cada factor. En la **Figura 11** se observa que a mayores unidades de pH aumenta el porcentaje de remoción de turbidez, asimismo, se observa que empleando una dosis de coagulante de 1800 mg/L en mejor el porcentaje de remoción de turbidez en comparación con las demás dosis de coagulante.

**Figura 11**

*Gráfica de efectos principales*



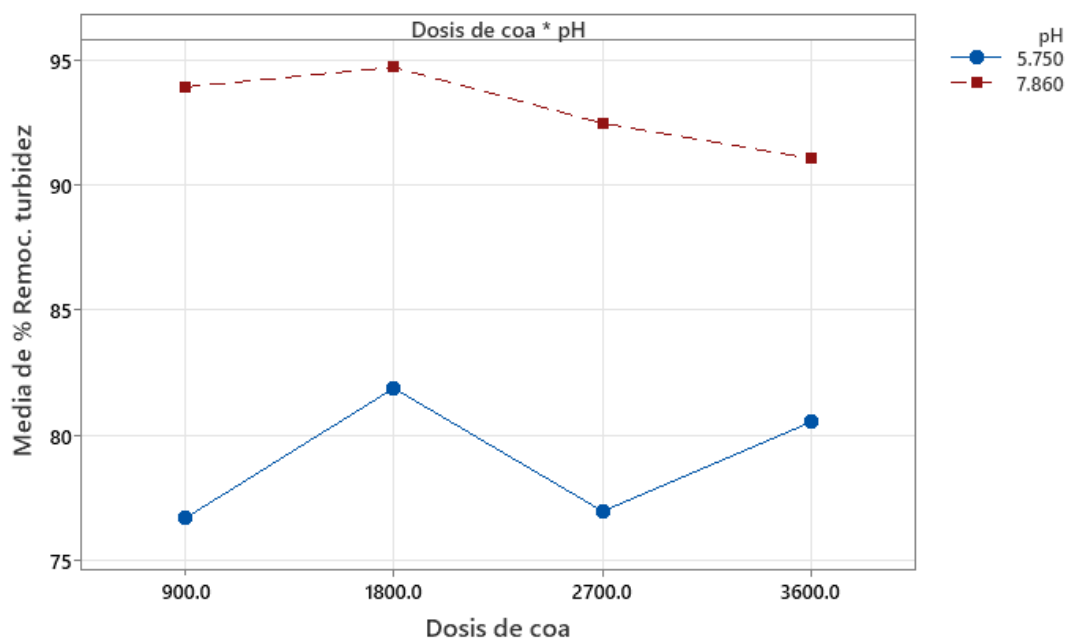
*Nota: La gráfica de efectos principales se realizó con el programa Minitab 22.*

### Análisis de Resultados: Gráfica de Interacciones

De la **Figura 12** se aprecia que la dosis de coagulante de 1800 mg/L produce los mejores resultados de disminución de porcentaje de turbidez cuando las unidades de pH aumentan.

**Figura 12**

*Diagrama de interacción*



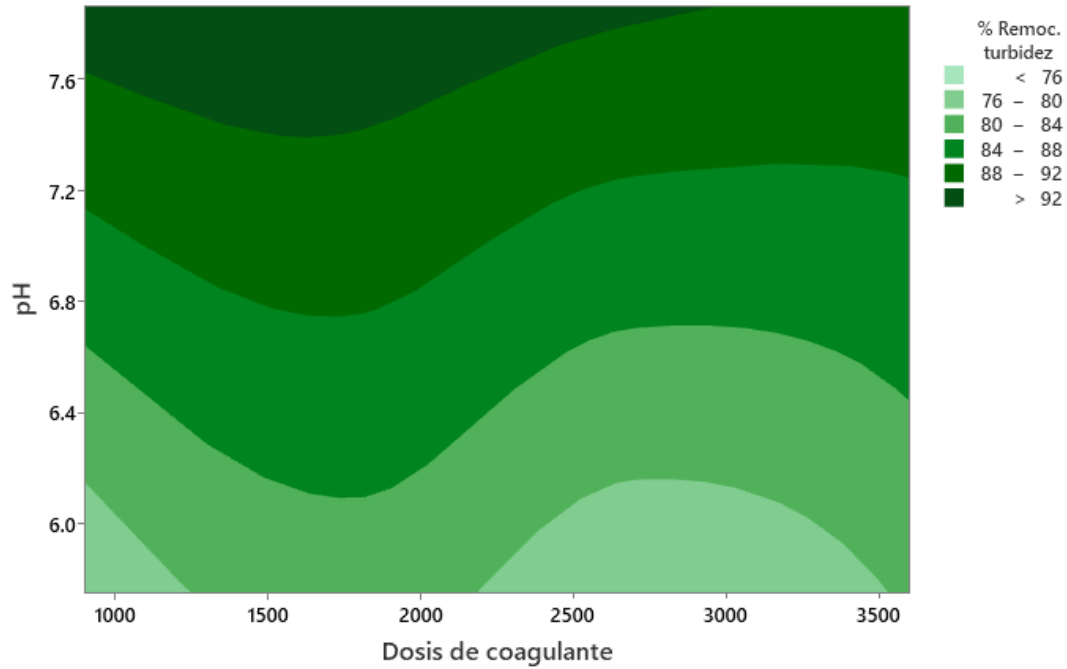
*Nota: El diagrama de interacción se realizó con el programa Minitab 22.*

### Diagrama de contorno

En general, se indica que para obtener un porcentaje de remoción de turbidez mayor al 92 % se debe emplear una dosis de coagulante aproximada de 900 hasta 2700 mg/L en un pH mayor a 7.5, tal y como se puede observar en la **Figura 13**.

**Figura 13**

*Diagrama de contorno*



*Nota: El diagrama de contorno se realizó con el programa Minitab 22.*

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

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

De acuerdo con la hipótesis general planteada, en el proceso de coagulación aplicado al agua superficial del Río Chillón, se obtuvo un grado de remoción de turbidez mayor al 75% para todos los tratamientos, por lo que, el uso de *Cicer arietinum* como coagulante natural reduce significativamente la turbidez de las aguas superficiales del Río Chillón.

Las características fisicoquímicas provenientes de aguas superficiales del Río Chillón tienen índices elevados de turbidez (105 NTU) indicadas en la Tabla 10 Características fisicoquímicas iniciales del agua superficial del Río Chillón. Aplicando el método de coagulación con ayuda de *Cicer arietinum* con una dosis de 1800 mg/L y el pH en 7.86 se obtiene el mayor porcentaje de reducción de turbidez que es de un 94.70 %. Por lo tanto, queda en evidencia que el nivel de pH y la dosis del coagulante influyen considerablemente en la reducción de turbidez.

### Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Dadebo et al., (2022) en su investigación, obtuvieron una reducción de turbidez de hasta un 88.35 % con una dosis óptima de 2260 mg/L de coagulante en polvo de *Cicer arietinum* a un pH de 4. En contrastación con nuestros resultados, al evaluar el polvo de *Cicer arietinum* a un pH ácido (5.75) con una dosis óptima de 1800 mg/L se obtuvo una reducción de turbidez de hasta un 81.90 %. Ambos resultados son muy cercanos, sin embargo, nuestro mejor resultado fue a un pH neutro, obteniendo una reducción de turbidez de hasta un 94.70 %.

Por otro lado, Choong Lek et al., (2018) en su investigación alcanzaron una reducción de turbidez de hasta un 86 % a una dosis optima de 2600 mg/L a un pH de 6.69 del coagulante en polvo de *Cicer arietinum*. Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron muy similares, ya que se evaluó a un pH neutro muy cercano, sin embargo, nuestros resultados fueron mejores, ya que con una dosis optima de 1800 mg/L se alcanzó una reducción de turbidez de hasta un 94.70 %.

Asimismo, Jaramillo y Epalza (2019), en su estudio alcanzaron valores de hasta un 98 % de remoción de turbidez con una dosis de 90 mg/L de *Cicer arietinum* a un pH de 3.7 en aguas superficiales. Si bien es cierto, ellos en su investigación han evaluado aguas mucho más ácidas que nosotros, el porcentaje de reducción de turbidez alcanzados en nuestra investigación, a un pH ácido (5.75), fue considerablemente bueno, ya que supera el 80 %.

Finalmente, Rosmawanie et al. (2018), en su investigación determinaron los porcentajes de remoción de turbidez con polvo de *Cicer arietinum* a un pH de 8 y con una dosis óptima de 180 mg/L, logrando una reducción de turbidez en un 81 %. Del mismo modo, en nuestra investigación, al trabajar con un pH neutro, logramos una reducción de turbidez de hasta un 94.70 % con una dosis óptima de 1800 mg/L.

Todos los estudios citados en la presente investigación demuestran que el polvo de *Cicer arietinum* puede ser utilizado como coagulante natural primario, siendo una muy buena alternativa para cuidar nuestro ambiente reemplazando así a los coagulantes químicos.

### **Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes**

Los autores de la presente tesis asumen plena responsabilidad por la veracidad y precisión de la información contenida en ella, conforme a lo dispuesto en el Reglamento del Código de Ética de la Investigación de la Universidad Privada del Norte. Dicho reglamento establece los principios éticos como directrices fundamentales del comportamiento investigativo, reconociendo, además, que la actividad investigadora constituye una función esencial y obligatoria dentro de la UPN. En virtud de ello, los investigadores se comprometen con la integridad de los procedimientos metodológicos y con la rigurosidad en la evaluación del proceso investigativo.

### **Limitaciones**

Es importante resaltar que, si bien el proceso de reducción de turbidez con el coagulante natural *Cicer arietinum* fue efectivo, solo se trabajó a escala de laboratorio, sin embargo, se recomienda hacerlo a escala piloto. Asimismo, al realizar el proceso de experimentación, en la Laboratorio de la Universidad Privada del Norte, no se contempló el costo energético ni el volumen de lodos que generó este proceso, debido a que es mínimo el volumen de agua tratada. Finalmente, la estación en la cual se tomó las muestras simples de agua puede influir en el tratamiento con coagulante natural, ya que se tomó la muestra en diciembre y es época de avenidas, en el cual el río aumenta su caudal.

### **Conclusiones**

Se logró evaluar la eficacia de *Cicer arietinum* en la reducción de turbidez en aguas superficiales del Río Chillón, 2024.

Se analizaron las características fisicoquímicas de las aguas superficiales del Río Chillón pre y post tratamiento con *Cicer arietinum* en polvo. Inicialmente las aguas del Río Chillón presentaron un pH de 7.86, una turbidez de 105 NTU y una conductividad eléctrica de 938 uS/cm, después del tratamiento con el coagulante en polvo *Cicer arietinum* con una dosis de 1800 mg/L, a un pH de 7.86, una velocidad de coagulación de 200 RPM durante 5 minutos de agitación constante y un tiempo de sedimentación de 30 minutos se obtuvo una turbidez final de 5.57 NTU.

Se prepararon las concentraciones matrices con *Cicer arietinum* para el tratamiento de aguas superficiales del Río Chillón, 2024, las cuales fueron concentraciones de 900 mg/L, 1800 mg/L, 2700 mg/L y 3600 mg/L.

Además, se determinaron las diluciones óptimas de *Cicer Arietinum* en aguas superficiales del Río Chillón, 2024, encontrándose mayor eficiencia en la dosis de 1800 mg/L.

Finalmente, se obtuvo estadísticamente, de manera significativa, la eficacia de las diluciones de *Cicer arietinum* en aguas superficiales del Río Chillón, 2024, el cual se muestra en todos los análisis estadísticos realizados a los resultados (T de student, prueba de normalidad, post hoc de Tukey, prueba de varianza (ANOVA) y prueba de Levene), mostrándose que el mejor porcentaje de remoción de turbidez fue de 94.70.

### **Recomendaciones**

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda realizar un nuevo tratamiento utilizando las mismas dosis, pero ajustando el pH a un nivel alcalino. Esto permitirá evaluar y comparar la eficiencia de *Cicer arietinum* en la

remoción de turbidez bajo tres condiciones distintas de pH: ácido, neutro y alcalino.

Dado que el tratamiento ha mostrado resultados prometedores, se sugiere escalar el proceso a nivel piloto. Esta etapa permitirá analizar un mayor número de parámetros y validar con mayor precisión la eficacia del tratamiento, especialmente en cuanto al porcentaje de remoción de turbidez.

Finalmente, se recomienda promover esta técnica en comunidades que enfrentan una situación crítica de escasez de agua. Mediante la aplicación de este tratamiento, dichas comunidades podrían reducir la turbidez del agua superficial y destinarla a actividades domésticas no potables, como el lavado de utensilios, ropa u otros usos similares.

## REFERENCIAS

- ANA. (2016, marzo). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Repositorio de la Autoridad Nacional del Agua. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/209>
- Andía Cárdenas, Y. (2000). Tratamiento de agua: coagulación floculación . *Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico* (pp. 1 – 44).
- Arias, F. G. (2010). *El proyecto de Investigación* (6ª ed.). Editorial Episteme.
- Azamzam, A. A., Rafatullah, M., Yahya, E. B., Ahmad, M. I., Lalung, J., Alam, M., & Siddiqui, M. R. (2022). Enhancing the Efficiency of Banana Peel Bio-Coagulant in Turbid and River Water Treatment Applications. *Water*, 14 (16), 2473. <https://doi.org/10.3390/w14162473>
- Banchón, C., Baquerizo, R., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *Enfoque UTE*, 7(4), 111-126. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.118>
- California Water Boards. (2024). *Folleto Informativo Conductividad Eléctrica / Salinidad. Folleto Informativo 3.1.3.0*. State Water Resources Control Board. [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf)
- California Water Boards. (2024). *Folleto Informativo pH. Folleto Informativo 3.1.4.0*. State Water Resources Control Board. [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf)

California Water Boards. (2024). *Folleto Informativo Turbidez. Folleto Informativo*

3.1.5.0. State Water Resources Control Board.

[https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3150sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3150sp.pdf)

Choong Lek, B., Paul Peter, A., Qi Chong, K., Ragu, P., Sethu, V., Selvarajoo, A., &

Kumar Arumugasamy, S. (2018). Treatment of palm oil mill effluent (POME) using chickpea (*Cicer arietinum*) as a natural coagulant and flocculant:

Evaluation, process optimization and characterization of chickpea powder.

*Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(5), 6243 - 6255.

<https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.09.038>

Dadebo, D., Nasr, M., Fujii, M., & Ibrahim, M. (2022). Bio-coagulation using *Cicer*

*arietinum* combined with pyrolyzed residual sludge-based adsorption for

carwash wastewater treatment: A techno-economic and sustainable approach.

*Journal of Water Process Engineering*, 49, 103063.

<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.103063>

Diver, D., Nhapi, I., & Rutendo Ruziwa, W. (2023). The potential and constraints of

replacing conventional chemical coagulants with natural plant extracts in water

and wastewater treatment. *Environmental Advances*, 13, 100421.

<https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100421>

Fundación AQUAE. (12 de Diciembre de 2021). La importancia del agua en los seres

vivos. *Fundación AQUAE*. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/importancia->

del-agua/

- Haritha , M., Greeshma, R., Anila, M. J., & Geethu, T. (2024). Remediation of waste water through natural coagulants such as lemon and banana peel. *E3S Web of Conferences*, 529, 03004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452903004>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M., Méndez Valencia, S., & Mendoza Torres, C. P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill. / Interamericana Editores.
- Jaramillo Peralta, J. S. (2017). *Caracterización funcional de los mecanismos de acción internos del Garbanzo (Cicer Arietinum L) para procesos de coagulación-floculación en el tratamiento del agua*. [Tesis de maestría, Universidad de Valladolid].
- Jaramillo, J., & Epalza, J. (2019). Study of the phytochemical kabuli chickpea (*Cicer arietinum L*) as an anionic coagulant for the treatment of water. *Chemical Engineering Transactions*, 75, 151 - 156. <https://doi.org/10.3303/CET1975026>
- Kemal Husen, A., Bidira, F., Mekonin Desta, W., & Asaithambi, P. (2024). COD, color, and turbidity reduction from surface water using natural coagulants: Investigation and optimization. *Progress in Engineering Science*, 1 (2 - 3), 100007. <https://doi.org/10.1016/j.pes.2024.100007>
- Kenea, D., Denekew, T., Bulti, R., Olani, B., Temesgen, D., Sefiw, D., Mekonin , W. (2023). Investigation on surface water treatment using blended moringa oleifera seed and aloe vera plants as natural coagulants. *South African Journal of*

*Chemical Engineering*, 45, 294 - 304.

<https://doi.org/10.1016/j.sajce.2023.06.005>

Kerlinger, F. N. (2002). *Investigación del comportamiento* (4ª ed.). McGraw-Hill.

Lorenzo-Acosta, Y. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 40 (2), 10 - 17.

Mahamba, C., & Palamuleni, L. G. (2024). Sunflower (*Helianthus annuus*) seeds as a natural coagulant for water turbidity treatment: assessment of efficacy and dosage. *Applied Water Science*, 14, 168). <https://doi.org/10.1007/s13201-024-02228-w>

Moreira Limongi, J., & Moreira Mendoza, C. (2022). Aplicación de coagulantes naturales obtenidos de las semillas de habas (*Vicia faba*) y durazno (*Prunus persica*) en la potabilización del agua. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 9(1), 54 - 67.

Osorio Hoyos, J. G. (2000). Principios éticos de la investigación en seres humanos y en animales. *Medicina (Buenos Aires)*, 60(2), 255 - 258.

Otálora, M. C., Wilches-Torres, A., Lara, C. R., Gómez Castaño, J. A., & Cifuentes, G. R. (2023). Evaluation of Turbidity and Color Removal in Water Treatment: A Comparative Study between *Opuntia ficus-indica* Fruit Peel Mucilage and FeCl<sub>3</sub>. *Polymers*, 15, 217. <https://doi.org/10.3390/polym15010217>

Pérez de la Cruz, F. J., & Urrea Mallebrera, M. A. (2011). *Abastecimiento de Aguas. Tema 6: Coagulación y floculación*. Universidad Politécnica de Cartagena.

Rosmawanie, M., Mohamed, R., Al-Gheethi, A., Pahazri, F., Amir-Hashim, M., & Nur-

Shaylinda, M. (2018). Sequestering of pollutants from public market wastewater using *Moringa oleifera* and *Cicer arietinum* flocculants. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 2417 – 2428.  
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.03.035>

Rothschuh Osorio, U. (10 de Junio de 2022). Qué son las aguas superficiales: definición y ejemplos. *Ecología verde*. <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-superficiales-definicion-y-ejemplos-3944.html>

Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica (4ª ed.)*. Limusa Noriega Editores.

Zourif, A., Benbiyi, A., Kouniba, S., & Guendouzi, M. (2024). Avocado seed as a natural coagulant for removing dyes and turbidity from wastewater: Behnken Box design, sustainable reuse, and economic evaluation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 39, 101621. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2024.101621>

## ANEXOS

### Anexo N° 1: Matriz de consistencia

TÍTULO: “Eficacia de <i>Cicer arietinum</i> en la reducción de turbidez en aguas superficiales del Río Chillón, 2024”			
¿Cuál es la eficacia de <i>Cicer arietinum</i> como coagulante natural en la reducción de turbidez de las aguas superficiales del Río Chillón, 2024?	H1: El uso de <i>Cicer arietinum</i> como coagulante natural reduce significativamente la turbidez de las aguas superficiales del Río Chillón, 2024.	<p>Objetivo General: Evaluar la eficacia de <i>Cicer arietinum</i> en la reducción de turbidez en aguas superficiales del Río Chillón, 2024”</p> <p>Objetivos Específicos: - Analizar las características físicoquímicas de las aguas superficiales del Río Chillón pre y post tratamiento con <i>Cicer arietinum</i> en polvo. - Preparar las concentraciones matrices con <i>Cicer arietinum</i> para el tratamiento de aguas superficiales del Río Chillón, 2024.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> <i>Cicer arietinum</i> en la reducción de turbidez</p>
	H0: El uso de <i>Cicer arietinum</i> como coagulante natural no reduce significativamente la turbidez de las aguas superficiales del Río Chillón, 2024.	<p>- Determinar las diluciones óptimas de <i>Cicer Arietinum</i> en aguas superficiales del Río Chillón, 2024. - Obtener estadísticamente, de manera significativa, la eficacia de las diluciones de <i>Cicer arietinum</i> en aguas superficiales del Río Chillón, 2024</p>	<p><b>Variable Dependiente:</b> Aguas superficiales del Río Chillón, 2024</p>
		<p><b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada</p>	<p><b>Población:</b> Corriente de agua de la cuenca baja del Río Chillón</p>
		<p><b>Enfoque de la Investigación:</b> Cuantitativo</p>	<p><b>Diseño de Investigación:</b> Experimental Transversal</p>
		<p><b>Instrumentos:</b> Registro de identificación del Punto de Monitoreo, Cadenas de custodia, Fichas de recolección de datos, Matriz para validación de expertos.</p>	<p><b>Muestra:</b> 12 litros de agua superficial del Río Chillón</p>
			<p><b>Análisis de datos:</b> Excel y programa estadístico (Minitab)</p>

### Anexo N° 2: Matriz de operacionalización

TITULO: “Eficacia de <i>Cicer arietinum</i> en la reducción de turbidez en aguas superficiales del Río Chillón, 2024”					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> <i>Cicer arietinum</i> en la reducción de turbidez	<i>Cicer arietinum</i> se refiere a un coagulante natural que es utilizado en tratamientos de agua que abarcan procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración lo cual permite reducir la turbidez a niveles óptimos (Jaramillo Peralta, 2017).	El coagulante natural se obtuvo a partir de semillas del “garbanzo” ( <i>Cicer arietinum</i> ) del cual se elaboraron concentraciones matrices con la finalidad de obtener diversas diluciones, lograr una coagulación - floculación óptima y disminuir la turbidez.	Peso de los coagulantes en polvo  Preparación de concentraciones matrices	Gramos  <b>Unidades de concentración física:</b> Concentración(ppm) = Masa (mg)/ Volumen (L) <b>Ecuación de dilución general:</b> $C_1V_1=C_2V_2$	Razón
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Aguas Superficiales del río Chillón	Las aguas superficiales del río Chillón son cuerpos de agua que recogen lluvias, manantiales y otros flujos provenientes de distintas fuentes hídricas además de desembocar en un cuerpo mayor, como en el océano, y tienen un flujo continuo hacia ese destino final (Rothschuh Osorio, 2022).	Los muestreos puntuales de agua superficial se obtuvieron en la cuenca baja del río Chillón en 02 puntos diferentes de monitoreo simultáneo, con la finalidad de obtener una muestra integrada para conocer la calidad del agua superficial.	Cantidad de agua por puntos de muestreo  Parámetros fisicoquímicos por evaluar	Litros  Turbidez pH Conductividad eléctrica	Razón



### Anexo N° 4: Formato de la Etiqueta para muestras de agua

#### ETIQUETA PARA MUESTRA DE AGUA

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



## Anexo N° 6: Formato de Ficha de identificación de punto de monitoreo

### FICHA DE IDENTIFICACION DE PUNTO DE MONITOREO

Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:

Código y nombre de la cuenca:

#### IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código de Punto de Control:

Descripción:

Accesibilidad:

Representatividad:

Finalidad del monitoreo:

Reconocimiento del entorno:

#### UBICACIÓN

Distrito:  Provincia:  Departamento:

Localidad:

Coordenadas UTM (WGS84)

Sistema de coordenadas:  Proyección UTM  
 Geográficas

Norte/Latitud:

Zona:

Este/Longitud:





Altitud:

Elaborado por: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Anexo N° 7: Panel fotográfico**

	
<p>Toma de muestra simple en el punto RChill 01</p>	<p>Toma de muestra simple en el punto RChill 02</p>
	
<p>Muestra compuesta</p>	<p>Resultado de turbidez de la muestra compuesta</p>

	
<p>Resultado de pH de la muestra compuesta (7.76)</p>	<p>Resultado de C.E. de la muestra compuesta a un pH neutro</p>
	
<p>Resultado de pH ácido (5.75)</p>	<p>Resultado de C.E. de la muestra compuesta a un pH ácido</p>



Antes de la Prueba de jarras con coagulante *Cicer arietinum* a un pH de 7.86 y sus duplicados



Durante la Prueba de jarras con coagulante *Cicer arietinum* a un pH de 7.86 y sus duplicados



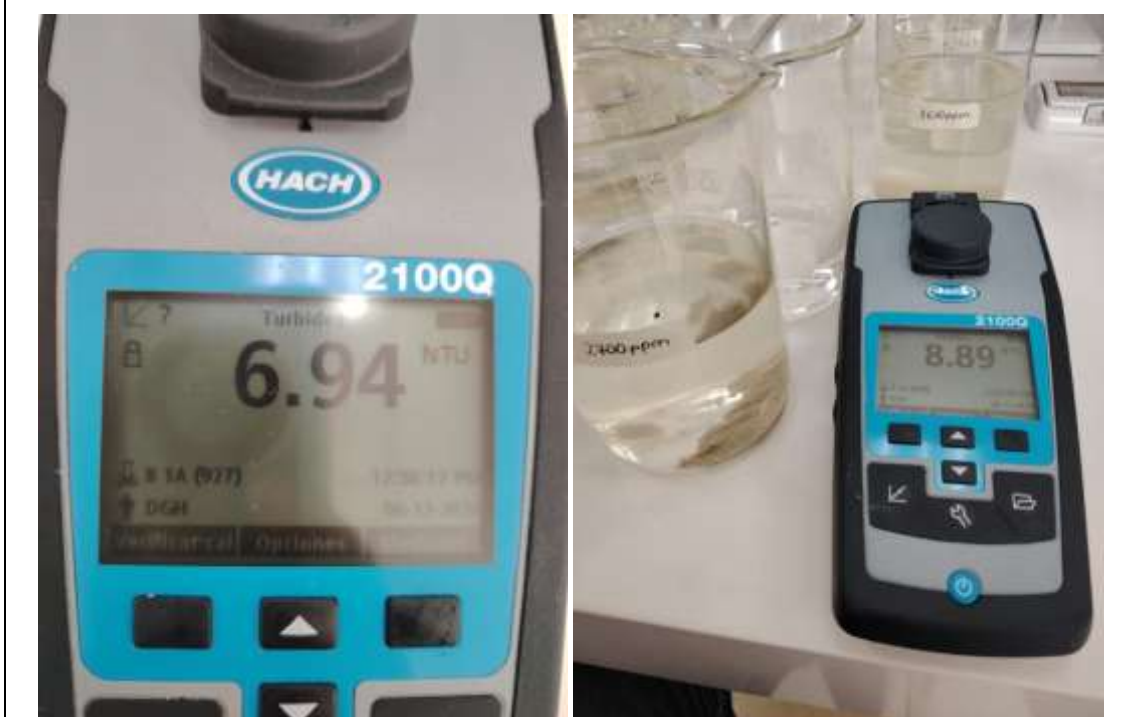
Después de la Prueba de jarras con coagulante *Cicer arietinum* a un pH de 7.86 y sus duplicados



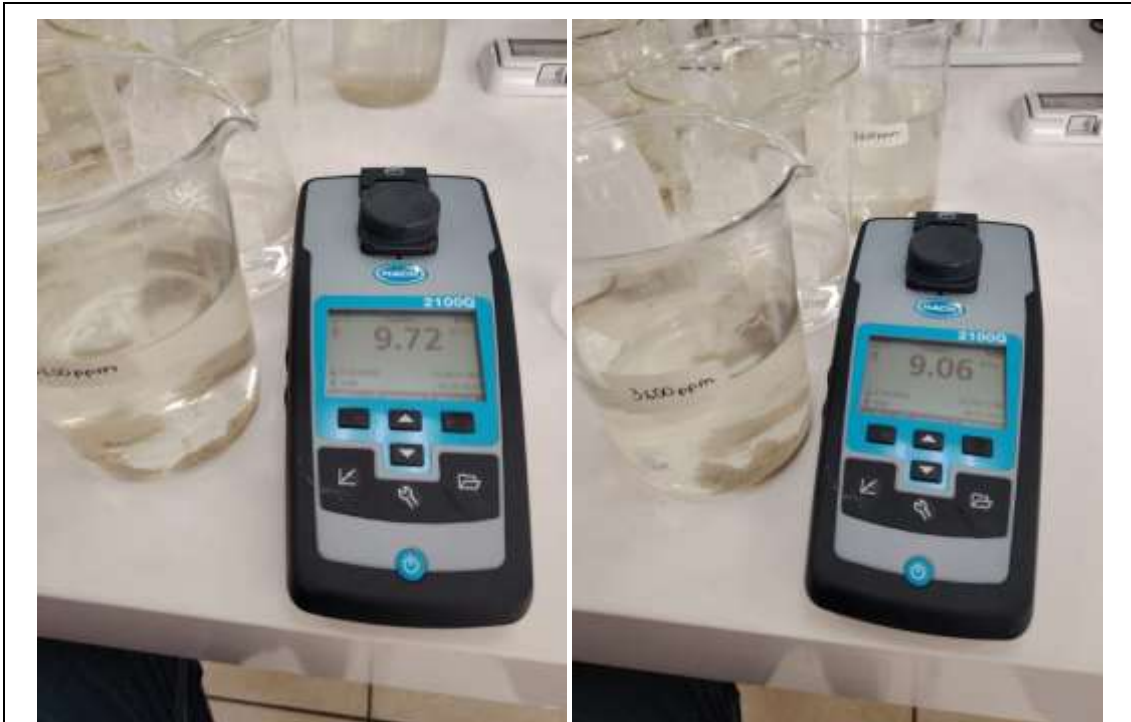
Resultados de turbidez en T2 (dosis: 900 mg/L, pH: 7.86)



Resultados de turbidez en T4 (dosis: 1800 mg/L, pH: 7.86)



Resultados de turbidez en T6 (dosis: 2700 mg/L, pH: 7.86)



Resultados de turbidez en T8 (dosis: 3600 mg/L, pH: 7.86)



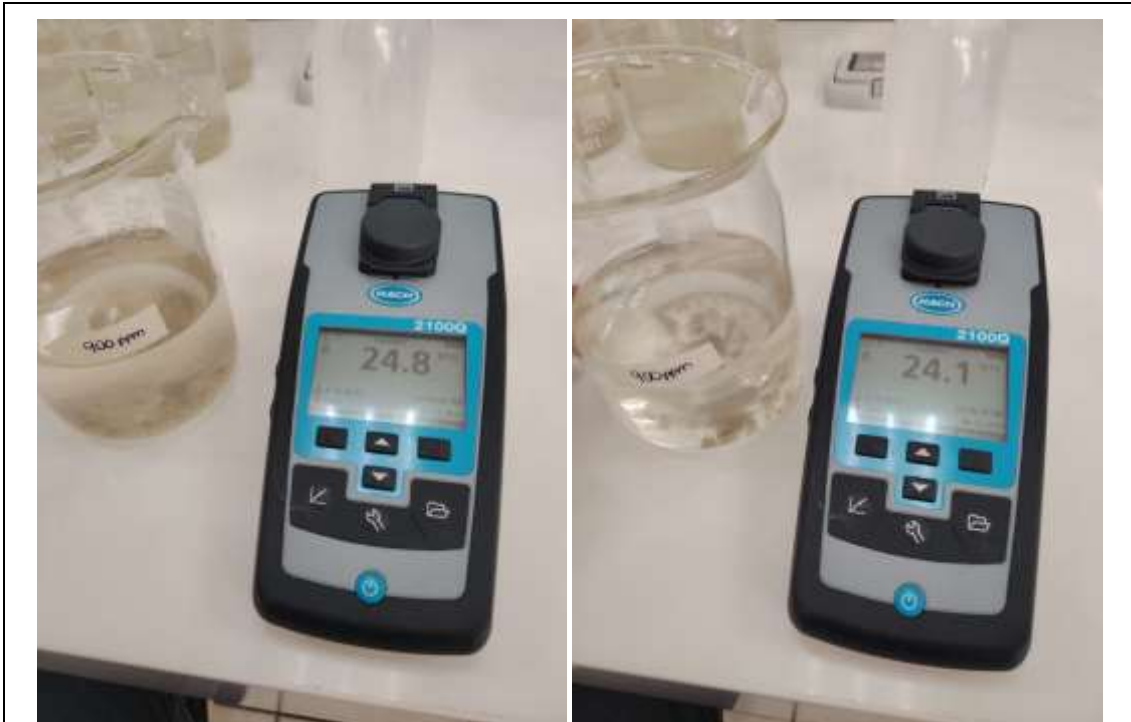
Antes de la Prueba de jarras con coagulante *Cicer arietinum* a un pH de 5.75 y sus duplicados



Durante la Prueba de jarras con coagulante *Cicer arietinum* a un pH de 5.75 y sus duplicados



Después la Prueba de jarras con coagulante *Cicer arietinum* a un pH de 5.75 y sus duplicados



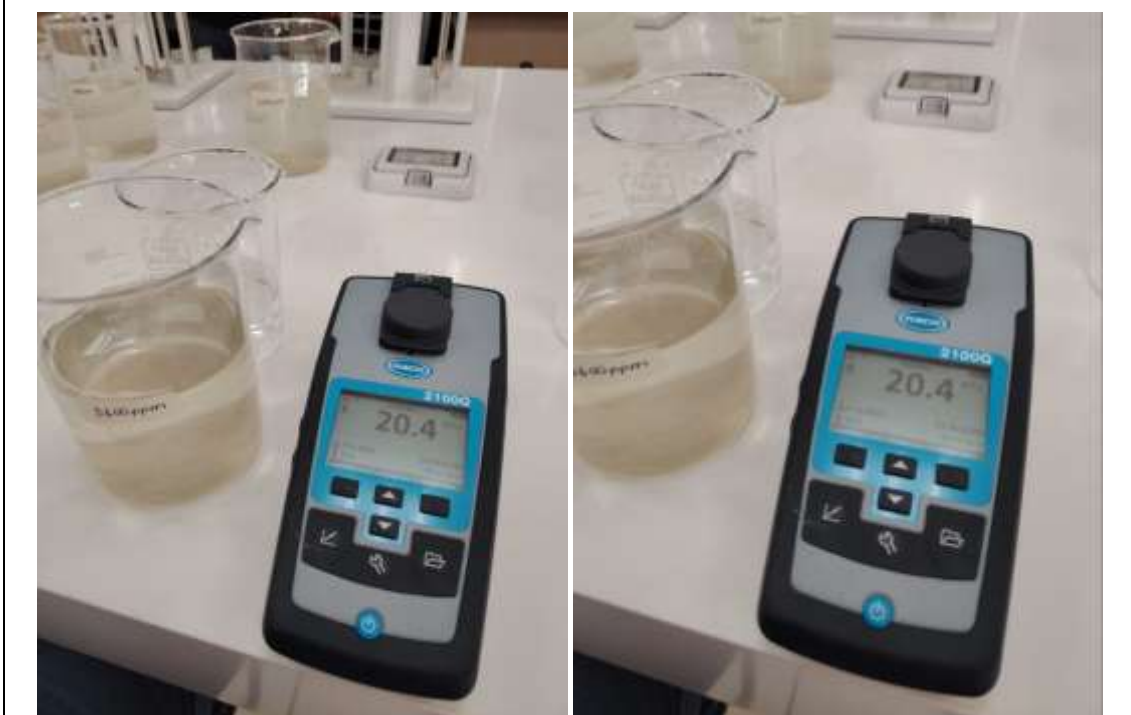
Resultados de turbidez en T1 (dosis: 900 mg/L, pH: 5.75)



Resultados de turbidez en T3 (dosis: 1800 mg/L, pH: 5.75)



Resultados de turbidez en T5 (dosis: 2700 mg/L, pH: 5.75)



Resultados de turbidez en T7 (dosis: 3600 mg/L, pH: 5.75)

**Anexo N° 8: Formatos completos de campo**

**Anexo N° 6: Formato de Ficha de identificación de punto de monitoreo**

**FICHA DE IDENTIFICACION DE PUNTO DE MONITOREO**

Nombre del cuerpo de agua: RIO CHILLON

Clasificación del cuerpo de agua: AGUA SUPERFICIAL

Código y nombre de la cuenca: CUENCA DEL CHILLON

**IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO**

Código de Punto de Control: RCHILLO1

Descripción: PUNTO CERCANO A LA DESEMBOCADURA DEL RIO AL MAR

Accesibilidad: ACCESIBLE

Representatividad: \_\_\_\_\_

Finalidad del monitoreo: ESTUDIO

Reconocimiento del entorno: \_\_\_\_\_

**UBICACIÓN**


Distrito: VENTANILLA Provincia: CALLAO Departamento: CALLAO

Localidad: \_\_\_\_\_

Coordenadas UTM (GCS84) Sistema de coordenadas:  Proyección UTM  Geográficas

Norte Latitud: 9679331 Zona: 18S

Este Longitud: 267561 Altitud: 160MIM



Elaborado por: A. PALACIOS Fecha: 06/12/24



