

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Comparación de la eficiencia de tratamiento en la  
remoción de materia orgánica entre *opuntia ficus-  
indica* y cloruro férrico para las aguas del río  
Mantaro-2023**

Katterin Rashuaman Benito

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería  
DE : José Vladimir Cornejo Tueros  
Asesor de trabajo de investigación  
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
FECHA : 21 de Junio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

Comparación de la eficiencia de tratamiento en la remoción de materia orgánica entre *opuntia ficus* - índica y cloruro férrico para las aguas del río Mantaro – 2023

**Autores:**

1. Katterin Rashuaman Benito – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

Filtro de exclusión de bibliografía	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
Filtro de exclusión de grupos de palabras menores Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 20	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original**

(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

**ASESOR**

Dr. José Vladimir Cornejo Tueros

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por nunca dejarme caer, por darme fuerzas para continuar y guiarme el camino de este trayecto profesional y permitir lograr mis metas propuestas día a día.

Agradecer también a mis padres y hermanos por brindarme su amor, cariño y respaldo absoluto el cual los amo y adoro con todo mi corazón porque siempre estuvieron en las mejores y peores momentos de mi vida, a quienes valoro y admiro bastante y decirles que son el soporte y motivo para poder seguir adelante día a día.

Dar gracias a la Universidad Continental, por abrir sus puertas y la oportunidad de ser parte de la comunidad estudiantil, y alcanzar parte de nuestras metas y logros profesionales.

Dar gracias al Dr. José Vladimir Cornejo Tueros, por brindarme su amplio conocimiento, experiencia y consejo en el desarrollo de asesoramiento de este estudio.

## **DEDICATORIA**

A Dios Padre Todopoderoso que es la luz que me guía en todo momento y me permita lograr uno de mis anhelos. A mis padres, hermanos y sobrinos por apoyarme en los momentos de alegría y tristeza de mi vida, quienes creyeron en mí y me dieron el soporte, motivación y fortaleza en todo momento para sobresalir adelante y tener éxito profesional.

## ÍNDICE GENERAL

ASESOR .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
DEDICATORIA .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xiv
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	15
1.1.1. Planteamiento del problema .....	15
1.1.2. Formulación del problema .....	15
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo general .....	16
1.2.2. Objetivos específicos .....	16
1.3. Justificación e importancia .....	16
1.3.1. Justificación ambiental.....	16
1.3.2. Justificación metodológica .....	17
1.3.3. Justificación teórica .....	17
1.3.4. Importancia.....	17
1.4. Delimitación del proyecto.....	18
1.5. Hipótesis y variables.....	20
1.5.1. Hipótesis general .....	20
1.5.2. Hipótesis específicas.....	20
1.5.3. Variables.....	21
1.6. Operacionalización de variables.....	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	23
2.1. Antecedentes del problema .....	23
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	23
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	23
2.1.3. Antecedentes locales.....	25
2.2. Bases teóricas .....	26
2.2.1. Opuntia ficus – indica .....	26
2.2.2. Cloruro férrico.....	29

2.2.3.	Río Mantaro.....	30
2.2.4.	Aguas Residuales.....	30
2.2.5.	Turbiedad de agua.....	35
2.2.6.	Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) .....	36
2.2.7.	Coagulación – floculación.....	36
2.2.8.	Tipos de coagulantes .....	36
2.2.9.	Estándares de calidad ambiental .....	37
2.2.10.	Ensayo de coagulación – floculación a nivel de laboratorio .....	38
2.3.	Definición de términos básicos .....	38
2.3.1.	Eficiencia .....	38
2.3.2.	Materia orgánica .....	38
2.3.3.	Muestra .....	38
2.3.4.	Muestra simple .....	39
2.3.5.	Muestra compuesta .....	39
2.3.6.	Agua.....	39
2.3.7.	Contaminación de agua .....	39
2.3.8.	Tratamiento de Aguas Residuales .....	39
2.3.9.	Coagulante.....	39
2.3.10.	Coagulante natural .....	39
2.3.11.	Efluente .....	40
CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....		41
3.1.	Método, tipo y nivel de investigación.....	41
3.1.1.	Métodos de investigación.....	41
3.2.	Tipo de investigación.....	41
3.3.	Nivel de investigación .....	41
3.4.	Diseño de investigación.....	42
3.4.1.	Fases de la investigación.....	42
3.5.	Población y muestra .....	48
3.5.1.	Población.....	48
3.5.2.	Muestra .....	48
3.5.3.	Obtención de las muestras.....	49
3.5.4.	Obtención del coagulante Natural y Químico. ....	53
3.6.	Preparación de la dosis del Coagulante Natural.....	55
3.7.	Preparación de La dosis del Coagulante Químico.....	56
3.8.	Aplicación del ensayo de coagulación – floculación a nivel de laboratorio .....	57
3.9.	Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	60

3.9.1. Técnicas .....	60
3.9.2. Instrumentos de la recolección de datos.....	61
3.10. Metodología experimental .....	61
3.10.1. Ubicación política.....	61
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	63
4.1. Parámetros obtenidos antes del tratamiento.....	63
4.2. Mediciones registradas en los ensayos de coagulación a nivel de laboratorio. ....	63
4.2.1. Resultados de eficiencia de remoción de DQO y turbidez.....	68
4.2.2. Evaluación de los efectos de los factores en la remoción de DQO y turbidez ....	71
4.3. Discusión de resultados .....	74
CONCLUSIONES .....	78
RECOMENDACIONES .....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	81
ANEXOS.....	86
Anexo 01 – Matriz de consistencia.....	86
Anexo 02 – Operacionalización de variables .....	88
Anexo 03 - Presupuesto del estudio de investigación.....	89
Anexo 04 – Imágenes de trabajo realizado en la investigación.....	91
Anexo 05 – Datos de los resultados de laboratorio.....	99
Anexo 06 – Estándares de la calidad ambiental (ECA) .....	106

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01 Operacionalización de variables .....	22
Tabla 02 Análisis fitoquímico de la Opuntia Ficus – Indica.....	28
Tabla 03 Composición química de 100 g de nopal fresco. ....	29
Tabla 04 Composición típica de las aguas residuales domésticas.....	35
Tabla 05 Velocidad y tiempo de las etapas del proceso de aplicación del ensayo de coagulación – floculación a nivel de laboratorio.....	58
Tabla 06 Parámetros analizados de muestras de agua del río Mantaro. ....	63
Tabla 07 Mediciones registradas en los ensayos experimentales.....	64
Tabla 08 Eficiencia de remoción de DQO y turbidez calculados. ....	69
Tabla 09 Prueba de normalidad para los datos de remoción de DQO clasificados por el tipo de coagulante.....	72
Tabla 10 Prueba de normalidad para los datos de remoción de DQO clasificados por la dosis. ....	72
Tabla 11 Análisis de varianza del porcentaje de remoción de materia orgánica. ....	73
Tabla 12 Estándares de calidad ambiental (ECA) – Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 Delimitación hidrográfica de la cuenca Mantaro – Perú. ....	19
Figura 02 Punto de muestreo - Mantaro medio. ....	20
Figura 03 Extracción de la penca de la Opuntia ficus-indica. ....	43
Figura 04 Limpieza de la penca de la Opuntia ficus-indica. ....	44
Figura 05 Trozado de la penca de la Opuntia ficus-indica. ....	45
Figura 06 Trozo de la penca tendido antes de su deshidratación. ....	46
Figura 07 Trozo de la penca, deshidratación a temperatura ambiente. ....	46
Figura 08 Obtención de la harina de la penca de la Opuntia ficus-indica ....	47
Figura 09 Pesado de la harina de la penca de la Opuntia ficus-indica para su respectivo almacenamiento y uso. ....	48
Figura 10 Obtención de las muestras de agua. ....	50
Figura 11 Lugar de estudio (Rio Mantaro). ....	51
Figura 12 Recolección de las muestras. ....	52
Figura 13 Etiquetado y traslado de la muestra. ....	53
Figura 14 Obtención del coagulante natural (Opuntia ficus-indica). ....	54
Figura 15 Pesado del polvo de la Opuntia ficus – indica. ....	55
Figura 16 Coagulante natural (Opuntia ficus - indica). ....	56
Figura 17 Coagulante químico (Cloruro férrico). ....	57
Figura 18 Velocidad rápida a 150 RPM y velocidad lenta a 50 RPM. ....	58
Figura 19 Resultados a diferentes dosis con el coagulante natural (Opuntia ficus - indica). ..	59
Figura 20 Velocidad rápida a 150 RPM y velocidad lenta a 50 RPM. ....	59
Figura 21 Resultados a diferentes dosis con el coagulante químico (Cloruro férrico). ....	60
Figura 22 Localización de la Provincia de Huancayo - lugar de investigación. ....	62
Figura 23 Identificación de los problemas ambientales - Huancayo - Perú ....	62
Figura 24 Mediciones de conductividad eléctrica. ....	65
Figura 25 Mediciones de pH. ....	66
Figura 26 Mediciones de turbidez. ....	67
Figura 27 Mediciones de DQO. ....	68
Figura 28 Remoción de materia orgánica en pruebas de coagulación. ....	70
Figura 29 Remoción de turbidez en pruebas de coagulación. ....	71
Figura 30 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados % remoción de DQO. ....	74

## RESUMEN

El presente estudio de investigación tiene como objetivo, comparar la eficiencia de tratamiento de la remoción de materia orgánica que se obtiene con los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y Cloruro Férrico, para muestras de agua del río Mantaro – 2023. Ello debido a la contaminación del líquido elemento que ha generado sin duda un mayor impacto ambiental en las fuentes naturales. Se realizaron un total de 3 muestreos en diferentes horarios durante el día en el río Mantaro, el punto de muestreo fue aguas abajo del afluente del Río Shulcas hacia el río Mantaro, el cual a una distancia de 200 metros aproximadamente. Después se aplicaron el ensayo de coagulación – floculación a nivel laboratorio, en ello se realizaron las mediciones antes y después del tratamiento de los diferentes parámetros, así como: (T°, conductividad eléctrica, pH, Turbidez y DQO). Además, se realizó las evaluaciones a dosis diferentes, de: 10; 20; 30 y 40 (ml/L) con los coagulantes tanto natural y químico. Los resultados obtenidos demostraron el incremento de la conductividad eléctrica en un 12.95% correspondiente al coagulante cloruro férrico con una dosis de 40 ml/L, logrando incrementar a la conductividad eléctrica inicial de 770 uS/cm a 836 uS/cm, mientras que para el coagulante *Opuntia ficus-indica* se obtuvo una disminución ligera de 2,44% con una dosis de 20 ml/L, logrando una conductividad eléctrica final de 684 uS/cm. También se obtuvo un porcentaje de reducción del pH de un 43.1% correspondiente al coagulante cloruro férrico con una dosis de 40 ml/L, logrando reducir el pH inicial de 8 a 4.4, a comparación del coagulante *Opuntia ficus-indica* se obtuvo una disminución ligera de 4,6% con una dosis de 20 ml/L, logrando un pH final de 7.5, la cual sigue siendo alcalino. También se obtuvo una disminución mínima de la turbidez, ello correspondiente al coagulante cloruro férrico con una dosis de 20 ml/L, logrando reducir la turbidez inicial de 48.24 NTU a 5.72 NTU, a comparación del coagulante *Opuntia ficus-indica* se obtuvo la disminución de turbidez de 16.48 NTU, con una dosis de 10 ml/L. Finalmente se obtuvo la disminución de la DQO<sub>5</sub> con los dos tipos de coagulantes, en donde el coagulante cloruro férrico disminuyó desde el 95.5 hasta 84.9 mg/L, en dosis de 10 a 40 ml/L, mientras que para el coagulante *Opuntia ficus-indica* se obtuvo un aumento de la DQO<sub>5</sub> desde el 104.2 hasta 173.5 mg/L, con una dosis de 10 a 40 ml/L.

**Palabras clave:** Coagulantes. *Opuntia ficus-indica*. Cloruro Férrico. Materia orgánica.

## ABSTRACT

The objective of this research study is to compare the treatment efficiency of the removal of organic matter obtained with the coagulants *Opuntia ficus-indica* and Ferric Chloride, for water samples from the Mantaro River - 2023. This is due to the contamination of the liquid element that has undoubtedly generated a greater environmental impact on natural sources. A total of 3 samples were carried out at different times during the day in the Mantaro River, the sampling point was downstream of the Shulcas River tributary towards the Mantaro River, which at a distance of approximately 100 to 200 meters. Afterwards, the coagulation-flocculation test was applied at the laboratory level, in which measurements were made before and after the treatment of the different parameters, as well as: ( $T^\circ$ , electrical conductivity, pH, Turbidity and COD). In addition, the evaluations were carried out at different doses, from: 10; twenty; 30 and 40 (ml/L) with both natural and chemical coagulants. The results obtained demonstrated the increase in electrical conductivity by 12.95% corresponding to the ferric chloride coagulant with a dose of 40 ml/L, managing to increase the initial electrical conductivity from 770 uS/cm to 836 uS/cm, while for the *Opuntia ficus-indica* coagulant, a slight decrease of 2.44% was obtained with a dose of 20 ml/L, achieving a final electrical conductivity of 684 uS/cm. Likewise, a percentage of pH reduction of 43.1% was obtained corresponding to the ferric chloride coagulant with a dose of 40 ml/L, managing to reduce the initial pH from 8 to 4.4, compared to the *Opuntia ficus-indica* coagulant, a slight decrease was obtained. of 4.6% with a dose of 20 ml/L, achieving a final pH of 7.5, which is still alkaline. A minimal decrease in turbidity was also obtained, corresponding to the ferric chloride coagulant with a dose of 20 ml/L, managing to reduce the initial turbidity from 48.24 NTU to 5.72 NTU, compared to the *Opuntia ficus-indica* coagulant, the decrease in turbidity of 16.48 NTU, with a dose of 10 ml/L. Finally, the decrease in COD<sub>5</sub> was obtained with the two types of coagulants, where the coagulant ferric chloride decreased from 95 to 85 mg/L, in doses of 10 to 40 ml/L, while for the coagulant *Opuntia ficus-indica* An increase in COD<sub>5</sub> was obtained from 104.2 to 173.5 mg/L, with a dose of 10 to 40 ml/L.

**Keywords:** Coagulants. *Opuntia ficus-indica*. Ferric chloride. Organic material.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es una preocupación a nivel mundial, en la que se ha transformado en un problema global que perjudica a toda la ciudadanía en su conjunto y su entorno natural, siendo el líquido elemento fundamental para todos los seres vivos, ya que se utiliza en las distintas actividades diarias, y es difícil acceder a ella. Es por ende que muchos países no son ajenos a ello, desconocen las principales problemáticas ambientales que acarrearán, el cambio de calidad del líquido elemento es consecuente a la excesiva carga de residuos sólidos, aguas negras no tratadas, etc. Es por ello que son vertidas a los diferentes cuerpos de aguas, así como a los glaciares, lagos, ríos, mar, etc.

En Perú, se cuenta con 159 cuencas de las cuales 129 están contaminadas por distintos elementos y sustancias contaminantes, así como las aguas residuales domésticas, metales pesados, etc. (1), el cual entre ellos se encuentran el río Mantaro, uno de los ríos principales y contaminados, originado por las minerías, con cobre, cadmio, plomo y hierro, es por ello que en el año 2003 el gobierno decretó estado de emergencia ambiental a la cuenca del río Mantaro (2).

El río Mantaro en la actualidad se encuentra con mayores contaminantes a nivel Junín, debido a las acciones desarrolladas por el ser humano, como también por la escasez de las plantas de tratamiento, ya que estos son muy pocos, además la mayoría de estas no están funcionando. Por esa razón, la finalidad de este estudio es comparar la eficiencia de tratamiento de la remoción de materia orgánica que se obtiene con los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y Cloruro Férrico, para muestras de agua del río Mantaro – 2023, asimismo comparar cuál de los dos coagulantes es más eficiente, el coagulante natural y/o químico en la disminución de la materia orgánica en las muestras de agua del río Mantaro.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad la contaminación del agua, constituye un mayor problema, ambiental, económico y social a nivel mundial, principalmente por la escasez del líquido elemento, la cual perjudica a la población en general, porque solo el 2.5% representa a agua dulce y el 97.2 % del agua en el planeta tierra es agua salada, por lo que del 2.5%, 30% se encuentra en acuíferos subterráneos, el 68% está almacenado en los glaciares y otras capas de nieve y solo el 1.2% es agua superficial, presente en ríos, lagos y otras formas de agua de superficie (3).

El Perú es uno de los países más perjudicados por la contaminación de las aguas fluviales, este en un problema que generó preocupación a toda la sociedad en su conjunto, porque solo un 30% de las aguas residuales pasan por un proceso de tratamiento, mientras los demás son arrojados a los ríos, y lagos sin ningún tratamiento. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) este tiene un impacto perjudicial ante el medio ambiente y la salud de todos los seres vivos (4).

Las provincias más grandes de la región de Junín (Oroya, Jauja, Concepción, Huancayo, Satipo, etc.), ocasionan una severa contaminación al ambiente acuáticos por aguas residuales, entre ellos se encuentra el lago Chinchaycocha, Laguna de Paca, el río Chanchamayo, Mantaro, Cunas, Shullcas, entre otras, las plantas de tratamiento generalmente son muy pocas, además la mayoría de estas no están en funcionamiento adecuado, por esos motivos se vierten a los ríos y lagos, produciendo contaminantes por medio de la materia orgánica y patógenos (5).

La calidad y características de las aguas del río Mantaro se ven afectados por la constante contaminación originada por los vertidos de las aguas servidas domésticas e industriales. Por esta razón, se ha intentado establecer la eficiencia de tratamiento de la materia orgánica entre la *Opuntia ficus-indica* y Cloruro Férrico, para poder reducir, mitigar y eliminar los impactos ambientales.

#### 1.1.2. Formulación del problema

##### 1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es la diferencia en la eficiencia de remoción de materia orgánica entre la *Opuntia ficus-indica* y Cloruro Férrico, para muestras de agua del río Mantaro – 2023?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuánto es la concentración de la materia orgánica presente en una muestra de agua procedente del río Mantaro?
- ¿Cuál será la cantidad de turbiedad y DQO que se eliminan en el tratamiento con los coagulantes Opuntia ficus-indica y Cloruro Férrico?
- ¿Cuál será el efecto del tipo de coagulante y su respectiva dosis, sobre la eficiencia de remoción de la materia orgánica de muestras de agua del río Mantaro?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Comparar la eficiencia de tratamiento de la remoción de materia orgánica que se obtiene con los coagulantes Opuntia ficus-indica y Cloruro Férrico, para muestras de agua del río Mantaro – 2023.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de la materia orgánica presente en una muestra de agua procedente del río Mantaro.
- Determinar la cantidad de turbiedad y DQO que se eliminan en el tratamiento con los coagulantes Opuntia ficus-indica y Cloruro Férrico.
- Evaluar el efecto del tipo de coagulante y su respectiva dosis, sobre la eficiencia de remoción de la materia orgánica de muestras de agua del río Mantaro.

## **1.3. Justificación e importancia**

### **1.3.1. Justificación ambiental**

En el tiempo actual se puede evidenciar que según que transcurre los días la calidad y la disponibilidad del agua se ven afectadas por nuestras acciones y actitudes frente a este recurso hídrico. Es por ende que, a los lagos, ríos, mares y otras fuentes hídricas se ha visto que fueron alterados por las aguas residuales, el cual fueron vertidos sin ningún tratamiento, produciendo así impactos adversos negativos contra la salud pública en general y al ecosistema (6).

Además, sabemos muy bien que el líquido elemento es un recurso vital y muy importante para todas las formas de la vida, por esta razón se buscó lograr un adecuado procesamiento para la recuperación y reutilización del agua del río Mantaro, con el único propósito de la valorización para así evitar la explotación de dicho recurso (7).

Al comparar la eficiencia de tratamiento de la remoción de materia orgánica entre los coagulantes tanto natural y/o químico para las muestras de aguas del río Mantaro, este estudio permitirá determinar cuál de los dos tratamientos será el más adecuado y óptimo para disminuir la materia orgánica contenida en muestras de aguas del río Mantaro, ello con el único propósito de obtener una mejor calidad de agua, que beneficiará a toda la población en general, especialmente a los agricultores para la irrigación de sus cultivos y a los ganaderos para bebida de sus animales, sin poner en peligro la salud de todo los seres vivos.

### **1.3.2. Justificación metodológica**

Para realizar el estudio se emplearon las técnicas físico-químicas para el análisis de las muestras de agua del río Mantaro (ensayo de coagulación - floculación a nivel de laboratorio), en la que se analizó la eficacia de la remoción de la materia orgánica entre Opuntia ficus-indica y Cloruro Férrico, por lo que los resultados obtenidos han sido comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias (DS N°004-2017-MINAM) (8).

En este sentido, los aportes metodológicos de la presente investigación pueden aplicarse en otras evaluaciones de riesgo ambiental con un contexto similar. Además, ello funcionara como punto de referencia para otros investigadores y los datos serán tomados en consideración por el gobierno regional de Junín para que así opte en tomar medidas de control en los diferentes ríos que desembocan en el río Mantaro.

### **1.3.3. Justificación teórica**

Los resultados obtenidos de este estudio apoyaran como sustento para generar estrategias sostenibles e incorporarse al conocimiento de la eficacia de los coagulantes como tratamiento natural y químico. También como antecedente, para que puedan desarrollar análisis rutinario de muestras ambientales, según su probabilidad de gravedad de dicho recurso especificado, además, permitirá ampliar las investigaciones científicas respecto a la efectividad de los coagulantes, porque este tratamiento es una alternativa segura y confiable a comparación de otros tratamientos.

### **1.3.4. Importancia**

Sabiendo muy bien que en estos últimos años se vienen desarrollando investigaciones para el tratamiento de aguas de fuentes naturales y aguas residuales, con diferentes métodos de tratamientos, es por ende que se eligió uno de estas investigaciones para la comparación de la eficacia del tratamiento de la remoción de materia orgánica entre el Opuntia ficus-indica y cloruro férrico, para muestras de agua del río Mantaro, ya que en la actualidad es de gran importancia la problemática por la escasez del líquido elemento de dicho recurso hídrico.

Además, se sabe muy bien que el líquido elemento es un recurso vital, indispensable y esencial para todas las formas de vida, es por ende que se busca la valorización con una de las alternativas y proponer a entidades públicas y/o privadas etc. para la aplicación de estos, antes de sus vertimientos de sus efluentes, cumpliendo los valores máximos admisibles, ello con el único objetivo de volver a reutilizar dichas aguas como por ejemplo: (para riego agrícola, bebida de animales, etc.), para así evitar el mal uso de dicho recurso.

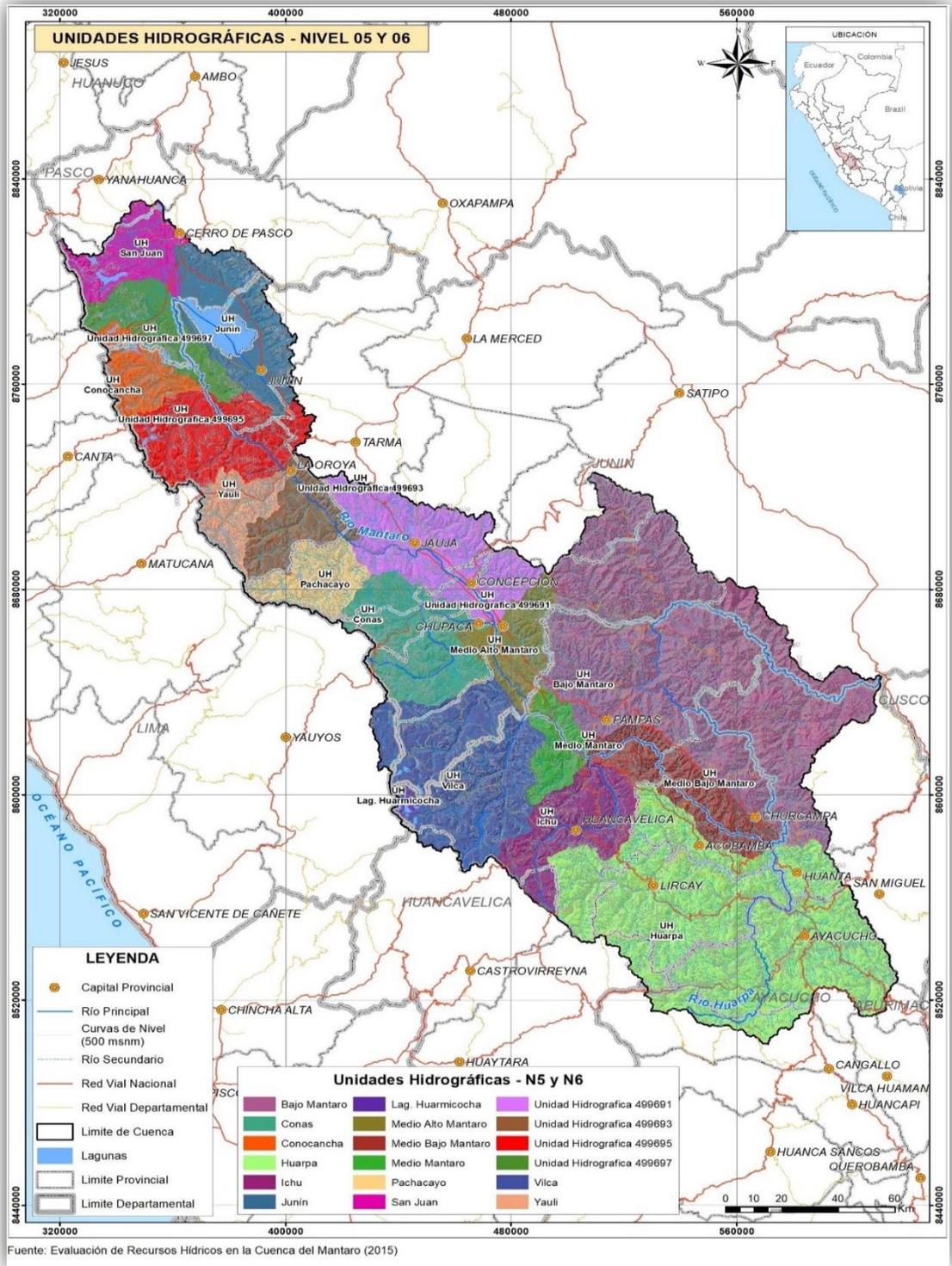
El tratamiento de las aguas negras disminuirá el deterioro ambiental ya sea en ríos o lagos y además beneficiará a toda la población de la localidad aledaña, especialmente a los agricultores y ganaderos sin poner en riesgo la salud de la población.

#### **1.4. Delimitación del proyecto**

La delimitación se refiere a definir los límites de un estudio o un área específica. Entre ellos se determina tres aspectos de un proyecto de investigación: geográfica, tiempo y definición del conocimiento (9).

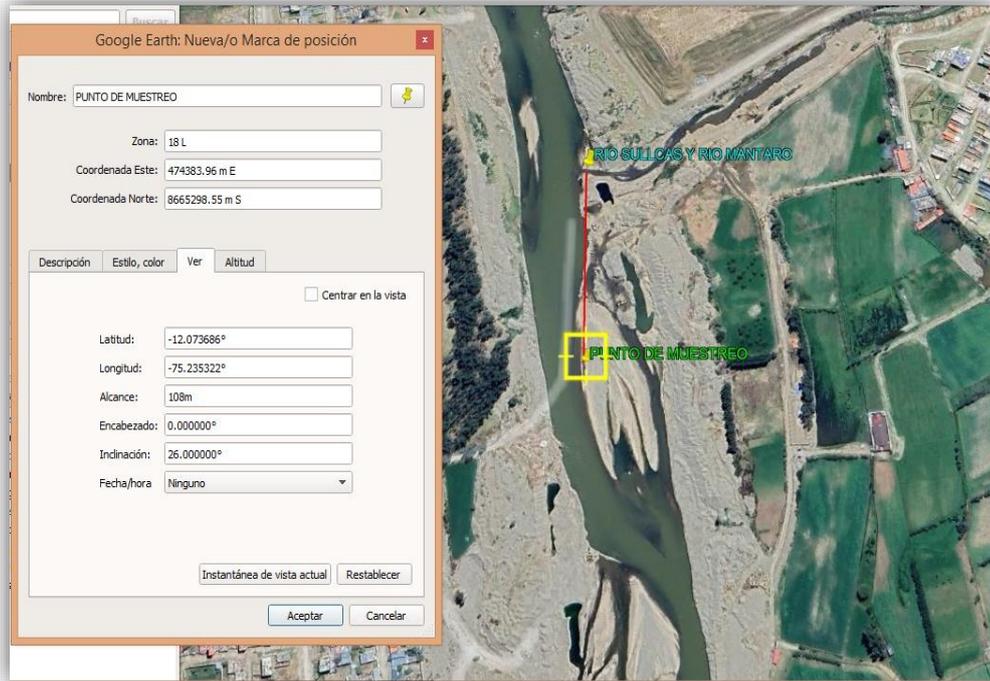
En mi situación, los límites del proyecto que se utilizó para estudiar la remoción de compuestos orgánicos presentes en las muestras de agua del río Mantaro fueron:

- Acceso a datos públicos referido a la contaminación del río Mantaro, este tipo de información es emitida por Autoridad Nacional del Agua (ANA), ente rector del sistema de gestión de los recursos hídricos del país y máximo regulador técnico.
- Zona geográfica, área específica del Lugar donde se realizó el recojo de las muestras obtenidas.
- La situación atmosférica del lugar investigado, ello es a razón de que en el mes de setiembre es el mes que inicia las lluvias más constantemente en la ciudad de Huancayo.



**Figura 01 Delimitación hidrográfica de la cuenca Mantaro – Perú.**

Fuente: (10).



**Figura 02 Punto de muestreo - Mantaro medio.**

Fuente: elaboración propia.

## 1.5. Hipótesis y variables

### 1.5.1. Hipótesis general

H1: Existe una diferencia significativa entre la aplicación de la *Opuntia ficus-indica* y Cloruro férrico en la remoción de la materia orgánica, para muestras del agua del río Mantaro – 2023.

H0: **No** existe una diferencia significativa entre la aplicación de la *Opuntia ficus-indica* y Cloruro férrico en la remoción de la materia orgánica, para muestras del agua del río Mantaro – 2023.

### 1.5.2. Hipótesis específicas

- La concentración de materia orgánica sobrepasa los Estándares de calidad ambiental del agua en la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.
- Existe una relación directa entre la cantidad de turbiedad y DQO que se eliminan en el tratamiento con los coagulantes *Opuntia ficus-indica* y Cloruro Férrico.

- Existe una relación directa entre el tipo de coagulante y su respectiva dosis, sobre la eficiencia de remoción de la materia orgánica de muestras de agua del río Mantaro.

### **1.5.3. Variables**

#### **1.5.3.1. Variable independiente**

- Coagulantes Opuntia ficus- indica y Cloruro férrico.

#### **1.5.3.2. Variable dependiente**

- Eficiencia en la remoción de materia orgánica.

## 1.6. Operacionalización de variables

Tabla 01 Operacionalización de variables

Tipo de variables		Dimensiones	Definición operacional	Indicador	Unidad de medida	Tipo de variable	Escala de medición
Variable Independiente	Coagulantes <i>Opuntia ficus - indica</i> y cloruro férrico	Dosis de la <i>Opuntia ficus - indica</i> y cloruro férrico	Se usará el <i>Opuntia ficus - indica</i> y cloruro férrico como coagulante para tratar el agua del río Mantaro	Cantidad de Dosis de la <i>Opuntia ficus - indica</i> y cloruro férrico	ml/L	Cuantitativa continua	Razón/proporción
		Velocidad y tiempo de agitación	Se determinará el tiempo de agitación	Tiempo	s. y min.	Cuantitativa continua	Razón/proporción
			Se determinará la velocidad de agitación	Velocidad rápida y lenta	RPM	Cuantitativa continua	Razón/proporción
Variable Dependiente	Eficiencia de la remoción de la materia orgánica	Física	Se medirá la disminución de la turbidez y se evaluará el comportamiento de pH y conductividad eléctrica.	Turbidez	NTU	Cuantitativa continua	Razón/proporción
				pH	---	Cuantitativa continua	Razón/proporción
				Conductividad Eléctrica	μS/cm	Cuantitativa continua	Razón/proporción
		Química	Se medirá la disminución de la DQO de las muestras de agua del río Mantaro.	Demanda Química de Oxígeno (DQOs)	mg/L	Cuantitativa continua	Razón/proporción

Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

**Tesis Titulada:** “REMOCIÓN DE LA TURBIEDAD Y COLOR MEDIANTE EL USO DE TUNA (OPUNTIA FICUS INDICA) EN EL AGUA CRUDA DEL SUBSISTEMA DE LA COMUNIDAD DE LUNDUMA, CANTÓN SANTA ISABEL”. Con el **Objetivo General:** analizar la capacidad de remoción del color y turbidez al emplear mucílago fresco de tuna en el agua no tratado. **Lugar:** Provincia del Azuay - Ecuador, lugar de investigación está localizado en la población de Lunduma, perteneciente al cantón “Santa Isabel” a una altura de 1620 metros sobre el nivel del mar aproximadamente. **Metodología:** respecto a la metodología se realizó a escala experimental, el que fue evaluado juntamente con el proceso extractivo del mucilago de la tuna como coagulante natural en aguas sin ningún tratamiento, ello tuvo una duración de 8 semanas de tratamiento. **Conclusiones:** conforme a la mayoría de los resultados encontrados la sociedad del pueblo sustentaba que el agua es de pésima calidad, porque muchísimas veces tuvieron la presencia de agua turbia, es por ello que, al realizar el experimento del procedimiento de coagulación y floculación con el mucilago fresco de la tuna en contacto de las aguas, se pudo constatar que aquel disminuye la turbiedad, color, solidos sedimentables y suspendidos, aquello que mejora la calidad de agua (11).

##### 2.1.2. Antecedentes nacionales

**Tesis Titulada:** “COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE COAGULANTES – FLOCULANTES NATURALES (ALOE VERA, OPUNTIA FICUS-INDICA Y EL ALMIDÓN DE SOLANUM TUBEROSUM) Y QUÍMICOS (SULFATO DE ALUMINIO, CLORURO DE ALUMINIO) EN LA REMOCIÓN DE SOLIDOS SUSPENDIDOS EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUANCVELICA – 2019”. Con el **Objetivo General:** Determinar la eficiencia de los coagulantes naturales (Aloe vera, Opuntia ficus-indica y el almidón de solanum tuberosum) y coagulantes químicos (sulfato de aluminio, cloruro de aluminio) respecto a la eliminación de las partículas en suspensión de las aguas negras del matadero de Huancavelica. **Metodología:** la investigación que se realizo fue la aplicada, el cual es dependiente de sus hallazgos, contribución y aportes teóricos, por tanto, se busca comparar la teoría con la realidad, es por ende que se investiga la aplicación en el desarrollo del experimento y no a la teoría. **Conclusiones:** de acuerdo con los resultados alcanzadas se puede inferir que los floculantes tanto los naturales como los químicos fueron

efectivos para eliminar los sólidos en suspensiones del efluente del matadero de Huancavelica, este proceso se inició el 23 de noviembre del 2019 y fue realizado con 2 pruebas a la semana, con 44 días de monitoreo (12).

**Trabajo de Insuficiencia Profesional:** “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA DISMINUCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS UTILIZANDO OPUNTIA FICUS-INDICA Y CLORURO FÉRRICO EN LAS AGUAS DEL RÍO LURÍN”. Con el **Objetivo General:** Determinar si los coagulantes Opuntia ficus-indica y Cloruro Férrico reducen los niveles de turbidez, DBO5 y DQO en el agua del río Lurín. **Metodología:** respecto a la investigación fue experimental, es por ende que se evaluó con los dos grupos el primero con tratamiento y la segunda sin ningún tratamiento, eso que se realizó las mediciones de los niveles de sustancias en el cauce del río Lurín, que se desarrolló antes y después de la aplicación de los tratamientos. Además, el tratamiento realizado fue con el respaldo de la evidencia de prueba de jarras, en ello la variable independiente fue tratada manualmente para poder determinar la reducción de la variable dependiente. **Conclusiones:** De los resultados obtenidos se puede evidenciar que el coagulante natural (Cactus) obtuvo un resultados buenísimo en remoción de la turbidez con un 74.14%, demanda química de oxígeno con un 75.69 y demanda bioquímica de oxígeno con un 36.8% a comparación de Cloruro Férrico disminuyó en la remoción de turbidez con un 73.73%, demanda química de oxígeno con un 72.91 y demanda bioquímica de oxígeno con un 21%, teniendo en consideración la cantidad de muestra que se utilizaron, ello con una cantidad de 10 gramos de cactus y 10.10 gramos de cloruro férrico con una cantidad total de 18 litros de aguas del río Lurín (13).

**Tesis titulada:** “APLICACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO Y TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA) PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y TURBIDEZ DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL TUMÁN 2018”. Con el **Objetivo General:** Describir el efecto del sulfato de aluminio y la Tuna (Opuntia ficus - indica) en la eliminación de la materia biológica y turbidez de las aguas negras del matadero municipal de Tumán. **Metodología:** según la metodología fue una investigación de un enfoque cuantitativa con diseño preexperimental, por que examina el impacto de los tratamientos, que se manipuló como variable independiente y la medición se realizó sobre la variable dependiente. **Conclusiones:** según los resultados obtenidos el sulfato de aluminio y la tuna (Opuntia ficus – indica), son efectivos para reducir el contenido de materia orgánica, así como en el procesamiento (purificación) de aguas negras del matadero municipal de Tumán, aquello que tuvo mayor eficiencia respecto a la remoción de turbidez con un (77.09%, 85.76%, 53.84%) y materia orgánica DQO con un (12.77%,35.24%,7.44%) (1).

**Tesis titulada:** “COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD COAGULANTE DEL OPUNTIA FICUS INDICA MIL DE TRES DEPARTAMENTOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DEL RÍO CHILLON -AAHH SANTA CRUZ DEL NORTE – LIMA 2018”. Con el **Objetivo General:** Describir cuál de las tres Opuntia Ficus Indica Mill contiene mejor la eficacia en la coagulación en el tratamiento del agua del río Chillón- AAHH Santa Cruz del Norte. **Metodología:** De acuerdo a la metodología de la indagación el estudio realizado a nivel de experimento del tipo puro y del sub tipo pre-post prueba, además el diseño es experimental, porque la variable independiente es manipulada, lo que es de tipo puro, porque existen más de un grupo de pruebas previas y posteriores de las cuales se tomaron muestras antes y después del tratamiento. **Conclusiones:** según los resultados conseguidos se puede observar que el Opuntia Ficus de Ancash logró una mayor eficacia en la remoción de turbidez de 94.36% y en color de 88.46% a comparación de las pencas de Ayacucho e Ica que tuvieron menor porcentaje en la remoción de turbidez y color, ya q estos resultados obtenidos influyo bastante por el tamaño de la penca de origen (14).

**Articulado titulado:** “EVALUACIÓN DE FECL<sub>3</sub> Y PAC PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA CON ALTO CONTENIDO DE COLOR Y BAJA TURBIEDAD”. Con el **Objetivo General:** Estimación de FeCl<sub>3</sub> como primer coagulante y PAC como adyuvante a escala experimental para la purificación del líquido elemento con nivel alto de color y nivel bajo de turbidez. **Metodología:** el enfoque del estudio se realizó a base de pruebas estadísticas (diagrama de cajas y bigotes, ANOVA y prueba de Tunkey), ello con la única finalidad para analizar estudios y la desigualdad de los variables establecidos, todo esto fue evaluado con un nivel de confianza de 95 %. **Conclusiones:** se puede concluir que la mezcla de FeCL<sub>3</sub> + PAC es como como un auxiliar en la coagulación aunque resultó muy eficiente de acuerdo a las consecuencias logradas, además también se puede determinar que se obtuvo un mayor rendimiento, para FeCL<sub>3</sub> con un 86.9%, y para PAC entre 0,2 y 0,5 mg/L, y respecto a la turbidez también se obtuvo mayor porcentaje con un 78% a comparación con el PAC que se obtuvo el 47 % (15).

### 2.1.3. Antecedentes locales

**Tesis titulada:** “OPUNTIA FICUS–INDICA COMO COAGULANTE PARA REMOCIÓN DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES DEL EFLUENTE DE BENEFICIO EN AVÍCULA LA CHACRA”. Con el **Objetivo General:** Determinar el efecto del coagulante natural de la Opuntia ficus-indica en la eliminación de las partículas en suspensión de los efluentes de la Avícola La Chacra de Huancayo – 2017. **Metodología:** La investigación metodología realizada fue de método científico, con el único objetivo de entender, aclarar y pronosticar los sucesos

dentro de un entorno social complejo, el que ayudara a determinar las ideas científicas exactas. Además, se busca comparar las características obtenidas en la teoría, como se puede evidenciar en el estudio de experimentación de acuerdo con las variables especificadas. **Conclusiones:** según los resultados obtenidos se puede concluir que antes del tratamiento los niveles sobrepasaron los valores máximos admisibles, así como también los parámetros turbidez, DQO5 y DBO y después del tratamiento se pudo evidenciar la eficacia del *Opuntia ficus – indica* como coagulante es muy eficiente en la reducción del promedio de los sólidos suspendidos con un valor de 65%, asimismo disminuyo favorablemente en los parámetros DQO5 y DBO y en especial la turbidez de sus efluentes de la Avícula “la Chacra” (16).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. *Opuntia ficus – indica***

El *Opuntia Ficus – indica* es una especie vegetal cetácea de la familia de cactáceas, por lo que en su mayor porcentaje estas especies presentan ausencia de hojas nomofilas, estos son planos de color verdoso y contienen poca cantidad de espinas, los segmentos o cladodios en que lo separan son tallos, ello también está constituido por flores y frutos comestibles, este cactus contiene un promedio de 90% del líquido elemento y 10% de (L-arabinosa (47%), D-xilosa (23%), D-galactosa (18%), L-ramnosa (7%) y ácido D-galacturónico (5%) (17). Esta especie vegetal es de gran importancia en los sistemas agropastoriles de los andes peruanos, en la que ello se puede ubicar extensamente repartida por el país, en particular en los valles interandinos donde se ha observado su desarrollo en lugares secos y requiere poco cuidado y mantenimiento cuando se cultiva (13).

#### **A. Origen de la *Opuntia ficus – indica* en el Perú**

En el Perú el origen de la *Opuntia ficus – indica* se remonta a la época del Horizonte Pre - agrícola (hace 10,000 años) cuando fueron descubiertos en los vertederos próximos a la gruta de Pachamachay cerca al lago de Junín a más de 4200 metros sobre el nivel del mar. En aquel lugar se encontró semillas de una variedad de *Opuntia* de más 11,800 años de antigüedad, eso que posiblemente *Austrocylindropuntia floccosa*, que para aquellos años era la única planta que crecía en las altitudes mencionadas anteriormente, entonces los frutos continúan siendo consumidos por la población de la sierra del centro y sur del país. Es por ello que esos tiempos las investigaciones de coprolitos humanos representaron hallazgos arqueológicos que establecieron la identidad de las variedades de cactus que influían en la alimentación humana formaban parte del consumo humano en la dieta de los pueblos antiguos del Perú (18).

Entonces aquel estudio de las publicaciones artísticas de la cultura preincas nos permite distinguir otras variedades más significantes, así que entre uno de ellos está el cactus “San Pedro” el más importante del Perú prehispánico. Además, los opuntias fueron demostrando documentadamente como los componentes más fundamentales de las culturas como: Paracas, Nazca, Moche, e Inca. Por lo tanto, el grupo de las platyopuntia en el que se localiza la tuna, se ha registrado exclusivamente en las culturas Moche e Inca. Exclusivamente en la representaciones visuales Mochica donde resaltan estas Opuntias de tallos aplanados y circulares, razón por lo que sus productos eran degustados por los Moche, como por ejemplo en los animales (zorros y venados) distinguidos en la cerámica (18).

Ahora en los primeros reportes en Perú fueron hechos por escritores históricos, así como Pedro Rivera en el año 1586, el padre Bernabé Cobo en su obra “Historia del Nuevo Mundo” en 1650 y Miguel de Estete en el año 1953, en una reunión comunico detalladamente el cultivo de la grana o cochinilla. De acuerdo con lo que ocurrió en la época prehispánica en el Perú, se encontró otras evidencias de que se producía y se utilizaba como colorante, esto ocurrió no solo en Perú en lugares como (Lima y Ayacucho), sino también en Bolivia y Chile, relatando que los indígenas recolectaban “muchas grana y algodón”, esta declaración validada más tarde por el padre Cobo en el año 1650 (18).

## **B. Clasificación científica**

La primera denominación en español es Higo de las Indias, lo que indica su procedencia - "Nuevas Indias" y de ahí la designación del nombre inicial científico es: *Cactus ficus-indica*. La denominación *ficus-indica* se utilizó en las "frases de diagnóstico" anticipadamente antes de Linneo, para referirse a.

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Caryophyllales
- Familia: Cactaceae
- Subfamilia: Opuntioideae
- Género: *Opuntia*

- Especie: ficus-indica
- Nombre binomial: O. ficus-indica (L.) 1768 Mill (19)

### C. Características

Los nopalitos son especies vegetales arbustivas, rastreras o erectas que son capaces de llegar a alcanzar de 33 – 50 cm de altura y un espesor de 2 cm, se pueden adaptar fácilmente en lugares con escases del líquido elemento, los tallos son de color verdoso y contienen poca cantidad de espinas, ello facilita a la recolección para su uso, también posee frutos comestibles (11).

**Tabla 02 Análisis fitoquímico de la Opuntia Ficus – Indica.**

Características de la Opuntia ficus – Indica	
Parámetro	Valor
<b>pH</b>	4.42
Humedad	90.23
Calcio	0.27
Hierro	32.55
Flavonoides	10.16
Saponinas	0.7

Fuente: (13)

### D. Uso de la tuna

Tiene varios usos, entre ellos los siguientes:

- Nutrición humana: frutas y néctares de mesa, mermelada, jaleas, miel, productos deshidratados, licores y aceites de cereales.
- Huésped de la cochinilla: colorantes, industria cosmética, colorantes alimentos.
- Cladodio o tallo: forraje para rebaño, extracto de tallo como floculante, aglutinante, arrancamiento de savia para enlucidos en la construcción de casas.
- Otros: establecimiento de cercos vivos y preservación de suelos etc. (20).

### E. Composición química general

La constitución química del nopal verde, cladodio es interesante desde la perspectiva empresarial porque cuando los brotes son jóvenes de (10 – 15 cm) se utilizan para la elaboración de nopales y mientras están relativamente lignificados (2-3 años los gladiolos antiguos) sirven para la elaboración de harina y diferentes mercancías.

**Tabla 03 Composición química de 100 g de nopal fresco.**

Parámetro	Contenido
Porción comestible	78.00
Energía (Kcal)	27.00
Proteínas (g)	1.70
Grasa (g)	0.30
Carbohidratos (g)	5.60
Calcio (mg)	93.00
Hierro (mg)	1.60
Tiamina (mg)	0.03
Riboflavina (mg)	0.06
Niacina (mg)	0.03
Ascórbico (mg)	8.00

Fuente: (21).

Lo que contiene de los microcomponentes en el cladodio cambio con la edad. Además, los nopalitos contienen una gran cantidad de agua (aproximadamente el 90%) y son muy apreciados ya que refleja la naturaleza fibrosa y la comparación con la fibra presente en algunas frutas y verduras.

También contienen una alta concentración de minerales, incluyendo el calcio y el potasio (93 y 166 mg / 100 g, en el mismo orden), son bajos en sodio (2 mg / 100 g), esencial para el bienestar de las personas. Contiene alto contenido de calcio y es muy importante debido a la relevancia de este mineral en la dieta (21).

### **2.2.2. Cloruro férrico**

El cloruro férrico o tricloruro de hierro (habitualmente denominado cloruro férrico) es una sustancia química de uso comercial correspondiente a compuestos de halógenos y metales, cuyo compuesto se expresa mediante  $FeCl_3$ . Inusual en su estado original en el mineral molisita, presente en algunas aberturas de gases volcánicos. Solución al 40 % de cloruro férrico, agente coagulante para la purificación de aguas residuales, habitualmente vendido a granel. Debido a

su naturaleza covalente, se disuelve en diluyentes orgánicos, la solución alcohólica se le denomina solución férrica. Al disolverse el agua, el cloruro férrico experimenta descomposición por agua y desprende calor en los parámetros dando como resultado: un pH de 4.42, Humectación (%) 90.23, Calcio (%) 0.27, Hierro (ppm) 32.55, Flavonoides (mg/g) 10.16 y Saponinas (mg/g) 0.7 una liberación de calor. Como resultado se obtiene un líquido ácido y corrosiva de tonalidad marrón, aplicada como floculante en el tratamiento del líquido vital y en el sector electrónico para el grabado químico de placas de circuito impreso (13).

### **2.2.3. Río Mantaro**

El río Mantaro es parte del sistema fluvial de la cuenca del Atlántico y se origina desde la desembocadura de la Laguna Chinchaycocha a 4 080 metros sobre el nivel del mar, próximo al Nudo Orogénico en la región de Cerro de Pasco. Superficie completa de la cuenca geográfica es de 34 546,51 km<sup>2</sup>, además la longitud es de 735 kilómetros a lo largo del Apurímac (22).

En esta cuenca se realizan relevantes actividades económicas como la minería, metalurgia, agricultura, ganadería y piscicultura, esta cuenca es también la que produce el 35% de energía eléctrica del país, aquella que desemboca en el punto de encuentro con el río Apurímac, dando origen al río Ene, a una elevación de 800 metros sobre el nivel del mar, dentro de la provincia de Satipo, región Junín. Además, esta cuenca se distingue por mostrar un relieve escarpado, alberga una diversidad abundante de flora y fauna, la que tiene tres partes diferenciados: tramo alta del río Mantaro, tramo medio del río Mantaro y tramo inferior del río Mantaro (23).

El tramo alto del río Mantaro, se encuentra ubicada en el Lago Junín y la laguna principal de la estructura que da origen a los afluentes más fundamentales, y después se encuentra el tramo medio del río Mantaro, además a una distancia de 80 km corriente abajo del Laguna Chinchaycocha, se localiza la presa de Malpaso a (3 800 metros sobre el nivel del mar). Desde Malpaso hasta Puente Stuart (Jauja), llegando hasta la presa de Tablachaca, aquello que desemboca por un fuerte curso de manantial en el cañón generando una zona muy peligrosa hasta el embalse de Tablachaca que se encuentra ubicada a (2 700,00 m.s.n.m.), tomada de la “Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo”. Central de Mayolo, obtiene dos fundamentales afluentes por el lado derecha, los ríos Vilca (Moya-Quillón) y Chinchi (Huancavelica), luego desemboca en el tramo inferior del río Mantaro, extendiéndose desde Tablachaca hasta el encuentro con el río Apurímac, con una amplitud territorial de 498 km (22).

### **2.2.4. Aguas Residuales.**

El agua residual, son aquellas aguas que han experimentado cambios en su composición física, química y biológica por el uso del hombre, además también fueron contaminados mediante residuos sólidos, biológicos, químicos, municipales, agrícolas y comerciales, estos efluentes líquidos contienen distintos contaminantes al ecosistema acuático y su entorno.

Estas aguas son efluentes que contienen diferentes tipos de contaminantes de acuerdo a su procedencia, el cual modifica las características del lugar que se realiza la descarga, es por ello que estos no pueden ser vertidos directamente al cuerpo receptor, ya que estos varían en el volumen y composición. Por lo tanto, por motivos de salud a la población y alteración al medio ambiente no pueden ser vertidos directamente sin ningún tratamiento (5).

#### **2.2.4.1. Origen de los Contaminados**

El origen de los contaminantes es esencial, debido a que con esto se puede deducir su composición, los cuales son:

Descargas residenciales

Descargas industriales

Contaminación dispersa. (lluvia, percolados, etc.)

Las fuentes que generan la contaminación de las aguas, son originadas por las actividades diarias domésticas, así como también por los establecimientos comerciales, industrias y ganaderas desarrolladas dentro de la sociedad. La contaminación de estas se entiende por la mezcla de los líquidos y residuos transportados por el elemento líquido originado de los domicilios, empresas, establecimientos comerciales, industrias, etc. juntamente a cualquier agua freática, superficial o pluvial que pueda existir (16). Por lo que estas aguas residuales contienen características originales que fueron cambiando debido a la actividad humana y por ende su calidad necesitan ser pretratadas antes de ser reutilizado o vertidas a cuerpos de agua naturales o vertidas en sistemas de alcantarillado (24).

#### **2.2.4.2. Características importantes de las aguas residuales**

Las características de las aguas servidas son muy importantes conocerlas, porque debido a ello se selecciona la modalidad de tratamiento de acuerdo a los elementos que contenga las aguas contaminadas, para ello existen tres características más importantes e fundamentales que contaminan el agua los cuales son: físicas, químicas y biológicas que se encuentran a detalle a continuación (25).

- A. **Físicas**: Las características fundamentales físicas existentes en el agua contaminada son: la cantidad de partículas sólidos en suspensión (sedimentales y disueltos), olor, temperatura, color, turbidez y densidad (26).
- B. **Químicas**: Las características primordiales químicas de las descargas líquidas y su procedencia se pueden determinar en: compuestos orgánicas, compuestos inorgánica y sustancias gaseosas existentes en este tipo de aguas (27).
- C. **Biológicas**: los importantes parámetros biológicos de las descargas líquidas son los siguientes: microorganismos, agentes patógenos existentes y ensayos de toxicidad (26).

#### **2.2.4.3. Valores máximos admisibles**

Los Valores Máximos Admisibles (VMA) corresponden a esos principios de acumulación de elementos, agentes, indicadores físicos o químicos, que especifican las aguas servidas (descargas de un establecimiento industrial). Además estos son vertidas al sistema de alcantarillado y por ello en caso de excederse, provocan perjuicios instantáneo o progresivos a instituciones o instalaciones médicas (25).

#### **2.2.4.4. Parámetros de calidad de las aguas**

##### **A. Materia orgánica**

La materia orgánica, simboliza la base más fundamental respecto a la degradación ambiental, la que consume el oxígeno disuelto, en los cuerpos acuáticos, ríos lagos, bahías, etc. Es por ende que las aguas residuales tienen una estructura representativa, ello con un 75% de partículas en suspensión, y el 40 – 50% de partículas sedimentales, son materia orgánica. Además, ello está formado por carbono, hidrogeno y oxígeno, juntamente con el nitrógeno en algunos casos, por los compuestos orgánicas presentes en el agua servidas están formados por proteínas, carbohidratos, aceites, grasas y surfactantes (28). Estos son provenientes del reino animal y vegetal, compuestos por una multitud de elementos: partículas grandes, coloides o macromoléculas en solución, en la que afecta en el sabor, olor en los cuerpos de aguas y es el actor de la tonalidad negruzco-amarillento que se nota de vez en cuando en el líquido elemento y que la caracterización de la materia orgánica está sujeto al inicio del que obtiene ello y como también de la descomposición biológica y química (1).

##### **B. Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto es uno de los importantes parámetros del proceso de tratamiento de las aguas servidas, ya que varios de los organismos están condicionados para conservar los

procesos bioenergéticos y concretar su reproducción. Asimismo, la concentración de oxígeno disuelto sirve como indicador fundamental del nivel de polución en los cuerpos del líquido, ya que además es un gas poco solubilizado y no afecta ante eso, y su capacidad de disolverse varía con la presión parcial. La cantidad máxima de saturación oscila desde 7 mg/l a 35° C y 14,7 mg/l a 0° C. Por otro lado, el medidor de la concentración de oxígeno en solución de la calidad de las aguas servidas debe tener una concentración de saturación no superior al 110% (29).

### **C. Demanda bioquímica de oxígeno**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es una de las bases más aplicadas para evaluar la calidad del agua, en la que contienen la demanda de oxígeno en el proceso de descomposición de materia orgánica (5). Por lo que este emplea evaluar el nivel de contaminación en mgO<sub>2</sub>/L, además, favorece información de la cantidad degradable por microorganismos de la carga orgánica del elemento hídrico, entonces este necesita tiempo, normalmente un promedio de 5 días, (DBO<sub>5</sub>) además también ellos pueden cambiar los resultados en un 20% según el laboratorio determinado, de acuerdo a las variaciones en la diversidad microbiana empleada al principio (30).

### **D. Demanda química de oxígeno**

La Demanda Química de Oxígeno (DQO), se produjo como respuesta a un requerimiento de medir la demanda de oxígeno de forma acelerada y segura. Este es un método para determinar la energía química. Sin embargo, originalmente se consideró un reemplazo más eficiente de la DBO. Es por ello que en la DQO se aplica un reactivo oxidante fuerte en medio ácido, el dicromato de potasio el más comúnmente utilizado, juntamente con el sulfato de plata como agente catalítico a una intensidad térmica elevada. Por otra parte, la DQO de una sustancia combinada generalmente mayor que la DBO, porque muchas sustancias pueden ser susceptibles a la oxidación química y no capaces de oxidarse biológicamente mediante la descomposición bacteriana (29). Además, la DQO se le conoce como la concentración de oxígeno requerido para llevar a cabo la oxidación química de la materia orgánica y convertido en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Se expresa en mg/l, por lo tanto, se considera uno de los métodos de entrega más rápidos, fáciles y confiables. Obtuvimos un resultado, que es en promedio de 2 a 4 horas en comparación con la DBO en la medición de aguas residuales (5).

### **E. Sólidos**

Los sólidos es otro indicador muy significativo en el tratamiento de las aguas servidas. Las sustancias orgánicas suelen presentarse en suspensión coloidal, por tanto, hay que distinguir las

partículas en suspensión y los solutos disueltos. También pueden ser volátiles, lo que indica un origen orgánico, o partículas sólidas inorgánicas presumiblemente fijas. La evaluación de estos se realiza mediante gravimétricamente, mejor dicho por peso, y también constituye en filtrar la muestra utilizando un filtro seco de peso determinado (29).

## **F. pH**

El potencial de hidrogeno es un parámetro que se utiliza para cuantificar o manifestar la acidez o la alcalinidad de un fluido. También se le conoce como aquel indicador favorable de la concentración de los iones del Hidrógeno (hidrogeniones). El potencial de hidrogeno, se usa para identificar la concentración de iones de hidrogeno en una solución, normalmente se mide a una escala del 1 a 14, un pH de 7 el valor es neutro, aquello se entiende que no es ni ácido tampoco básico, ahora de 0 a 7 se determina que el valor es acida, mientras el pH de 7 a 14 se denomina el valor básico. Ahora el pH es una cuantificación en la ciencia y la química que nos ayuda a determinar y clasificar soluciones en términos ácidos y básicos (31).

## **G. Nitrógeno**

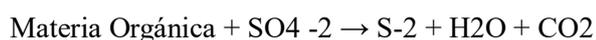
El nitrógeno es un elemento esencial de los polipéptidos. Y este, junto con el fosforo, es un alimento primordial para el desarrollo de los vegetales y protistas, especialmente en fitoplancton y microorganismos indispensables para la depuración de aguas servidas. Además, cuando el agua residual es descargada en los río, lagos, etc, el nitrógeno se halla fundamentalmente en forma orgánica y después se descompone posteriormente en amoniaco, nitrito y nitratos (29).

## **H. Fosforo**

El Fósforo (P), es otra sustancia nutritiva clave para el desarrollo de fitoplancton y microorganismos. Este es fundamental en el proceso de Eutrofización, ya que ciertas fitoplancton pueden compensar la falta de fijación de nitrógeno acuático. El fosforo se encuentran presentes en las aguas residuales en niveles que fluctúan entre 4 a 15 mg/L, por lo que el vertido de aguas residuales domesticas puede provocar enriquecimiento nutricional de lagos y bahías si no se elimina con anterioridad (29).

## **I. Azufre**

El ion sulfato se encuentra mayormente en las aguas servidas, ello es necesario para la composición de las proteínas y se deja libre durante la descomposición de las proteínas. El sulfato se disminuye a sulfuro de la siguiente forma que se encuentra a continuación.



El sulfuro de hidrogeno contiene un olor desagradable, ello tiende a transformarse en Ácido Sulfúrico, provocando la corrosión de las tuberías. El gas Sulfhídrico se forma durante la fermentación anaerobia, con producción de metano (29).

## J. Composición típica de las aguas residuales

La mezcla característica de los desechos líquidos domésticos es como se pueden observar en la siguiente imagen:

**Tabla 04 Composición típica de las aguas residuales domésticas.**

Contaminante	Unidad	Débil	Media	Fuerte
ST	mg/L	350	720	1200
SD	mg/L	250	500	850
SS	mg/L	100	220	350
SSV	mg/L	80	165	275
SSF	mg/L	20	55	75
SSed	mg/L	5	10	20
DBO5	mg/L	110	220	400
DQO	mg/L	250	500	1000
N-Total	mg/L	20	40	85
N-Org	mg/L	8	15	35
N-NH3	mg/L	12	25	50
P-Total	mg/L	4	8	15
P-Org	mg/L	1	3	5
Cl-	mg/L	30	50	100
SO4-2	mg/L	20	30	50
G&A	mg/L	50	100	150
Coli-Total	NMP/100ml	106 - 107	107 - 108	107 - 109

Fuente: (29)

### 2.2.5. Turbiedad de agua

La turbidez es la falta de la transparencia ocasionada por las partículas que componen el sistema coloidal, el que reduce la claridad de agua y la turbidez aumenta, también es determinado por la opacidad presente en los recursos hídricos debido a sustancias que son insolubles en suspensión, por lo que a mayor cantidad de partículas encontradas en el agua el valor de turbidez es aún mayor, ello se puede evidenciar por la presencia de partículas en suspensión, materia orgánica, procesos erosivos, etc., ya que es un indicador y nos da resultados acerca de contaminante específico, respecto al grado de contaminación en masas de agua (32).

### **2.2.6. Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )**

La conductividad eléctrica es una indicación de la característica que cuentan con las soluciones en agua y así manejar el flujo eléctrico. Ello depende de la cantidad, la acumulación y concentración iónica total en el agua y la temperatura, en la que se lleve a cabo su determinación (33). Además, ante todo tipo de alteración la multitud de solutos, la capacidad de desplazamiento iónica en solución y en su carga, conlleva una modificación en la conductividad, lo que da una aproximación rápida de la concentración de sólidos disueltos (24).

### **2.2.7. Coagulación – floculación**

#### **2.2.7.1. Coagulación**

La coagulación es una operación de inestabilización e interacciones químicas a nivel de partículas en suspensión coloidal concurrentes en el agua, los cuales alteran la carga eléctrica de las partículas suspendidas, es decir que los hace que aglutinen, por medio del aumento del uso de sustancias coagulantes y la aplicación de energía en proceso de combinación. Además, la coagulación es el enfoque más eficiente y requiere mucho más tiempo y por ende puede resultar ser más costosa siempre en cuando no está en condiciones óptimas lo ejecutado. Esto es similar a la técnica general, debido a que quita una mayor proporción de elementos de la naturaleza y de masa de materia. Aquellas que son anulados a un bajo costo, a diferencia de los demás métodos (13).

### **2.2.8. Tipos de coagulantes**

#### **A. Coagulantes inorgánicos**

Estos agentes aglutinantes son eficientes en el tratamiento que desea realizar, por lo que es importante encajar el pH y alcalinidad, por lo que depende de ello su efectividad y su buen resultado. También, se indica que su uso ocasiona grandes cantidades de lodo y esto conlleva a mayor costo en los tratamientos. Los coagulantes más comúnmente usados para generar

partículas microscópicas son: Sulfato de Aluminio, Aluminato de Sodio, Cloruro de Aluminio, Cloruro Férrico, Sulfato Férrico, Sulfato Ferroso y Polielectrolitos. De los cuales el más usado para la purificación del agua es el Sulfato de Aluminio, ello es utilizado con el único propósito de acelerar la arcilla, partículas coloidales, algas y sustancias húmicas presentes en el líquido elemento (12).

## **B. Coagulantes orgánicos**

Los coagulantes naturales es una alternativa viable, por lo que son muy bajos en costos y sostenible con el medio ambiente, por lo que suele a no generar ningún peligro al medio ambiente, es por ello que puede ser tratados biológicamente o también desechados (sin ningún tratamiento) como acondicionadores orgánicos del suelo, a comparación con el proceso de coagulación con compuestos químicos, por que resultan ser más dañinos al ambiente por la presencia de los lodos. Por lo que estos coagulantes naturales se pueden obtener fácilmente porque, son libres a nivel local y al ser extraídos del mismo lugar las plantas naturales se hallan libres de toxinas es por ello que no representa ningún riesgo para la salud de la población. Además los coagulantes naturales más importantes son producidos por: Moringa oleífera (Moringa), Jatropha curcas (Piñón Mexicano), Hibiscus sabdariffa (Rosa de Jamaica), Prosopis juliflora (Frijol mezquite), Cactus latifaria y Opuntia ficus-indica (Tuna) (12).

### **2.2.8.1. Floculación**

La floculación es la agregación de partículas inestables en las que las partículas se agrupan por su carga en los flóculos más grande, que luego de ser desestabilizados estas partículas, alcanzan el peso ideal para sedimentar rápidamente bajo la influencia de la gravedad. Hoy en día los floculantes más utilizados son polímeros lineales sintéticos de alto masa molecular, hidrosolubles y eficaces en concentraciones reducidas, ya que establecen enlaces o conexiones entre flóculos (31).

### **2.2.9. Estándares de calidad ambiental**

El Estándar de Calidad Ambiental está establecido por ley “la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente” (34). Además, conforme se expone posteriormente, los Estándares de Calidad del agua es una medida estándar utilizada para especificar la utilidad de una masa de agua, respecto a la operación de su calidad, ya sea en relación con su valor natural o su carga de contaminación potencial descubierto, además se debe

de tener en cuenta que ello no es una medición de emisión o efluente. Entonces en la situación de un permiso de descargas se permite la descarga siempre en cuando ello no exceda el ECA, que está preestablecido según el uso del agua (32).

### **2.2.10. Ensayo de coagulación – floculación a nivel de laboratorio**

El ensayo de coagulación – floculación a nivel de laboratorio, es una técnica de laboratorio diseñada para simular el proceso de tratamiento de agua realizado en una instalación, permitiendo una evaluación rápido y a gran escala de los efectos de diversos agentes de floculación. Además, los parámetros como la velocidad y el tiempo de mezclado afectan el proceso de clarificación (13). También se utilizan para fijar la cantidad ideal del coagulante, ya que facilita el correcto desarrollo del proceso de coagulación durante el tratamiento del agua (11), entonces, una vez aplicado los coagulantes se determina la proporción porcentual de la eliminación de la materia orgánica, en la que esto facilitara medir el rendimiento del proceso de los coagulantes, a través de la remoción de la materia orgánica frente a los datos iniciales.

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1. Eficiencia**

Para describir “eficiencia” de manera genérica, podríamos decir que se refiere a la situación en la que un sistema opera de manera óptima, de tal manera que no existe ninguna posibilidad de reasignar los recursos de manera que una persona pueda experimentar un mayor bienestar o satisfacción sin que otras personas experimenten una disminución de su bienestar o satisfacción. Además la eficacia de la asignación de recursos y procesos productivos se evalúa considerando asignaciones alternativas y como afecta al bienestar de la población (32).

### **2.3.2. Materia orgánica**

la materia orgánica está presente en masas de agua en la superficie y es responsable del tono amarillento negruzco ocasionalmente observado en el agua. La caracterización de este material orgánica está determinada por su origen y los procesos de descomposición biológica y química (1).

### **2.3.3. Muestra**

Es un segmento seleccionado de una matriz ambiental o de origen que se elige siguiendo un procedimiento predefinido, según corresponda, para identificar las propiedades de la matriz (35).

#### **2.3.4. Muestra simple**

Denominada también como discreta, esta técnica implica la extracción de una muestra de agua en un lugar específico para su análisis individual (16).

#### **2.3.5. Muestra compuesta**

Combinación de muestras específicas recolectadas en el mismo lugar durante un periodo específico. Estas muestras compuestas se utilizan para evaluar concentraciones promedio, empleadas para estimar las cargas respectivas o la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales (35).

#### **2.3.6. Agua**

El agua es un elemento químico que está compuesto por un átomo de oxígeno y dos de hidrogeno y puede encontrarse en tres formas diferentes; gas (vapor), solido (hielo) y líquido (1).

#### **2.3.7. Contaminación de agua**

La contaminación del agua es la alteración de la misma debido a la acumulación de una o más compuestos no deseados o perjudiciales, en una concentración que la hace inadecuada para el uso previsto (36).

#### **2.3.8. Tratamiento de Aguas Residuales**

Se trata de un conjunto de procesos físicos, biológicas y químicas. Su objetivo es eliminar la mayor parte de los contaminantes antes de su descarga, de modo que el nivel de contaminación residual en las aguas tratadas satisfaga los requisitos legales y pueda, en algunos casos, ser asimilado naturalmente (24).

#### **2.3.9. Coagulante**

Son sustancias que, al ser incorporadas al agua, facilitan la aglutinación de los coloides para su posterior sedimentación (16).

#### **2.3.10. Coagulante natural**

El coagulante natural son composiciones orgánicas, que consiste en compuestos de origen biológico, principalmente derivados de almidón y celulosa, extractos vegetales, algunas gomas, quitosana y alginatos (extracciones de algas) (1).

### **2.3.11. Efluente**

líquido que sale de un proceso industrial, una planta de tratamiento de aguas residuales, una planta de procesamiento de alimentos o cualquier otra fuente hacia el medioambiente, ya sea directamente en cuerpos de agua o a través de sistema de alcantarillad (36).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método, tipo y nivel de investigación**

##### **3.1.1. Métodos de investigación**

###### **3.1.1.1. Método general o teórico de la investigación**

El enfoque general que se aplicó en este estudio se empleó el método inductivo, debido a que ello está basado en la exposición de los hallazgos de una investigación o experiencia para así poder plantear, la hipótesis y teoría (37). Es por ello que a partir de este método se proyecta estudiar, evaluar y determinar la eficacia del tratamiento de la remoción de materia orgánica.

###### **3.1.1.2. Método específico de la investigación**

Se utilizó la visualización directa y experimental como método específico para este estudio, esto se debe a que la interacción es directa con la investigación, con el propósito de entender la situación (37). Por lo que significa que se llevó a cabo la observación directa en las zonas afectadas debido a las aguas contaminadas a causa de la humanidad, en el campo de las ciencias biológicas, la inspección puede estar circunscrita al ámbito del laboratorio quiere decir en la investigación, ello mejora el método experimental tal como se detalla en la metodología del presente estudio (16), además también es la única finalidad de identificar el peligro que pueda causar en el entorno social, ambiental y socioeconómico.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada ya que también es conocida con el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación (38).

Se escoge este tipo de investigación ya que a través de su comparación del tratamiento se pudo determinar la capacidad del tratamiento de la remoción de la materia orgánica.

#### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de investigación utilizado fue el comparativo, es el método de comparación sistemática de objetos de estudio, generalmente utilizado para llegar a generalizaciones empíricas y comprobar la hipótesis (39). En ese sentido, con este nivel de investigación los resultados

obtenidos se compararon con la normativa legal vigente, es allí donde se pudo determinar la eficiencia de tratamiento de la remoción de materia orgánica a través de *Opuntia ficus – indica* y cloruro férrico para las muestras de las aguas del río Mantaro.

### **3.4. Diseño de investigación**

El tipo de investigación que se realizó fue el experimental puro, aquella que estará desarrollado mediante dos grupos: uno es sometido al tratamiento experimental mientras que el otro no experimenta dicho tratamiento. Por lo tanto, la manipulación de la variable independiente se obtiene únicamente con dos niveles: con presencia y sin presencia. Por lo que las personas designan de manera aleatoria a los grupos. En el momento que termina la manipulación de los dos grupos se le dispone una medida respecto a la variable dependiente (39).

El diseño de diagrama es de la siguiente manera:

GE1R O1	X	02
GE2R O1	-	03

Se escoge este diseño, ya que, a través de éste, se podrá comparar la eficacia de la remoción de materia orgánica a través del coagulante natural y convencional, ello levantando información in-situ para luego ser llevados a laboratorio, donde los resultados obtenidos fueron comparados con la normativa legal vigente y posteriormente se aplicó la evaluación y comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) (8).

#### **3.4.1. Fases de la investigación**

##### **3.4.1.1. Preparación del coagulante Natural**

En la adquisición del agente coagulante orgánico (*Opuntia ficus-indica*), se llevaron a cabo los siguientes pasos que se puede evidenciar a detalle en la figura 14, el cual fue considerada conforme la metodología realizada en el trabajo de suficiencia profesional de la universidad nacional tecnológica de lima sur, de acuerdo a los resultados obtenidos en la eliminación de la turbidez del agua en comparación con estudios previos de otros investigadores.

##### **A. Obtención de la penca**

Para la obtención de la penca de la *Opuntia ficus-indica* se extrajo de la comunidad del centro poblado de Cajas Chico sector 3 del Valle del Mantaro, perteneciente al Distrito del Huancayo. Provincia de Huancayo, Departamento de Junín.



**Figura 03 Extracción de la penca de la *Opuntia ficus-indica*.**

Fuente: elaboración propia.

### **B. Limpieza de las pencas de la tuna**

A continuación, se efectuó a extraer todas las espinas de las pencas a utilizar para luego ser lavadas y picadas en trozos.



**Figura 04 Limpieza de la penca de la Opuntia ficus-indica.**

Fuente: elaboración propia.

### **C. Trozado de la penca de la tuna**

Se efectuó a ser cortadas las pencas de la Opuntia ficus-indica con la ayuda de un cuchillo en pequeños trozos semejantes, sin retirar la cutícula para luego ser llevado a un lugar adecuado para su debida deshidratación a temperatura ambiente.



**Figura 05 Trozado de la penca de la Opuntia ficus-indica.**

Fuente: elaboración propia.

#### **D. Deshidratación de los trozos de la penca de la tuna**

Posteriormente los 2 kg de los trozos de la penca con toda la cutícula se procedieron a tender por 5 días consecutivos en un lugar libre y con bastante presencia de la luz solar, para su deshidratación adecuada a temperatura ambiente, ello sin ninguna manipulación de las personas o pequeños animales de casa, para así evitar algún contaminante que pueda alterar con la muestra.



**Figura 06 Trozo de la penca tendido antes de su deshidratación.**

Fuente: elaboración propia.



**Figura 07 Trozo de la penca, deshidratación a temperatura ambiente.**

### **E. Molienda y tamizado**

La penca deshidratada obtenida (500 gramos), se llevó a ser triturada con la ayuda de un mortero y un pilón, para luego ser tamizada, pesada y almacenada para su respectivo uso.



**Figura 08 Obtención de la harina de la penca de la *Opuntia ficus-indica***

Fuente: elaboración propia.

### **F. Almacenamiento del coagulante**

Luego de la adquisición de la harina de la penca de la tuna, se ha realizado el pesado, de luego almacenado, ello en un recipiente hermético de vidrio, limpio y seco hasta su respectivo uso.



**Figura 09 Pesado de la harina de la penca de la Opuntia ficus-indica para su respectivo almacenamiento y uso.**

Fuente: elaboración propia.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población está conformada por aguas del río Mantaro, ello se encuentra bajo la influencia de las aguas servidas de todos los habitantes de la ciudad de Huancayo, teniendo como coordenadas UTM: 474383.96 E y 8665298.55 N.

#### **3.5.2. Muestra**

El diseño de la muestra fue realizado mediante el muestreo compuesto, el cual está definido conforme al “protocolo nacional de monitoreo de calidad de agua”, es por ello que se toma en consideración los puntos de control establecidos en el protocolo nacional de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficial, para ello, se trabajó con caudales del río Mantaro. En la que, las muestras establecidas para la investigación fueron tomados 3 muestras compuestas de 2 litros por cada hora específica (durante un día), con un resultado total de 6 litros de agua de muestras compuestas recolectada del río Mantaro, este se realizó 3 veces al día, el primero se llevó a cabo a las 8:00 am., el segundo a la 1:00 pm. y el tercero a las 5:00

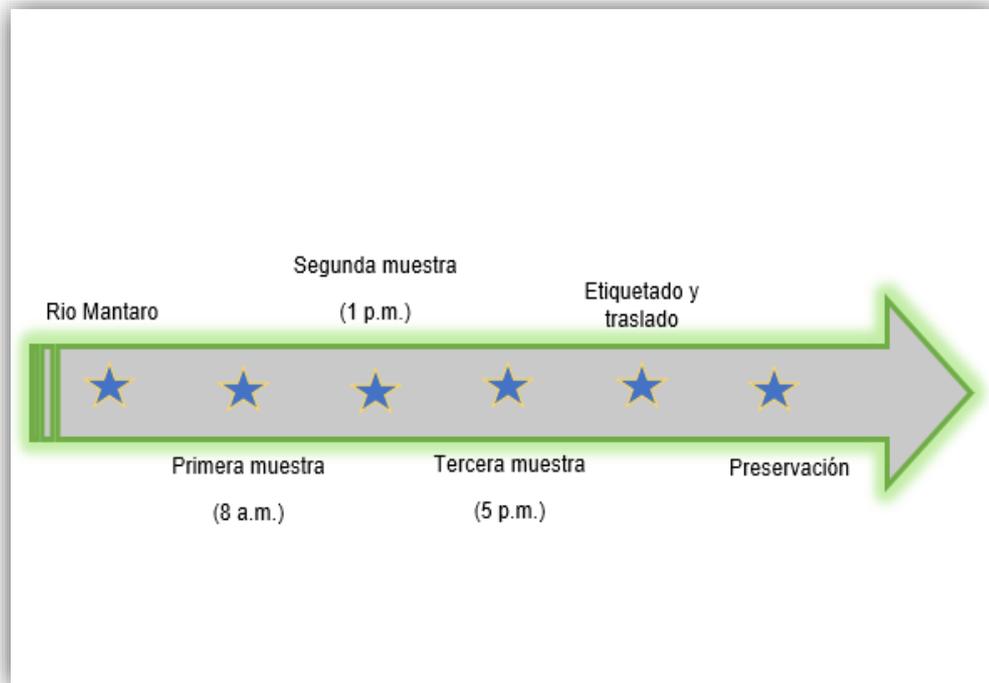
pm., los parámetros que fueron medidos son el pH, T°, DQO, Turbidez y conductividad eléctrica antes y después de tratamiento.

Para la extracción de las muestras me guié con el procedimiento de muestreo de agua superficial, aquello es en donde nos indica los puntos estratégicos para un muestreo, debido a que tienen importancia en los proyectos de estudios ambientales guiados en cuencas hidrográficas, para ello se ha establecido los puntos de muestreo, aguas abajo del afluente del Río Shulcas hacia el río Mantaro, el cual a una distancia de 200 metros aproximadamente (40).

Los resultados obtenidos antes y después del tratamiento con el *Opuntia ficus* – indica y cloruro férrico en las muestras del agua del río Mantaro fue comparado con los “Estándares de la Calidad Ambiental (ECA)” (ver anexo 6), en la que se tienen que tener en cuenta que los parámetros de comparación son: el pH, T°, Turbidez, DQO y conductividad eléctrica.

### **3.5.3. Obtención de las muestras**

Con la finalidad de adquirir la muestra en este estudio, se prosiguieron detalladamente los procedimientos que se encuentra a detalle en la figura 10.

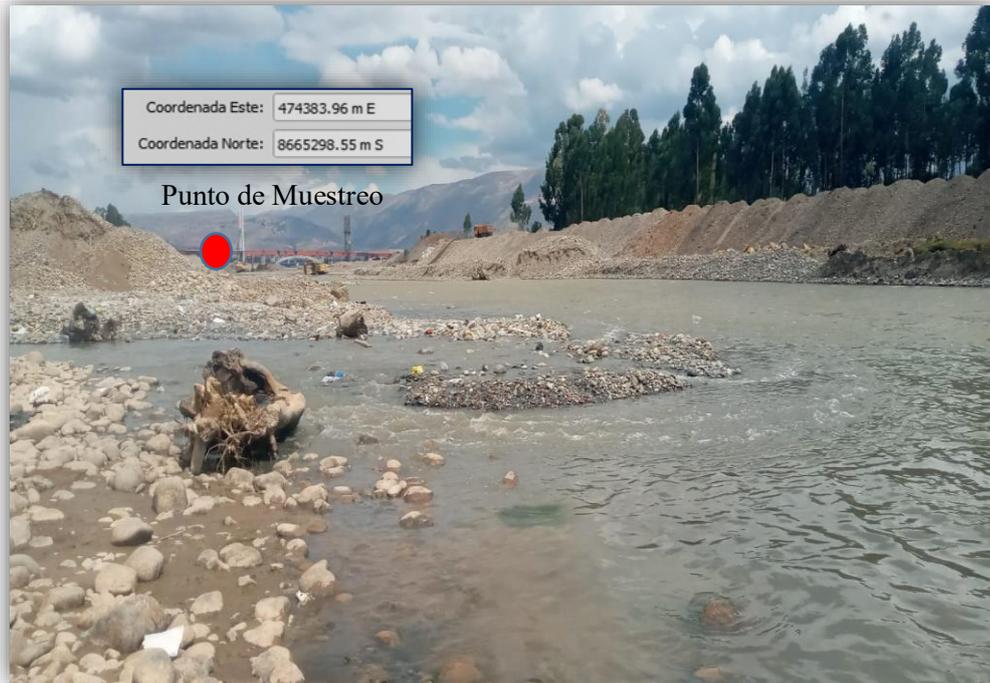


**Figura 10 Obtención de las muestras de agua.**

Fuente: elaboración propia.

#### **A. Río Mantaro**

Lugar de estudio (Río Mantaro), este fue el lugar de la toma de las muestras.



**Figura 11 Lugar de estudio (Río Mantaro).**

Fuente: elaboración propia.

## **B. Recolección de la muestra**

Se alistó en un recipiente para la recolección de la muestra, la primera fue a las 8 a.m., la segunda fue eso de la 1 p.m. y la tercera muestra fue a las 5 p.m. durante el día en el lugar determinado.

Se eligió los horarios de muestreo por motivos de estrategia para poder obtener muestras de agua del río Mantaro con mayor presencia de contaminantes, en la primera muestra que fue a las 8 a.m. se genera mayor cantidad de aguas de origen domésticas e industriales, asimismo a la 1 p.m. se genera mayormente aguas de origen domésticas, agrícolas, industriales y urbanas y por ultimo a las 5 p.m. se genera aguas de origen domésticas e industriales, todo ello debido a las actividades desarrolladas de la población de la ciudad de Huancayo, conforme a su comportamiento de estilo de vida.

También, se pudo determinar que se extrajo aproximadamente 2 litros de agua en cada hora determinada. Adquiriendo una muestra homogénea en un valde de 10 litros.



**Figura 12 Recolección de las muestras.**

Fuente: elaboración propia.

### **C. Etiquetado y Traslado**

A continuación, se continuo con la rotulación para el traslado y guardado de la muestra para el estudio y evaluación en el laboratorio.

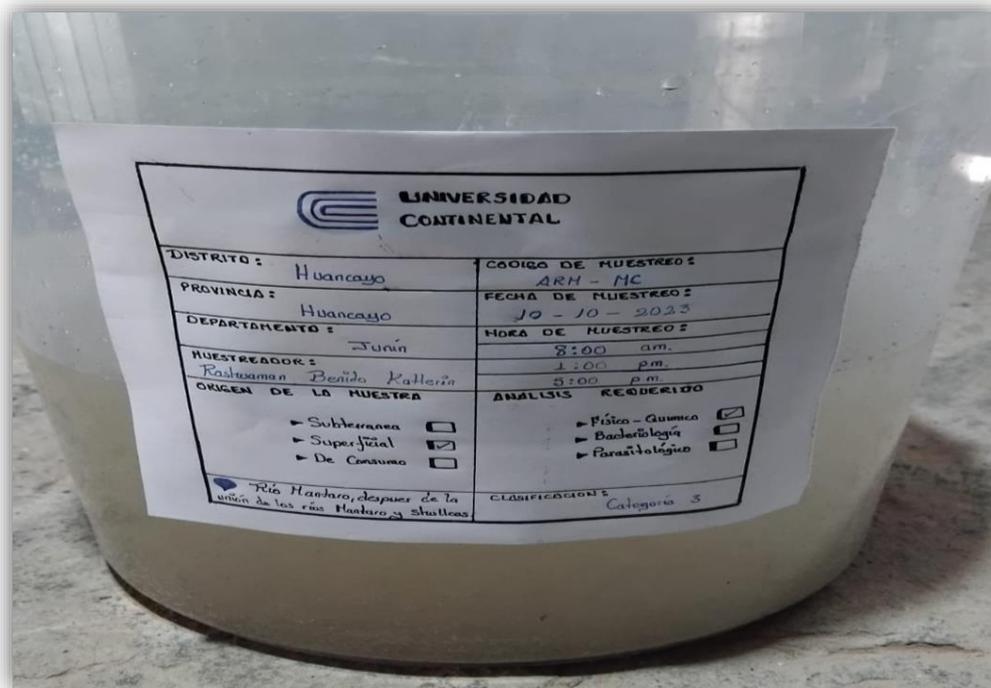


Figura 13 Etiquetado y traslado de la muestra.

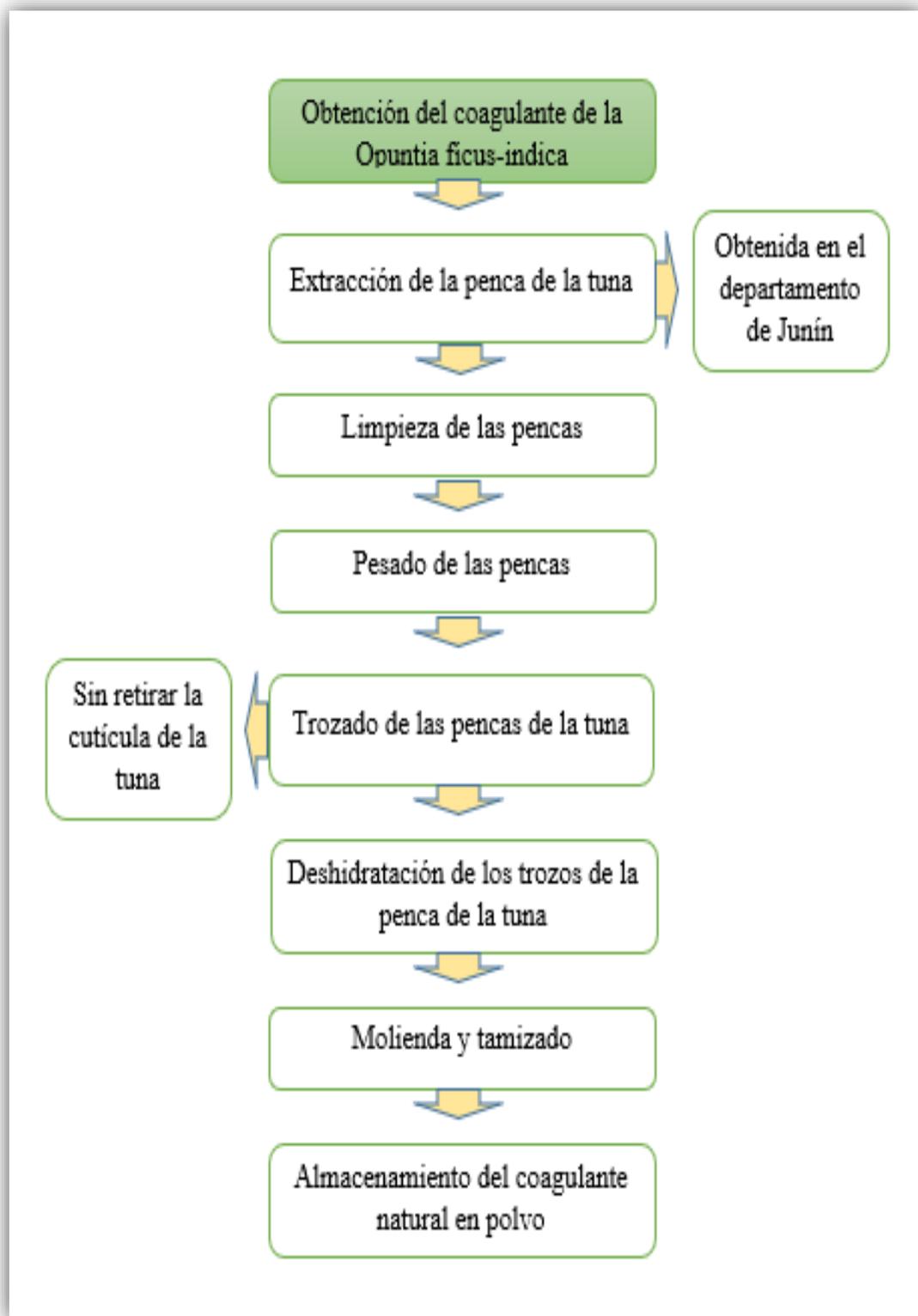
Fuente: elaboración propia.

## D. Preservación

La preservación se realizó siguiendo las directrices establecidas por la normativa nacionales para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (Resolución Jefatural N°10-2016-ANA) (40). Anexo VII.

### 3.5.4. Obtención del coagulante Natural y Químico.

Para la adquisición del coagulante natural (*Opuntia ficus-indica*), se realizó los pasos conforme se encuentra a detalle en la figura 14.



**Figura 14** Obtención del coagulante natural (*Opuntia ficus-indica*).

Fuente: elaboración propia.

Ahora mientras que para la obtención del coagulante químico (Cloruro férrico), se pudo obtener de forma directa, el costo de inversión fue aproximadamente de 2 a 5 soles.

### 3.6. Preparación de la dosis del Coagulante Natural

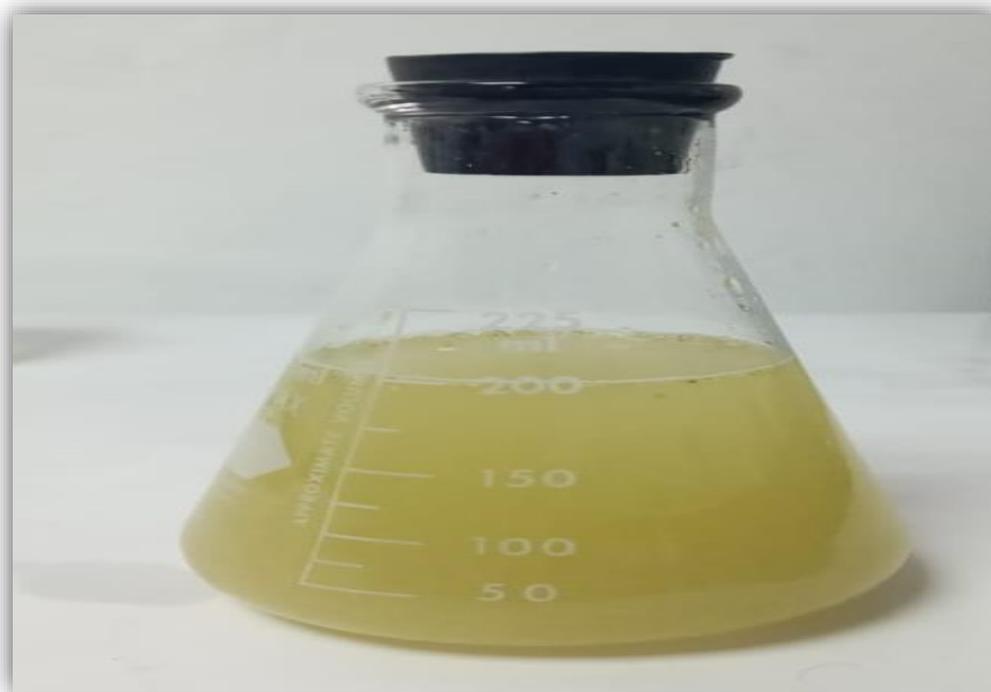
- Solución Principal

Se peso 2 gramos de harina de la penca de tuna, el que fue llevado a un Matraz de Erlenmeyer, de luego se adiciono 200 ml de agua desionizada. Esta cantidad se llevó a una solución de 1% igual que al coagulante químico para la mejor comparación de los resultados.



**Figura 15 Pesado del polvo de la *Opuntia ficus* – indica.**

Fuente: elaboración propia.



**Figura 16 Coagulante natural (*Opuntia ficus - indica*).**

Fuente: elaboración propia.

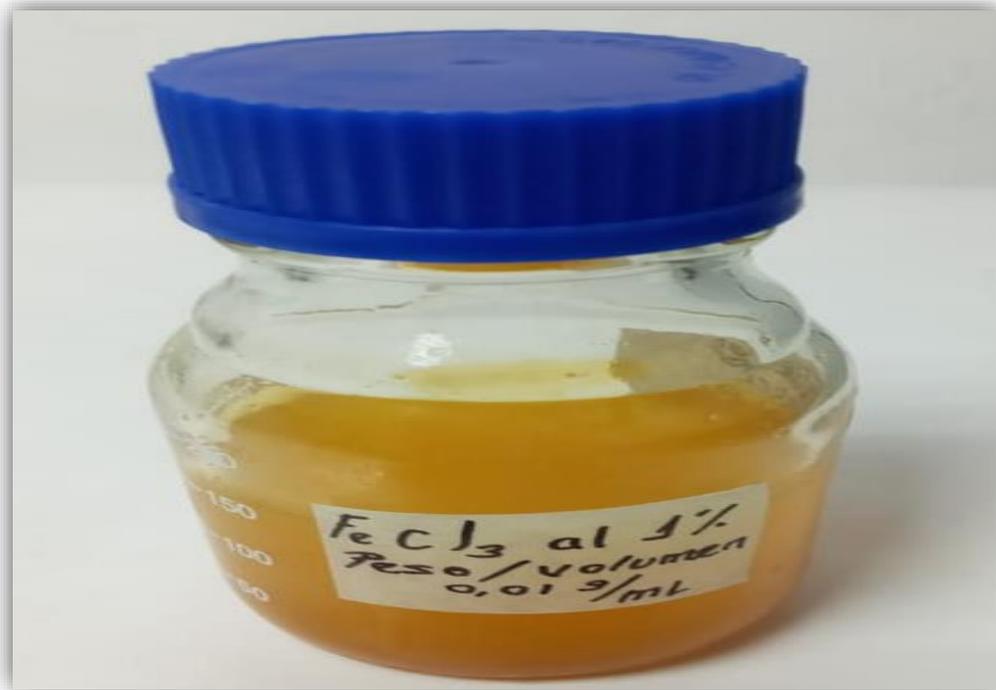
- Cantidad de dosis natural

Las dosis determinadas para este estudio de investigación fueron de 10, 20, 30 y 40 ml/L, por lo que se extrajo de la solución madre 2, 4, 6 y 8 ml de concentración del coagulante natural. Estas dosis mencionadas líneas arriba fueron establecidos conforme a los buenos resultados obtenidos de los antecedentes, especialmente en la remoción de materia orgánica y turbidez (1).

### **3.7. Preparación de La dosis del Coagulante Químico**

- Solución Principal

Se peso 1 gramo de cloruro férrico, aquello fue llevado a un envase de vidrio de boca ancha, agregando 100 ml de agua desionizada, para llevar a una concentración del 1%. Además, se tuvo en cuenta que se diluyo el cloruro férrico al 1% por razones de seguridad, facilidad de manejo, precisión en las reacciones y economía.



**Figura 17 Coagulante químico (Cloruro férrico).**

Fuente: elaboración propia.

- Cantidad de dosis químico.

Las dosis determinadas para este estudio de investigación fueron de 10, 20, 30 y 40 ml/L, por lo tanto, se extrajo de la solución madre 2, 4, 6 y 8 ml de concentración del coagulante químico. Estas dosis mencionadas líneas arriba fueron establecidos conforme a los buenos resultados obtenidos de los antecedentes, especialmente en la remoción de demanda química de oxígeno y turbidez (13).

### **3.8. Aplicación del ensayo de coagulación – floculación a nivel de laboratorio**

La aplicación del ensayo de coagulación – floculación en el ámbito de laboratorio, fue diseñado para lograr una uniformidad, con una velocidad rápida y lenta, en por ende se puede evidenciar la fase de aglutinación y floculación al agregar la concentración de muestras de coagulantes.

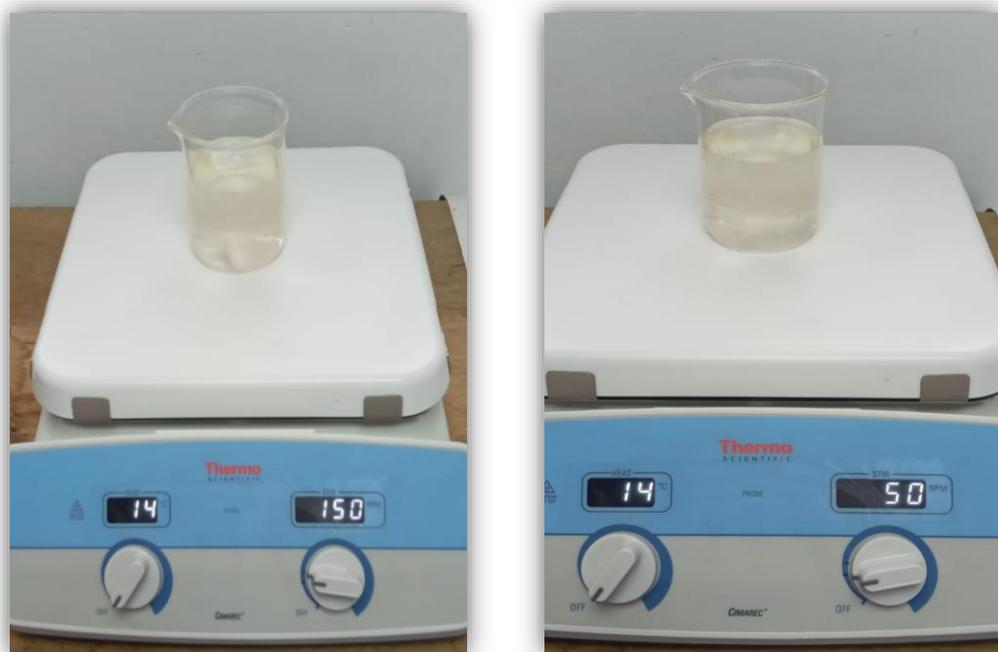
Además, se tiene en cuenta que las velocidades y tiempos establecidos fueron determinados a criterio, conforme a los resultados obtenidos de los antecedentes, por lo que se consideró como una referencia la investigación realizada del “trabajo de suficiencia profesional” (13), el cual se encuentra a detalle a continuación.

**Tabla 05 Velocidad y tiempo de las etapas del proceso de aplicación del ensayo de coagulación – floculación a nivel de laboratorio.**

Etapa	Velocidad	Tiempo
Homogenización	50 RPM	10 segundos
Mezcla rápida	150 RPM	1 minuto
Mezcla lenta	50 RPM	10 minutos
sedimentación	0RPM	15 minutos

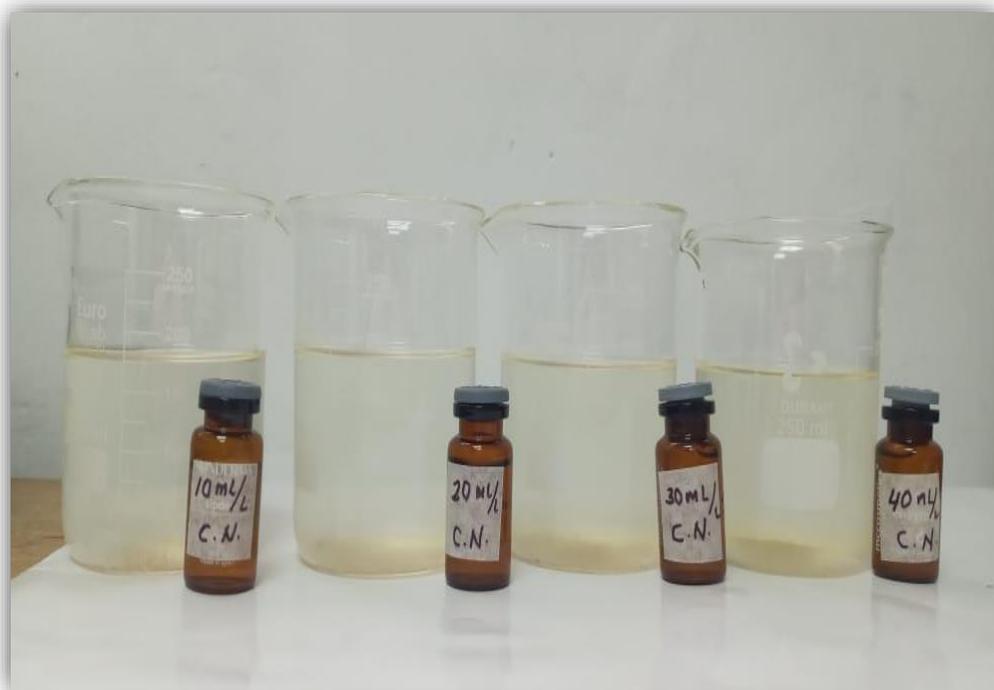
Fuente: elaboración propia.

Después de que el equipo este programado, se procedió añadir 200 ml de muestra del agua del río Mantaro en los respectivos vasos correspondientes, de luego se inició con el proceso de homogenización a una velocidad de 50 RPM y en un tiempo de 10 segundos, es allí en donde se adicionó los coagulantes como: Opuntia ficus – indica y/o cloruro férrico a distintas dosis de acuerdo a lo mencionado líneas arriba, a continuación se empezó la mezcla rápida, ello con una velocidad de 150 RPM en un tiempo de 1 minuto, después de procedió con la mezcla lenta, con una velocidad de 50 RPM por un tiempo de 10 minutos y por último se apagó el equipo, de luego se esperó el tiempo determinado para dar como finalizado con la fase de sedimentación.



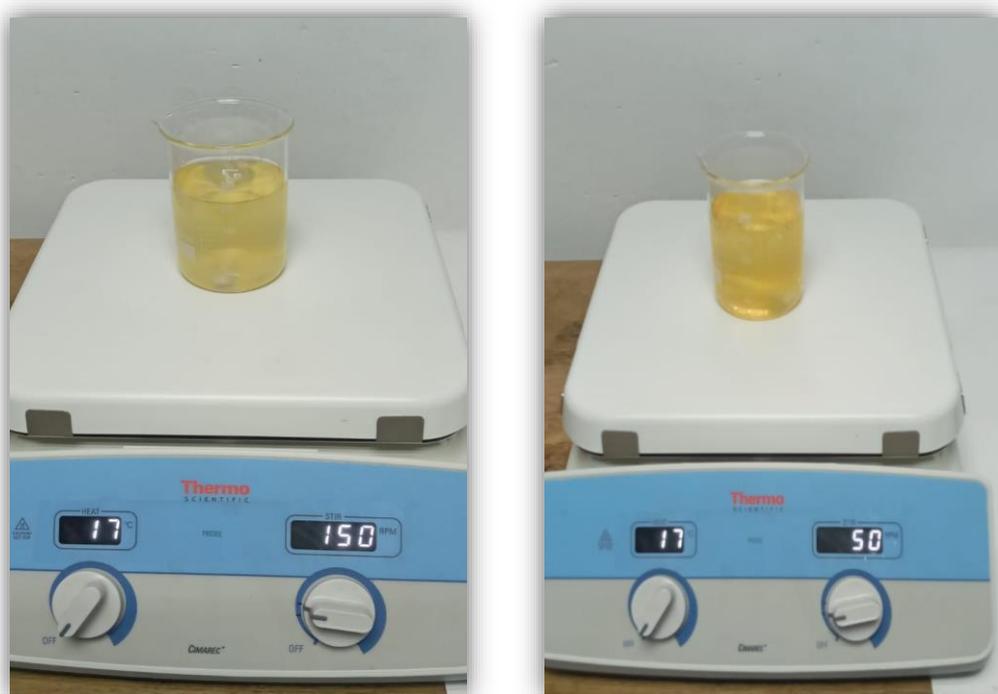
**Figura 18 Velocidad rápida a 150 RPM y velocidad lenta a 50 RPM.**

Fuente: elaboración propia.

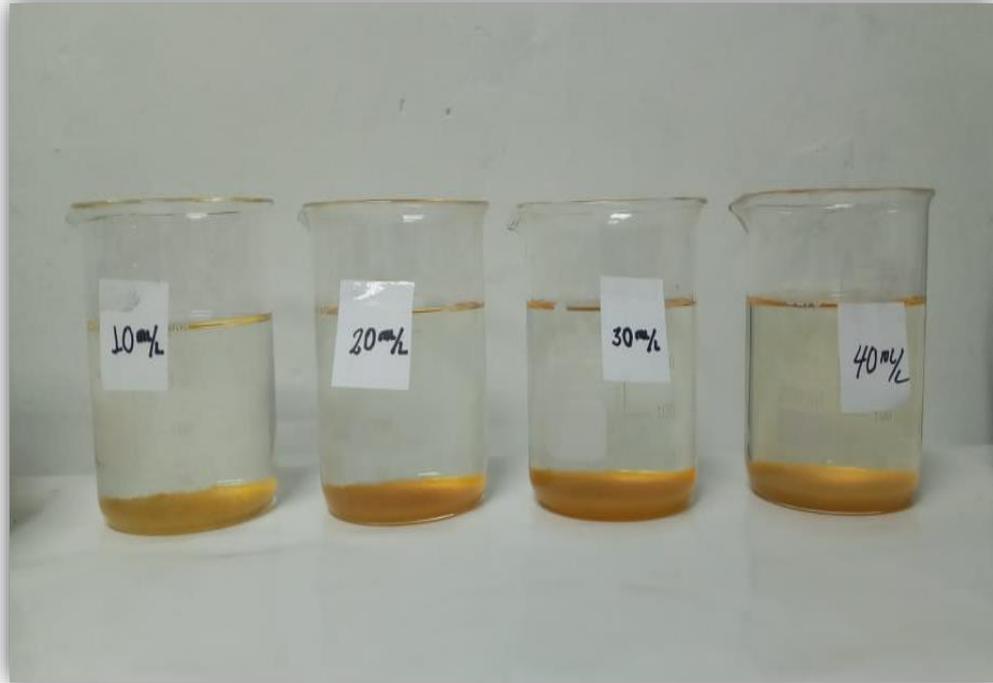


**Figura 19 Resultados a diferentes dosis con el coagulante natural (Opuntia ficus - indica).**

Fuente: elaboración propia.



**Figura 20 Velocidad rápida a 150 RPM y velocidad lenta a 50 RPM.**



**Figura 21 Resultados a diferentes dosis con el coagulante químico (Cloruro férrico).**

Fuente: elaboración propia.

### **3.9. Técnicas e instrumento de recolección de datos**

#### **3.9.1. Técnicas**

Para este estudio se empleó el uso de la técnica de apreciación directa, protocolo de muestreo y pruebas en laboratorio, las cuales se evidencian en las etapas siguientes:

1° Etapa: evaluación preliminar

- Datos recopilados a partir de antecedentes
- Datos recopilados mediante la observación directa durante una visita de campo, respecto a la calidad de agua.

2° Etapa: gestión y organización de información recolectada

- La determinación del punto de muestreo fue cercanos al afluente de descarga del río Shullcas hacia el río Mantaro, para ello se evaluó y se tomó en cuenta el entorno ambiental, humano y socioeconómico.

- Análisis y evaluación en laboratorio de las muestras recolectadas en campo.

3° Etapa: Operacionalización

- Evaluación e interpretación de los resultados obtenidos.
- Evaluación conforme a la normativa legal actual.
- Utilización del manual de Evaluación de Riesgos Ambientales en base de los hallazgos.

### **3.9.2. Instrumentos de la recolección de datos**

En este estudio se emplearon instrumentos de campo que se detallan a continuación:

- Para localización, equipo de posicionamiento global GPS.
- Fichas de registro de datos.
- Termómetro ambiental
- pH metro
- Turbidímetro
- Balanza analítica
- Recipientes de vidrio
- Cuchillo y/o Cúter
- Coagulantes naturales (penca de la tuna)

## **3.10. Metodología experimental**

### **3.10.1. Ubicación política**

Departamento/Región: Junín

Provincia: Huancayo

Distrito: Huancayo

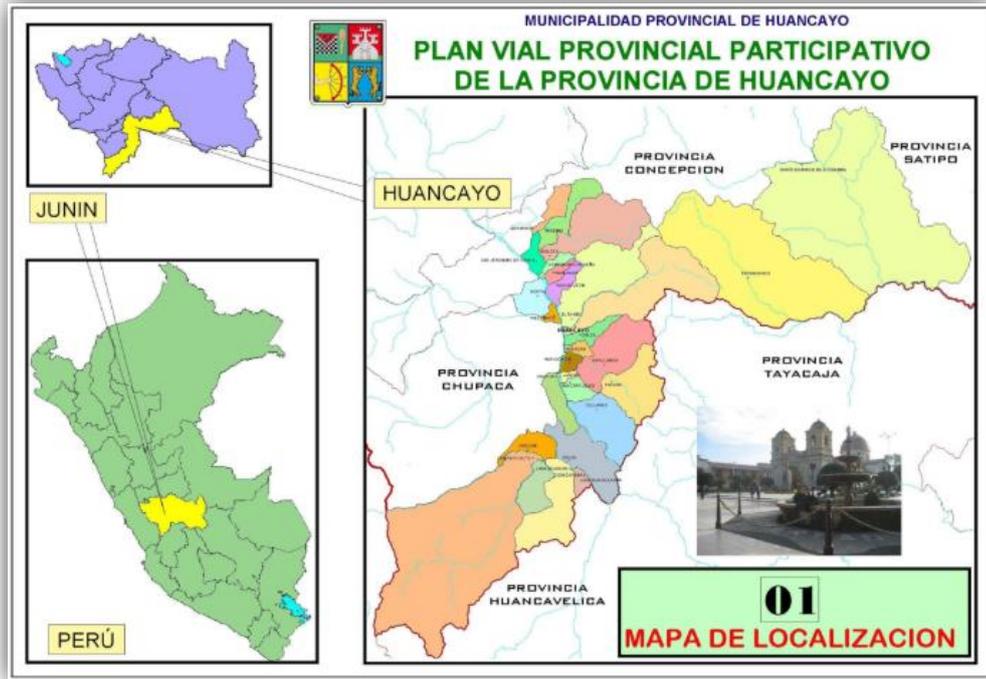


Figura 22 Localización de la Provincia de Huancayo - lugar de investigación.  
 Fuente: (41).

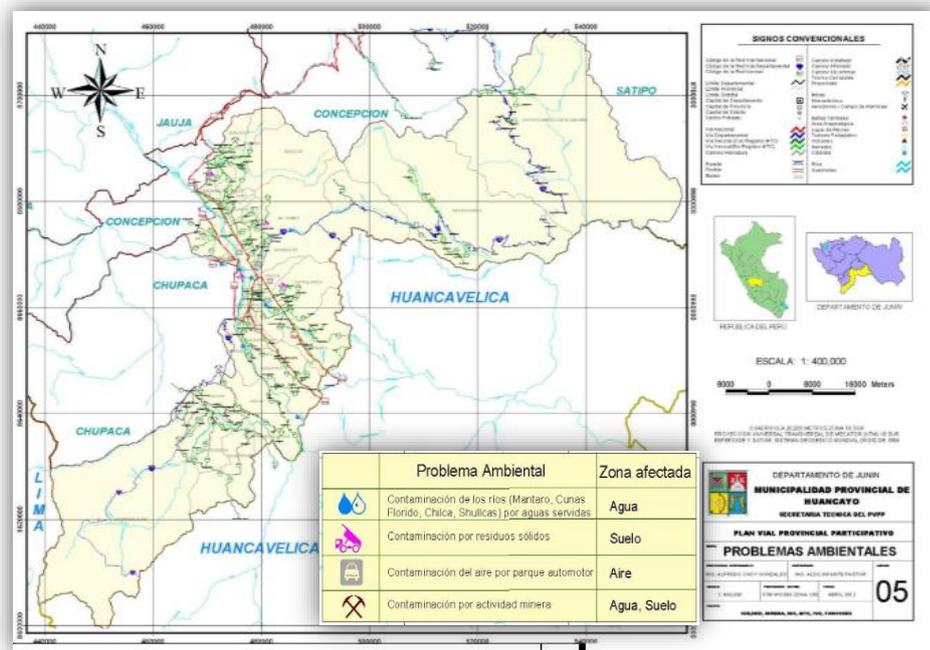


Figura 23 Identificación de los problemas ambientales - Huancayo - Perú

Fuente: (41).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el contexto de este capítulo, se describen los resultados alcanzados de la comparación de la eficiencia de remoción de materia orgánica, que ofrecen el opuntia ficus – indica y cloruro férrico, en una muestra de agua del río Mantaro - 2023. (ver procedimiento de colección en el capítulo de metodología). En primer lugar, se presenta los parámetros de calidad de la muestra colectada, de luego las mediciones de los parámetros, así como temperatura, conductividad eléctrica, pH, turbidez, y demanda química de oxígeno, obtenidas luego de cada ensayo con cada coagulante. Seguido a esto, se tienen los hallazgos de eficiencia en la remoción de turbidez y DQO. Finalmente, se encuentra el análisis de varianza de los efectos que ejercen las variables: tipo de coagulante y su respectiva dosis.

#### 4.1. Parámetros obtenidos antes del tratamiento

Se determinó la temperatura, conductividad eléctrica, pH, turbidez y DQO de la muestra de agua, obtenida del río Mantaro, previamente al tratamiento con los coagulantes determinados, así que se encuentran a detalle en la tabla N°06.

**Tabla 06 Parámetros analizados de muestras de agua del río Mantaro.**

Muestra	Parámetros Analizados				
	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	pH	Turbiedad (NTU)	DQO (mg/L)
Muestras de Agua del río Mantaro (2023)	16.8	770	8	48.24	218.7

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2. Mediciones registradas en los ensayos de coagulación a nivel de laboratorio.

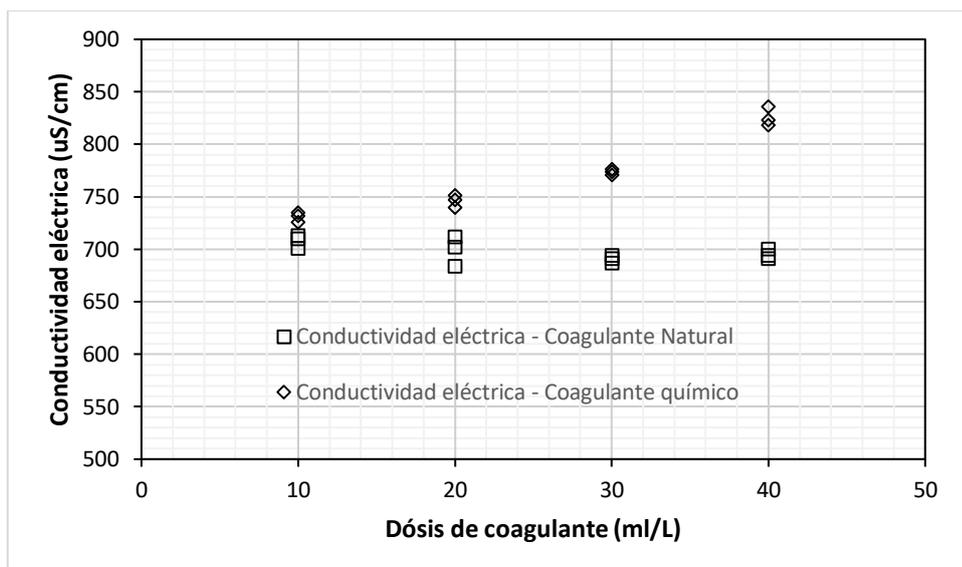
Después de realizar los ensayos, según el plan de experimentación, los datos que fueron registrados se muestran en la tabla 07.

**Tabla 07 Mediciones registradas en los ensayos experimentales.**

Coagulante	Dosis (ml/l)	T (°C)	Conduc. Eléctrica (us/cm)	Ph	Turbidez (NTU)	DQO (mg/l)
C. Natural	10	16.7	713	7.6	16.93	108.8
	10		701	8	16.48	104.2
	10		710	7.5	16.73	109.1
	20	16.5	684	7.5	18.69	107.6
	20		712	7.8	18.59	112.3
	20		702	7.5	18.76	115.2
	30	16.6	687	7.8	21.84	172.4
	30		691	7.8	21.61	163.5
	30		694	7.9	20.6	161.2
	40	16.8	691	7.8	24.73	165.5
	40		694	7.8	24.73	169.4
	40		700	7.9	24.49	173.5
C. Químico	10	17.7	735	6.8	7.69	95.5
	10		732	6.8	7.72	99.8
	10		726	6.7	7.02	97.4
	20	17.6	740	6.4	6.11	92.3
	20		747	6.5	6.02	89.1
	20		751	6.6	5.72	94.6
	30	17.6	776	6	6.47	79.9
	30		774	5.9	6.67	77.5
	30		771	5.9	6.25	78.1
	40	17.8	818	4.7	9.23	95
	40		823	4.5	9.06	86.2
	40		836	4.4	8.61	84.8

Fuente: elaboración propia

Los datos de la tabla 07 se muestran de forma gráfica en las siguientes figuras a continuación.

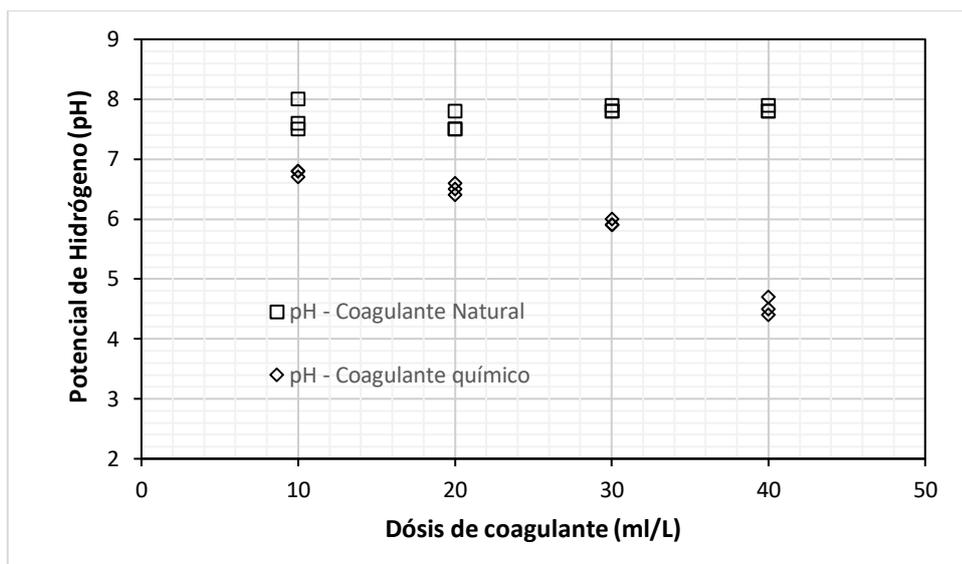


**Figura 24 Mediciones de conductividad eléctrica.**

Fuente: elaboración propia.

En esta figura 24, se percibe claramente que, la conductividad que se adquirió al final de cada experimento; en los que se empleó el coagulante químico, fue aumentando conforme la dosis del coagulante también aumentaba. Mientras que, cuando se utilizó el coagulante natural, la conductividad final que se alcanzaron, disminuyó ligeramente. En el caso del coagulante químico, el máximo incremento de conductividad en promedio respecto del valor inicial, representa un 12.95 %, y en el caso del coagulante natural, la disminución máxima en promedio fue de 2.44%.

Se sabe que el nivel de conductividad eléctrica de una solución es un indicador de la presencia de iones disueltos en el líquido. De acuerdo a esto, en el caso del  $Cl_3Fe$ , se puede afirmar que, al incrementar la cantidad dosificada, la sustancia se disocia en la solución haciéndolo más conductivo. Esto a razón de que el excedente de  $Cl_3fe$  que no provoca la coagulación, queda libre para disociarse. Lo que no sucede con el coagulante natural. En este caso; por el contrario, se manifiesta en la reducción de concentración de iones disueltos en el líquido.

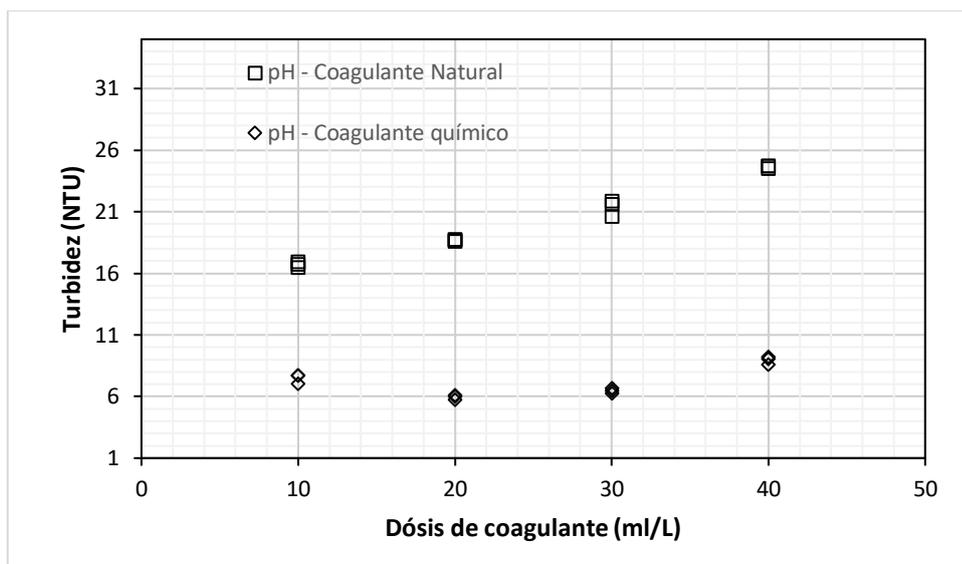


**Figura 25 Mediciones de pH.**

Fuente: elaboración propia.

Con respecto al pH final que se obtuvo, se observa que, al aumentar la dosis de coagulante, el pH final disminuye. La disminución es más notable cuando se empleó coagulante químico, alcanzándose una disminución promedio máxima del 43.1% respecto del pH inicial de la muestra. Y, en el caso del coagulante natural, la disminución máxima fue de 4.6%.

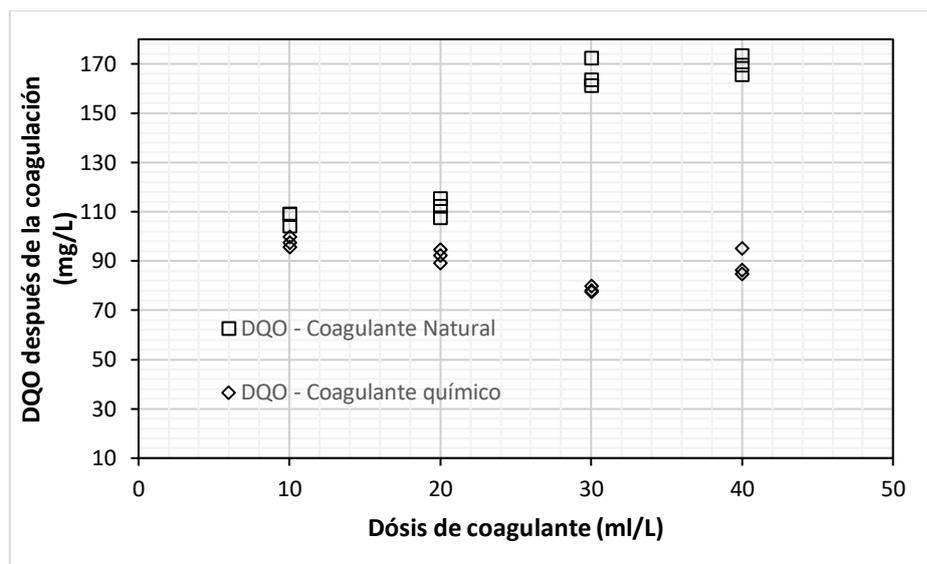
Este parámetro de calidad de pH, es indicador de la concentración de iones hidronio disociado en el líquido, concediéndole un carácter ácido a la solución cuando hay más presencia de estos iones o cuando el pH es bajo o menores a 7. Entonces, cuando se utiliza el coagulante químico, en el líquido final existe mayor presencia de iones hidronio, que le confiere en todos los casos un carácter ácido. Con el coagulante natural el pH final obtenido al final de cada experimento, a pesar de haber disminuido ligeramente, siguió siendo alcalino.



**Figura 26 Mediciones de turbidez.**

Fuente: elaboración propia.

Respecto de la turbidez final que se alcanzó en cada ensayo, definitivamente fueron menores que la turbidez inicial de la muestra. Con el coagulante químico se obtuvieron valores más bajos de turbidez que se situaron entre 6 y 9 NTU, mientras que, con el coagulante natural, la turbidez alcanzada se sitúa entre 16 a 25 NTU. Pero se debe resaltar, de acuerdo a la figura 26 que, a las dosis de 20 y 30 ml/L del coagulante químico, se observa una mínima turbidez, para luego de ello incrementar. En el caso del coagulante natural, la menor turbidez se logró a una dosis de 10 ml/L, las demás dosis provocaron un incremento de este parámetro de calidad. La razón de este comportamiento se explica en que, al incrementar la dosis de coagulante natural, este provoca que sus moléculas no enlazadas a los coloides y sólidos en suspensión del líquido, quedan dispersadas en el líquido ocasionando la falta de transparencia de la solución final.



**Figura 27 Mediciones de DQO.**

Fuente: elaboración propia.

En la situación de la DQO, el comportamiento que se observa, según la figura 27, es algo semejante que lo acontecido con respecto a la turbidez final. Con ambos coagulantes, se manifiesta que, la DQO final obtenida en todos los casos son menores que la DQO inicial de la muestra. Con el coagulante químico, al incrementar la dosis, la DQO final que se obtiene disminuye aún más, desde 95.5 hasta 84.9 mg/L. En el caso del coagulante natural, por el contrario, al incrementar la dosis de coagulante, la DQO final, aumenta desde 104.2 hasta 173.5 mg/L.

La explicación de lo que se observó con el coagulante natural, es que a dosis mayores a 20 ml/L, este coagulante ya no provoca que los contaminantes coloidales coagulen y precipiten, más por el contrario, sucede que el mismo coagulante pasa a constituir como un contaminante del agua, revelándose en el incremento de la DQO.

Recordando en esta parte que la DQO es un parámetro de calidad de agua, indicador de la cantidad total de compuestos solubles o en suspensión en el líquido elemento que son susceptibles de oxidarse químicamente. Generalmente estas sustancias son de tipo orgánico. Según esto, entonces con ambos coagulantes se reduce la materia orgánica disuelta. Las eficiencias de remoción que ofrece cada coagulante, se tienen a continuación:

#### **4.2.1. Resultados de eficiencia de remoción de DQO y turbidez.**

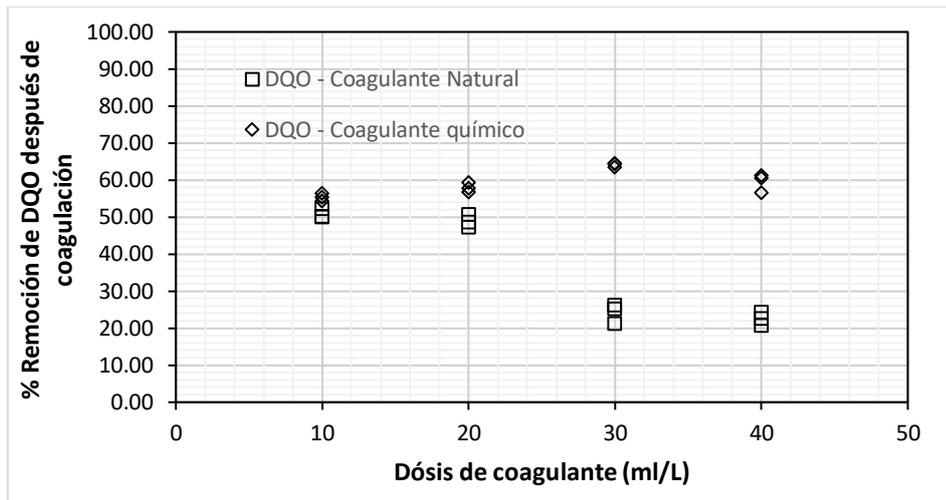
la tabla 8 presenta los resultados de la remoción de la materia orgánica; a través del parámetro DQO, y turbideces provenientes de las muestras de agua. La mayor remoción de materia

orgánica se logró mediante el coagulante químico. Esto se observó tanto en la reducción de DQO y la turbidez. En el caso del coagulante natural, también hay remoción, pero menores que con el coagulante químico.

**Tabla 08 Eficiencia de remoción de DQO y turbidez calculados.**

Coagulante	Dosis Ml/l	% Eficiencia remoción DQO	% Reducción de turbidez	
C. Natural	10	50.25	64.90	
	10	52.35	65.84	
	10	50.11	65.32	
	20	50.80	61.25	
	20	48.65	61.46	
	20	47.33	61.11	
	30	21.17	54.72	
	30	25.24	55.20	
	30	26.29	57.29	
	40	24.33	48.73	
	40	22.54	48.73	
	40	20.67	49.23	
	C. Químico	10	56.33	84.06
		10	54.37	84.00
10		55.46	85.45	
20		57.80	87.33	
20		59.26	87.52	
20		56.74	88.14	
30		63.47	86.59	
30		64.56	86.17	
30		64.29	87.04	
40		56.56	80.87	
40	60.59	81.22		
40	61.23	82.15		

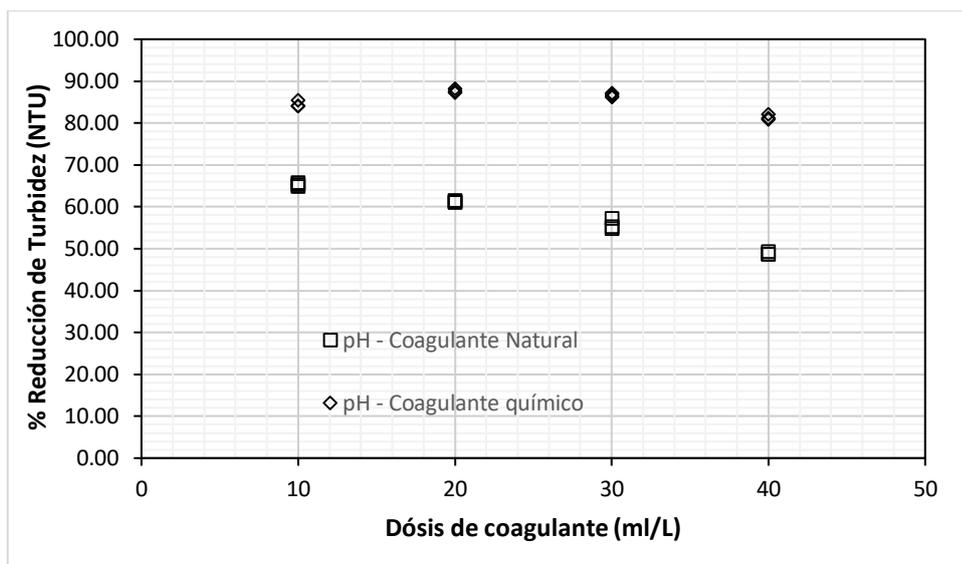
Fuente: elaboración propia.



**Figura 28 Remoción de materia orgánica en pruebas de coagulación.**

Fuente: elaboración propia.

Según la figura 28, el porcentaje de remoción de materia orgánica máxima con el coagulante químico se da a una dosis de 30 ml/L y resulta que, cuando la dosis aumenta desde 10 hasta 30 ml/L, el porcentaje de remoción de DQO aumenta, para después disminuir a la dosis de 40 ml/L, con un descenso ligero. En el caso del coagulante natural, sucede que este porcentaje de remoción de DQO disminuye, de manera más notable, cuando las dosis fueron de 30 a 40 ml/L. Este comportamiento, como ya se manifestó, es porque cuando la dosis del coagulante natural aumenta, entonces, el mismo coagulante pasa a disolverse e incrementar la concentración de materia orgánica. Pero, en términos generales, con el coagulante químico el porcentaje de remoción es mayor que con el coagulante natural. En promedio, las diferencias de porcentaje de remoción son: 4.48%, 9.01%, 39.87% y 36.95% a las dosis de 10, 20, 30 y 40 ml/L respectivamente.



**Figura 29 Remoción de turbidez en pruebas de coagulación.**

Fuente: elaboración propia.

Lo que sucede con la reducción de materia orgánica, evaluado mediante la DQO, también se verifica en el porcentaje de reducción de turbidez. Se observa que el coagulante químico provoca la mayor remoción de turbidez que con el coagulante natural. El incremento de la dosis de este último, ocasiona el descenso del porcentaje de reducción de turbidez. Las razones son las mismas que se explicó en el caso de la DQO.

#### **4.2.2. Evaluación de los efectos de los factores en la remoción de DQO y turbidez**

Los factores que fueron modificados en las pruebas de coagulación son: el tipo de coagulante (dos coagulantes) y la dosis respectiva de cada uno de ellos. Entonces, realizando un análisis de varianza del porcentaje de remoción de materia orgánica y de la turbidez, por efecto de estos dos factores, se tiene la tabla 9.

Previamente al análisis de varianza se realiza la prueba de normalidad de los datos con relación a los factores en estudio:

Para el caso del factor de “tipo de coagulante” se tiene la prueba de Shapiro Wilk debido a que el número de datos es 12 (menor a 50).

**Tabla 09 Prueba de normalidad para los datos de remoción de DQO  
clasificados por el tipo de coagulante.**

Coagulante	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Valor p	Estadístico	gl	Valor p
Natural	0,277	12	0,061	0,765	12	0,051
Químico	0,174	12	0,200	0,921	12	0,292

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que el valor de la prueba (p) para el grupo con coagulante natural y coagulante químico son mayores que la significancia de 0.05 por lo que se afirma que los datos en ambos grupos siguen una distribución normal. Para el caso del factor “Dosis de coagulante” se tiene la prueba de Shapiro Wilk debido a que el número de datos son 6 en todos los grupos (menor a 50)

**Tabla 10 Prueba de normalidad para los datos de remoción de DQO  
clasificados por la dosis.**

Dosis	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Valor p	Estadístico	Gl	Valor p
10	0,196	6	0,200*	0,903	6	0,392
20	0,241	6	0,200*	0,884	6	0,289
30	0,311	6	0,072	0,740	6	0,056
40	0,294	6	0,115	0,759	6	0,054

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que el valor de la prueba (p) para los distintos grupos de dosis son mayores que la significancia de 0.05 por lo que se afirma que los datos en ambos grupos siguen una distribución normal.

Siendo la distribución de datos en ambos factores normales, se procede a realizar la prueba paramétrica de análisis de varianza (ANOVA).

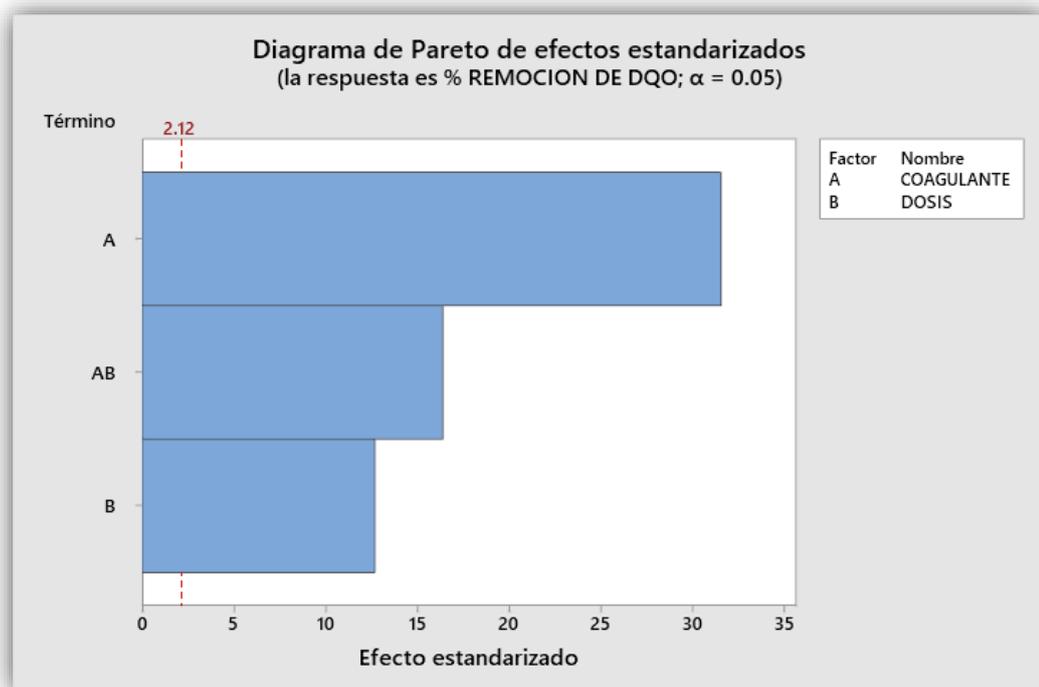
La evaluación se desarrolló teniendo en consideración de nivel de significancia de 5%. Y, este análisis, tiene como fin verificar, si es falso o verdadero que,  $H_0 =$  “las medias de los porcentajes de remoción de materia orgánica para cada conjunto de tratamientos de coagulación, son iguales”.

**Tabla 11 Análisis de varianza del porcentaje de remoción de materia orgánica.**

Factor que ocasiona variación	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F.	Valor p.
COAGULANTE	1	3058.46	3058.46	994.51	0.000
DOSIS	3	718.76	239.59	77.91	0.000
Interacción de los 2 factores					
COAGULANTE*DOSIS	3	1525.78	508.59	165.38	0.000
Error	16	49.21	3.08		
Total	23	5352.21			

Fuente: elaboración propia

Según estos resultados, todos los valores de P son menores a 0.05, por lo que, de acuerdo al criterio de evaluación para contrastar la  $H_0$ , se concluye que, el tipo de coagulante empleado, la dosis respectiva (en el rango de 10 a 40 ml/L) y la interacción de ambos, influyen de manera significativa en la eficiencia de remoción de materia orgánica (39).



**Figura 30 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados % remoción de DQO.**

Fuente: elaboración propia.

Conforme a la figura 30, de diagrama de Pareto es posible apreciar y comprobar que los efectos de los dos factores y la interacción de ambos, son significativos. También se aprecia que, el tipo de coagulante ejerce un mayor efecto que la interacción, y este a su vez, mayor que la dosis del coagulante.

### 4.3. Discusión de resultados

Con respecto a los parámetros de calidad de la muestra de agua, presentados en la tabla 06, se puede indicar que, el DQO es el único parámetro que está por encima de los niveles sugeridos por las normativas de calidad de agua superficial, a comparación de los demás parámetros que si están dentro de los límites definidos según el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM de acuerdo a este decreto, el agua del Río Mantaro se clasifica en la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, donde los parámetros especificados se encuentran en la tabla 12.

**Tabla 12 Estándares de calidad ambiental (ECA) – Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.**

Parámetro	Unidad	Riego de vegetales		Bebida de Animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	
Temperatura	°C	3		3
Conductividad eléctrica	(μS/cm)	2500		5000
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,5
Turbiedad	(NTU)	--		--
DQO	mg/L	40		40

Fuente: (8).

Comparando los resultados de la remoción porcentual de los parámetros investigados con los estándares de la calidad ambiental (ECA) de la categoría 3: que incluye el riego de vegetales y bebida de animales (8), la DQO es el único parámetro que sobrepasa el ECA, con un 218.7 mg/L. El cual este se encuentra por encima del rango especificado, mientras los demás parámetros estudiados están dentro del rango de los estándares de la calidad ambiental. Estos valores son similares a los resultados del monitoreo realizado por la Autoridad nacional del agua (ANA), en el año 2021 el río Mantaro, después de la unión de los ríos Mantaro y Shulcas, determina que la calificación de dicho recurso es pésima, conforme a los resultados de los parámetros evaluados, entre ellos está la DQO, que también sobrepasa el ECA con un 219.4 mg/L (42). El motivo de esta situación se debe a diversos aspectos, entre ellos tenemos la contaminación del agua por efluentes domésticos, industriales, urbanos, etc. la cual estos al combinarse están siendo más complicadas para su tratamiento y así están siendo vertidas a los ríos o sub cuencas del río Mantaro, ya que hoy en día la ciudad de Huancayo carece de plantas de tratamiento. Por otro lado, se tuvo en cuenta la Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA, publicado el 13 de febrero del 2018, donde clasifica los cuerpos de aguas de acuerdo a sus características naturales y a los usos que destina, todo ello en base a los estándares de la calidad ambiental que apruebe el medio ambiente (43), es por ende que el Río Mantaro se encuentra clasificada en la categoría 3, con la Unidad Hidrográfica código UH 4996 a nombre de la cuenca Mantaro.

A partir de los resultados obtenidos respecto a la turbidez antes y después de los tratamientos, se ha logrado disminuir eficientemente la turbidez del agua del río Mantaro, con los dos tipos

de coagulantes, teniendo en cuenta la turbidez inicial de 48.24 NTU antes de aplicar el tipo de coagulante, asimismo se alcanzó un promedio de turbidez removida de 31.52 NTU, después de haber aplicado el coagulante natural, con una dosis de 10 ml/L, logrando reducir un promedio de 65.35% de reducción de turbidez, y un 42.29 NTU después de haber aplicado el coagulante químico, con una dosis de 20 ml/L, logrando reducir un promedio de 87.66% de reducción de turbidez. Para lograr dicha efectividad se realizó una homogenización de 50 RPM en 10 segundos y una mezcla rápida con 150 RPM en 1 minuto y una mezcla lenta de 50 RPM en 10 minutos y posteriormente dejados en reposo por 15 minutos sedimentando el floculo formado. Por lo tanto, después de haber evaluado la eficacia con los dos tipos de coagulante se puede concluir que el cloruro férrico es el más eficiente, ya que tuvo una mayor efectividad en disminución de turbidez, con un promedio de 87.66% en las aguas del río Mantaro.

Además, se pudo apreciar que las diferencias de cantidades removidas entre los dos coagulantes son: en dosis de 10 ml/L la diferencia es 9.24 NTU, a una dosis de 20 ml/L, 30 ml/L y 40 ml/L la diferencia es de 12.73 NTU, 14.89 NTU y 15.68 NTU. Entonces se aprecia que, al incrementar las dosis de coagulantes, las diferencias en cantidades removidas van en aumento. Estos resultados con respecto a la turbidez guardan relación con la tesis titulada: **“aplicación de sulfato de aluminio y tuna (opuntia ficus-indica) para la remoción de materia orgánica y turbidez de las aguas residuales del camal municipal Tumán 2018”**, porque menciona que se aplicó el sulfato de aluminio en una dosis de 40ml/l en todos los tratamientos y con el mucilago del Tuna (Opuntia ficus indica) con dosis de 20ml/l, 30ml/l y 40ml/l. de este modo obtuvieron remociones de turbidez desde 53.84% hasta 77.0%. por tanto, concluyó la alta efectividad del coagulante Opuntia ficus indica, reduciendo altamente la turbiedad del agua.

En el estudio actual se logró obtener que la remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) mediante la aplicación de tratamiento con los coagulantes tanto natural como químico, logró disminuir favorablemente en la remoción de la DQO. El coagulante natural alcanzó disminuir la DQO removida en un promedio de 111.3 mg/L, con una dosis de 10 ml/L, mientras para las dosis de 20, 30 y 40 ml/L, un promedio de 107.0, 53.0 y 49.2 mg/L respectivamente. Ahora en comparación al coagulante químico, el comportamiento que se observa es que, cuando la dosis va de 10 a 30 ml/L, la cantidad del promedio de la DQO removida es de 121.1, 126.7 y 140.2 mg/L y cuando la dosis aumenta de 30 a 40 ml/L, la DQO disminuye de 140.2 a 130.0 mg/L. También hay diferencias de las cantidades removidas entre los dos coagulantes: a una dosis de 10 ml/L un 9.8 mg/L, a una dosis de 20 ml/L un 19.7 mg/L, a una dosis de 30 ml/L un 87.2 mg/L y, finalmente, a 40 ml/L un 80.8 mg/L. Entonces se aprecia que, al incrementar las dosis de coagulantes, las diferencias en cantidades removidas van en aumento. Dichos resultados en especial de la Opuntia ficus-indica coinciden con los resultados obtenidos de la tesis titulada:

**“Opuntia ficus-indica como coagulante para remoción de sólidos suspendidos totales del efluente de beneficio en avícola la chacra”**, donde obtuvo la disminución de la DQO en un 26.64% observando que la media en la prueba tratada fue de 2131,75; la cual aún supera a los Valores Máximos Admisibles, pero se nota una reducción aceptable.

En relación al análisis de la materia orgánica se determinó la eficiencia tanto en el coagulante natural y químico; ambos han tenido un rendimiento sobresaliente en cuanto a la remoción de la DQO y turbidez; su mejor rendimiento respecto al coagulante natural en la DQO es de 50.91% y turbidez de 65.35%, mientras que con el coagulante químico en DQO es de 57.93% y una turbidez 87.66%. Dichos resultados resaltan la eficacia de la remoción de materia orgánica, con la investigación del proyecto titulada **“Análisis comparativo de la disminución de sólidos suspendidos utilizando opuntia ficus-indica y cloruro férrico en las aguas del río Lurín”**, en la que concluyó que el Opuntia ficus-indica es óptimo en estudios para tratamiento de agua, obteniendo como resultado una mayor remoción de DQO con un porcentaje de remoción de 75.69% y una turbidez de 74.14%, y con cloruro férrico con un DQO de 72.69% y una turbidez de 73.73%. Además de eso se puede concluir que la diferencia de resultados de los porcentajes de remoción de la DQO y turbidez respecto al coagulante natural (Opuntia ficus-indica), fue debido a la obtención de coagulante natural, (tipo de suelo, lluvia, temperatura, etc) y el uso con o sin cutícula, debido a que esto es un elemento crucial para potenciar la eficacia del coagulante natural en este tipo específico del agua. Así como lo señala en la tesis titulada **“Comparación de la capacidad coagulante del opuntia ficus indica mill de tres departamentos para el tratamiento de aguas del río Chillón AAHH santa cruz del norte- lima 2018”**, en la cual menciona que la penca originaria del departamento de Ancash demostró una eficacia superior en la remoción de turbidez con un 94.36% y color con un 88.46%.

En relación a la dosis, con el coagulante natural el promedio de % de remoción de DQO disminuye al incrementar las dosis desde 50.91 % hasta 22.51 %. Mientras que con el coagulante químico el promedio de % de remoción aumenta desde 55.39 % hasta 59.46 %. Ahora respecto a la turbidez es similar a los resultados de la DQO, con el coagulante natural el promedio de % de la reducción de la turbidez también disminuye al incrementar las dosis desde 65.35% hasta 48.90%, a comparación del cloruro férrico es todo lo contrario el promedio de % de reducción en este caso disminuye de 84.50% hasta 81.41%.

## CONCLUSIONES

La aplicación del coagulante natural (*Opuntia ficus-indica*) y químico (Cloruro Férrico), alcanzó a disminuir de manera favorable la materia orgánica de aguas del río Mantaro; con el *Opuntia ficus* – indica se logró reducir un 52.35% de la DQO, a una dosis 10 ml/L; y 16.48 NTU de turbidez final, mientras que con el Cloruro férrico se logró reducir un 64.56% de DQO, a una dosis de 30 ml/L y 5.72 NTU de turbidez final, a una dosis de 20 ml/L. Por lo tanto, se concluye que en comparación de los dos coagulantes el cloruro férrico es el más eficiente ya que obtuvo buenos porcentajes en la remoción de la DQO y turbidez

Al realizar la evaluación de los parámetros Físico - Químico de las aguas del Río Mantaro, se pudo evidenciar que la DQO (Demanda Química del Oxígeno), es el único parámetro que se encuentra por encima de los estándares de calidad ambiental (ECA), establecidos en el Decreto Supremo N°004-2027-MINAM. Es por ello que se concluye que el agua del río Mantaro se encuentra contaminado y por ende tiene que ser tratada para mejorar la calidad de dicho recurso y realizar un adecuado uso.

Se determino la cantidad de turbidez y DQO que se eliminaron en el tratamiento con los coagulantes tanto natural (*Opuntia ficus-indica*) y químico (cloruro férrico). El *Opuntia ficus-indica* obtuvo su mayor porcentaje de remoción de turbidez en un 65.35% y DQO en un 50.91%, ambos a una dosis de 10 ml/L y una turbidez final de 16.48 NTU y DQO final de 104.2 mg/L. Mientras que el Coagulante químico (Cloruro Férrico) obtuvo el mayor porcentaje de remoción de turbidez de 87.66 % y DQO en un 64.11%, con una dosis de 20 ml/L y 30 ml/L respectivamente, y una turbidez final de 5.72 NTU y DQO final de 77.5 mg/L. Por lo tanto, se puede determinar que el Cloruro Férrico es el más eficiente a comparación del *Opuntia ficus-indica* con respecto a la turbidez y demanda química de oxígeno, además debemos recalcar que los dos tipos de coagulantes remueven la demanda química de oxígeno, pero en diferentes porcentajes.

Se comparo los parámetros físico – químicos antes y después de los tratamientos con *Opuntia ficus-indica* (2 g) y Cloruro Férrico (1 g). de las cuales tuvo una alta efectividad el Cloruro Férrico en la DQO y la turbidez, mientras a comparación del parámetro de conductividad eléctrica el más eficiente es el *Opuntia ficus-indica* con una disminución máxima de 2.44%.

En cuanto al costo del tratamiento para la remoción de la materia orgánica, la harina de la *Opuntia ficus-indica* tan solo se pudo obtener lavando, limpiando y haciendo secar, y de ello solo se usaron 2 gramos, por lo que el gasto incurrido fue inferior al del Cloruro Férrico que se obtuvo de forma directa, ello se usó 1 gramo, y el costo invertido fue de 2 a 5 soles

aproximadamente, además se tiene que tener en consideración que el tratamiento con Cloruro férrico produce lodos y también complica el proceso y aumenta el presupuesto.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar el uso del coagulante (*Opuntia ficus-indica*) para el tratamiento de aguas, para disminuir la materia orgánica en descargas de aguas residuales que son vertidas a los ríos, especialmente en lugares de poblaciones que tienen bajos recursos económicos, porque no genera ningún residuo contaminante y el acceso para la obtención de dicho coagulante natural es rápido y fácil.

Esta investigación sirve de base para que otros investigadores puedan ampliar sus conocimientos, considerando los parámetros del DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, etc., para así potenciar mejor la calidad de vida de todos los seres vivos de nuestro planeta tierra.

Se recomienda que para las siguientes investigaciones realizar el tratamiento con solo mucilago de la *Opuntia ficus-indica* en polvo, y así verificar la eficacia del tratamiento referente al agua investigada en este estudio.

Además, en el proceso de preparación del coagulante natural (*Opuntia ficus-indica*), se sugiere de tener cuidado en el procedimiento del secado de trozos de la penca de la tuna, porque este si le dejas en las estaciones de primavera y verano podrían mojarse, por lo tanto, va a demorar en la deshidratación de ello, como también puede alterar en los resultados de la coagulación.

Realizar más investigaciones usando el *Opuntia ficus – indica* juntamente con otros coagulantes naturales más, para obtener mejores resultados en la eficiencia de la remoción de la materia orgánica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Córdova\_MEA.pdf [Internet]. [citado 30 de mayo de 2023]. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38710/C%3b3rdova\\_MEA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38710/C%3b3rdova_MEA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
2. Congreso de la República. Ley que modifica los artículos 1°, 2°, 3° y 6° e incorpora los artículos 7°, 8° y 9° a la ley n°28082, ley que declara en emergencia ambiental la cuenca del río Mantaro [Internet]. [citado 3 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://docs.peru.justia.com/federales/leyes/28608-oct-3-2005.pdf>
3. Gómez-Duarte OG. Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. Revista de la Facultad de Medicina [Internet]. marzo de 2018 [citado 26 de marzo de 2024];66(1):7-8. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0120-00112018000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-00112018000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
4. Revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf [Internet]. [citado 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
5. Beltrán TRB, Riveros CMC. INFLUENCIA DE MICROORGANISMOS EFICACES SOBRE LA CALIDAD DE AGUA Y LODO RESIDUAL, PLANTA DE TRATAMIENTO DE JAUJA PRESENTADA POR LOS BACHILLERES:
6. Burstein-Roda T. Reflexiones sobre la gestión de los recursos hídricos y la salud pública en el Perú. Rev Perú Med Exp Salud Publica [Internet]. 6 de julio de 2018 [citado 26 de marzo de 2024];35(2):297. Disponible en: <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/3641>
7. Arango Ruiz Á. Crisis mundial del agua. Producción + Limpia [Internet]. julio de 2013 [citado 26 de marzo de 2024];8(2):7-8. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1909-04552013000200001&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-04552013000200001&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
8. DS-004-2017-MINAM.pdf [Internet]. [citado 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

9. Pérez Leal J. Delimitación del tema y limitaciones de la investigación [Internet]. Disponible en: <https://asesoriatensis1960.blogspot.com/2010/08/marco-teorico.html>
10. Autoridad NA. Delimitación y codificación hidrográfica [Internet]. [citado 8 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/2019/consejo-de-cuenca/mantaro/SH>
11. Trabajo de titulación.pdf [Internet]. [citado 7 de junio de 2023]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33350/1/Trabajo%20de%20titulaci%20c3%b3n.pdf>
12. Montañez, Melody Arquíñiva, Vilcas, Juleissy Matamo. Comparación de la eficacia de coagulantes – floculantes naturales (aloe vera, opuntia ficus-indica y el almidón de solanum tuberosum) y químicos (sulfato de aluminio, cloruro de aluminio) en la remoción de sólidos suspendidos en las aguas residuales del camal municipal de Huancavelica – 2019. [Internet]. 2019. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/444781078/Tesis-completo-docx>
13. Manrique\_Juan\_Trabajo\_Suficiencia\_2019.pdf [Internet]. [citado 30 de mayo de 2023]. Disponible en: [http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/213/1/Manrique\\_Juan\\_Trabajo\\_Suficiencia\\_2019.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/213/1/Manrique_Juan_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf)
14. Vargas Rodríguez JL. Comparación de la capacidad coagulante del opuntia ficus indica mill de tres departamentos para el tratamiento de aguas del Río Chillón-AAHH Santa Cruz del Norte- Lima 2018. Universidad César Vallejo [Internet]. 2018; Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21095>
15. 2256-5337-teclo-22-45-00011.pdf [Internet]. [citado 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v22n45/2256-5337-teclo-22-45-00011.pdf>
16. Gabino R. 2018. Opuntia ficus-indica como coagulante para remoción de sólidos suspendidos totales del efluente de beneficio en avícola La Chacra [Internet]. [citado 9 de junio de 2023]. Disponible en: [http://repositoriodemo.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5029/2/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Gabino\\_Curinahui\\_2018.pdf](http://repositoriodemo.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5029/2/IV_FIN_107_TE_Gabino_Curinahui_2018.pdf)
17. Yupanqui F. 2019. Efecto de la harina de tuna (Opuntia ficus-indica) en la concentración de detergentes en agua residual de lavandería, San Juan de Lurigancho 2019. [Internet]. [citado 30 de mayo de 2023]. Disponible en:

[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11134/1/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Yupnqui\\_Perez\\_2022.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11134/1/IV_FIN_107_TE_Yupnqui_Perez_2022.pdf)

18. MANUAL TECNICO DE TUNA.pdf [Internet]. [citado 30 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf>

19. Análisis de Mercado Tuna 2015 - 2021.pdf.pdf [Internet]. [citado 30 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2848443/An%C3%A1lisis%20de%20Mercado%20Tuna%202015%20-%202021.pdf.pdf>

20. Villagomez-Cultive\_tunas\_y\_tendrá\_buenos\_ingresos.pdf [Internet]. [citado 26 de octubre de 2023]. Disponible en: [http://pgc-snia.inia.gob.pe:8080/jspui/bitstream/inia/1000/1/Villagomez-Cultive\\_tunas\\_y\\_tendr%C3%A1\\_buenos\\_ingresos.pdf](http://pgc-snia.inia.gob.pe:8080/jspui/bitstream/inia/1000/1/Villagomez-Cultive_tunas_y_tendr%C3%A1_buenos_ingresos.pdf)

21. Abraján Villaseñor - 2008 - Efecto del método de extracción en las característ.pdf [Internet]. [citado 28 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/3794/tesisUPV2920.pdf>

22. Drupal [Internet]. Hidrografía. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/2019/consejo-de-cuenca/mantaro/Hidrograf%C3%ADa>

23. Proyecto de Ley para descontaminar la cuenca del Rio Mantaro.pdf.

24. Huanacuni-Cutipa-Elizabeth.pdf [Internet]. [citado 16 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2069/Huanacuni-Cutipa-Elizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

25. Hamalho, R. Tratamiento de Aguas Residuales [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.gob.pe/12808-valores-maximos-admisibles-vma>

26. Espol. Capitulo 2.pdf [Internet]. [citado 26 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6087/5/CAPITULO%202.pdf>

27. Características.pdf [Internet]. [citado 26 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/Características.PDF>

28. content.pdf [Internet]. [citado 4 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/dc480f09-51b7-4e24-8f0a-4e4a3202b17f/content>
29. Jaramillo AO. BIOINGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES - ACODAL - TEORÍA Y DISEÑO. [Internet]. Segunda. 2014. 590 p. Disponible en: [https://www.sancristoballibros.com/libro/bioingenieria-de-aguas-residuales-\\_71564](https://www.sancristoballibros.com/libro/bioingenieria-de-aguas-residuales-_71564)
30. Santiago SOG. Análisis de piedra pomez como filtro en el tratamiento de aguas residuales industriales provenientes de la lavadora y tinturadora de jeans “dayantex”. ubicada en el cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, Ecuador.
31. Alcarraz BA, Yuly G, Rocca BQ. Determinación del ph de alimentos de la región cusco y la variación sobre el pH salival después de su consumo en estudiantes de la escuela profesional de estomatología de la Universidad andina del Cusco 2016.
32. Tesis Tarrillo y Tenorio.pdf [Internet]. [citado 9 de junio de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/331/1/Tesis%20Tarrillo%20y%20Tenorio.pdf>
33. Nieves JBC, González AFP. Efecto de la conductividad eléctrica a partir de la salinidad y sólidos disueltos en los procesos biológicos de nitrificación y desnitrificación para la remoción de compuestos nitrogenados en aguas residuales domésticas.
34. Congreso de la República. Ley General del Ambiente - N°-28611.pdf.
35. Ministerio del Ambiente. Procedimiento\_de\_muestreo\_de\_agua\_superficial.pdf [Internet]. [citado 30 de mayo de 2023]. Disponible en: [https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/protocols/PROCEDIMIENTO\\_DE\\_MUESTREO\\_DE\\_AGUA\\_SUPERFICIAL.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/PROCEDIMIENTO_DE_MUESTREO_DE_AGUA_SUPERFICIAL.pdf)
36. Ministerio del Ambiente. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes : recurso agua.
37. Sánchez - Metodología de la investigación científica y tecno.pdf [Internet]. [citado 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24111w/Metodologia%20de%20la%20Investigacion%20Cientifica%20y%20Tecnologica%20-%20Jose%20Cegarra%20Sanchez.pdf>

38. Vargas Cordero, Zoila Rosa. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica [Internet]. [citado 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
39. Hernandez R, Fernandez C y Baptista P. Metodología de la investigación 5ta ed.pdf.
40. Ministerio del Ambiente. Protocolo\_nacional\_para\_el\_monitoreo\_de\_la\_calidad\_de\_los\_recurso\_hídricos\_superficiales.pdf [Internet]. [citado 23 de junio de 2023]. Disponible en: [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo\\_nacional\\_para\\_el\\_monitoreo\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_los\\_recurso\\_hidricos\\_superficiales.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recurso_hidricos_superficiales.pdf)
41. Castro DRA, Morales MJM, Díaz BER, Briceño OB, Rios PRP, Romero ZC, et al. Autoridades provinciales. 2012;
42. Observatorio Nacional de Recursos Hídricos [Internet]. [citado 1 de abril de 2024]. Disponible en: <https://snirh.ana.gob.pe/onrh/>
43. Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA [Internet]. [citado 23 de junio de 2023]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/655064/-39059602648787523520200426-24009-8rketl.pdf?v=1633047662>

## ANEXOS

### Anexo 01 – Matriz de consistencia

**TITULO:** COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA ENTRE OPUNTIA FICUS - INDICA Y CLORURO FÉRRICO PARA LAS AGUAS DEL RÍO MANTARO – 2023.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA												
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es la diferencia en la eficiencia de remoción de materia orgánica entre la Opuntia ficus-indica y Cloruro Férrico, para muestras de agua del río Mantaro – 2023?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuánto es la concentración de la materia orgánica presente en una muestra de agua procedente del río Mantaro?</li> <li>• ¿Cuál será la cantidad de turbiedad y DQO que se eliminan en el</li> </ul>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Comparar la eficiencia de tratamiento de la remoción de materia orgánica que se obtiene con los coagulantes Opuntia ficus-indica y Cloruro Férrico, para muestras de agua del río Mantaro – 2023.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la concentración de la materia orgánica presente en una muestra de agua procedente del río Mantaro.</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>H1: Existe una diferencia significativa entre la aplicación de la Opuntia ficus-indica y Cloruro férrico en la remoción de la materia orgánica, para muestras del agua del río Mantaro – 2023.</p> <p>Ho: <b>No</b> existe una diferencia significativa entre la aplicación de la Opuntia ficus-indica y Cloruro férrico en la remoción de la materia orgánica, para muestras del agua del río Mantaro – 2023.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La concentración de materia orgánica sobrepasa los Estándares de calidad ambiental del agua en la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.</li> </ul>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p>Eficiencia en la remoción de materia orgánica</p> <p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>Coagulantes Opuntia ficus-indica y Cloruro férrico</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Comparativa</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Experimental puro</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">GE1R O1</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">X</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: right;">02</td> </tr> <tr> <td>GE2R O1</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">03</td> </tr> </table> <p><b>POBLACION</b></p> <p>Aguas del Río Mantaro</p> <p><b>MUESTRA</b></p>	GE1R O1	X				02	GE2R O1	-				03
GE1R O1	X				02											
GE2R O1	-				03											

---

tratamiento con los coagulantes Opuntia ficus-indica y Cloruro Férrico?

- ¿Cuál será el efecto del tipo de coagulante y su respectiva dosis, sobre la eficiencia de remoción de la materia orgánica de muestras de agua del río Mantaro?

- Determinar la cantidad de turbiedad y DQO que se eliminan en el tratamiento con los coagulantes Opuntia ficus-indica y Cloruro Férrico.
- Evaluar el efecto del tipo de coagulante y su respectiva dosis, sobre la eficiencia de remoción de la materia orgánica de muestras de agua del río Mantaro.

- Existe una relación directa entre la cantidad de turbiedad y DQO que se eliminan en el tratamiento con los coagulantes Opuntia ficus-indica y Cloruro Férrico.
- Existe una relación directa entre el tipo de coagulante y su respectiva dosis, sobre la eficiencia de remoción de la materia orgánica de muestras de agua del río Mantaro.

La muestra fue realizada por muestra compuesta, de acuerdo a lo siguiente:

La frecuencia de muestreo se tomó de 200 metros debajo del efluente del río Shullcas.

Para la aplicación de la toma de muestras para esta investigación fue de 3 muestras compuestas durante un día de manera aleatoria, para la cual los parámetros a evaluar fueron:

- pH
- T°
- DQO
- Turbidez
- conductividad eléctrica

MUESTREO

No probabilística

---

**Anexo 02 – Operacionalización de variables**

TIPO DE VARIABLES		DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente	Coagulantes Opuntia ficus - indica y cloruro férrico	Dosis de la Opuntia ficus - indica y cloruro férrico	Se usará el Opuntia ficus - indica y cloruro férrico como coagulante para tratar el agua del río Mantaro	Cantidad de Dosis de la Opuntia ficus - indica y cloruro férrico	ml/L	Cuantitativa continua	Razón/proporción
		Velocidad y tiempo de agitación	Se determinará el tiempo de agitación	Tiempo	s. y min.	Cuantitativa continua	Razón/proporción
			Se determinará la velocidad de agitación	Velocidad rápida y lenta	RPM	Cuantitativa continua	Razón/proporción
Variable Dependiente	Eficiencia de la remoción de la materia orgánica	Física	Se medirá la disminución de la turbidez y se evaluará el comportamiento de pH y conductividad eléctrica.	Turbidez	NTU	Cuantitativa continua	Razón/proporción
				pH	---	Cuantitativa continua	Razón/proporción
				Conductividad Eléctrica	µS/cm	Cuantitativa continua	Razón/proporción
		Química	Se medirá la disminución de la DQO de las muestras de agua del río Mantaro.	Demanda Química de Oxígeno (DQO5)	mg/L	Cuantitativa continua	Razón/proporción

**Anexo 03 - Presupuesto del estudio de investigación**

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
DESCRIPCIÓN				
OFICINA				
1. Papel bond A-4	2	Millar	40	80
2. Lapiceros	1	Cajas	33	33
3. Lápices	1	Cajas	10	10
4. Corrector	4	Unidad	3.5	14
5. Borrador	3	Unidad	2	6
6. Engrampador	1	Unidad	40	40
7. Grapas	1	Cajas	9	9
8. Perforador	1	Unidad	12	12
9. Resaltador	2	Unidad	5	10
10. Agenda	2	Unidad	10	20
			SUB TOTAL	234
MISCELANEO				
11. Movilidad a zona de impacto	5	Veces	60	300
			SUB TOTAL	300
12. Internet	10	Meses	120	1200
13. electricidad	10	Meses	100	1000

			SUB TOTAL	2200
14. Pagos Administrativos a Universidad Continental	1	Unidad	4500	4500
15. Monitoreos y análisis en zonas de impacto	5	Unidad	250	1250
16. Impresión de Tesis	3	Unidad	30	90
			SUB TOTAL	5840
<b>TOTAL</b>				8574

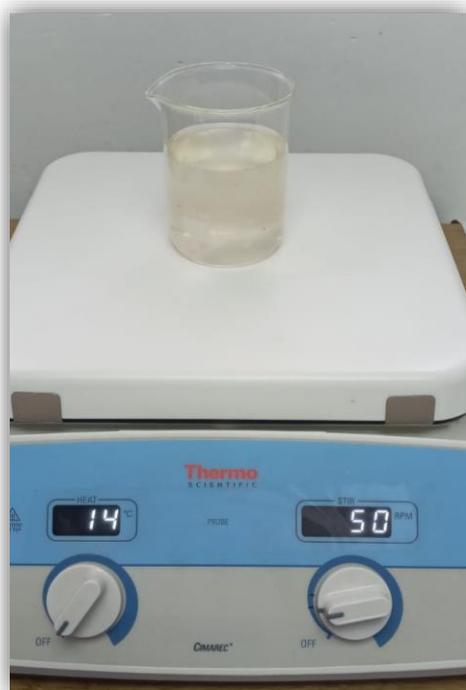
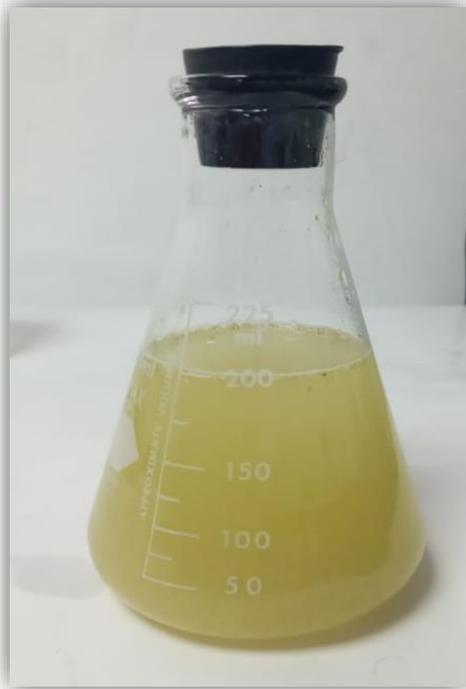
**Anexo 04 – Imágenes de trabajo realizado en la investigación**



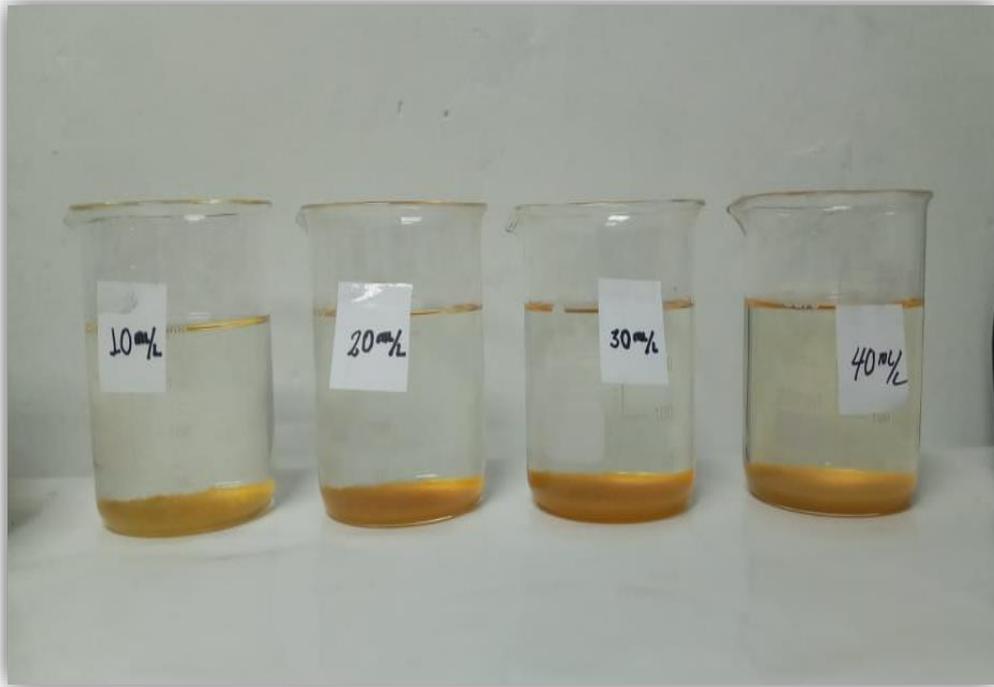














## Anexo 05 – Datos de los resultados de laboratorio



### LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

#### INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-2023-119

<b>NOMBRE DEL CLIENTE</b>	: RASHUAMAN BENITO, KATTERIN.
<b>DOMICILIO LEGAL</b>	: PSJ. LA MERCED N° 135 - CHILCA.
<b>SOLICITADO POR</b>	: RASHUAMAN BENITO, KATTERIN.
<b>REFERENCIA DEL CLIENTE</b>	: AGUA DEL RÍO MANTARO - TRATAMIENTO CON COAGULANTES.
<b>PROCEDENCIA</b>	: AGUA DEL RÍO MANTARO.
<b>ORDEN DE SERVICIO N°</b>	: AL/OS - 2023 - 188.
<b>CANTIDAD DE MUESTRAS</b>	: 05 LITROS DE AGUA (MUESTRA COMPUESTA).
<b>FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA</b>	: 10/10/2023.
<b>PERIODO DE ENSAYO</b>	: 11/10/2023 - 18/10/2023.
<b>TOMA DE MUESTRA</b>	: POR EL CLIENTE.
<b>CONDICIÓN DE LA MUESTRA</b>	: LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

#### I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

Código del Cliente	Código de Laboratorio	Coordenadas		Fecha de Monitoreo	Hora de Monitoreo	Producto Declarado
		Este.	Norte			
ARM-MC	M-23322	0474383.96	8665298.55	10/10/2023	08:00 13:00 17:00	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CN10-1	M-23323	-----	-----	11/10/2023	08:00	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CN10-2	M-23324	-----	-----	11/10/2023	08:20	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CN10-3	M-23325	-----	-----	11/10/2023	08:40	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CN20-4	M-23326	-----	-----	11/10/2023	09:00	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CN20-5	M-23327	-----	-----	11/10/2023	09:20	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CN20-6	M-23328	-----	-----	11/10/2023	09:40	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CN30-7	M-23329	-----	-----	11/10/2023	10:00	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CN30-8	M-23330	-----	-----	11/10/2023	10:20	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CN30-9	M-23331	-----	-----	11/10/2023	10:40	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CN40-10	M-23332	-----	-----	11/10/2023	11:00	AGUA SUPERFICIAL



AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.  
 Ing. Thyril H. Latorre Galdrán  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIE Nº 17982

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 15 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación.  
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 1 de 7

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 - Chilca - Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N - Barrio Chanchas - Huayucachi  
 Cel.: 998900666 - 956000691 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe

LAB-FR-004 VERSIÓN 02 / FE: 01/2022



## LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

### INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-2023-119

Código del Cliente	Código de Laboratorio	Coordenadas		Fecha de Monitoreo	Hora de Monitoreo	Producto Declarado
		Este	Norte			
ATRM-CN40-11	M-23333	-----	-----	11/10/2023	11:20	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CN40-12	M-23334	-----	-----	11/10/2023	11:40	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CQ10-1	M-23335	-----	-----	11/10/2023	12:00	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CQ10-2	M-23336	-----	-----	11/10/2023	12:20	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CQ10-3	M-23337	-----	-----	11/10/2023	12:40	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CQ20-4	M-23338	-----	-----	11/10/2023	13:00	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CQ20-5	M-23339	-----	-----	11/10/2023	13:20	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CQ20-6	M-23340	-----	-----	11/10/2023	13:40	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CQ30-7	M-23341	-----	-----	11/10/2023	14:00	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CQ30-8	M-23342	-----	-----	11/10/2023	14:20	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CQ30-9	M-23343	-----	-----	1/10/2023	14:40	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CQ40-10	M-23344	-----	-----	11/10/2023	15:00	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CQ40-11	M-23345	-----	-----	11/10/2023	15:20	AGUA SUPERFICIAL
ATRM-CQ40-12	M-23346	-----	-----	11/10/2023	15:40	AGUA SUPERFICIAL



  
 AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.  
 Ing. Ricardo Laventúre Colón  
 JEFE DE LABORATORIO  
 C.P. N° 17987

LAB-FR-004 VERSIÓN 02/ F.E.: 07/2022

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C, su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibida la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 15 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 2 de 7

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo, Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi  
Cel.: 998900666 - 956000691 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe



## LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-2023-119

### II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método de Referencia	Descripción
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 24nd Ed.20	Temperature, Laboratory and Field Methods
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 - H+ B, 23nd Ed.2017	pH Value. Electrometric Method.
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23nd Ed. 2017	Turbidity, Nephelometric Method.
Conductividad Eléctrica	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23nd Ed.2017	Conductivity, Laboratory Method
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23nd Ed.2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.

### III. RESULTADOS:

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
ARM-MC	Temperatura	16.8	°C
	pH	8.00	Unidad de pH
	Turbidez	48.24	NTU
	Conductividad Eléctrica	770	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	218.7	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CN10-1	Temperatura	16.7	°C
	pH	7.60	Unidad de pH
	Turbidez	16.93	NTU
	Conductividad Eléctrica	713	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	108.8	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CN10-2	Temperatura	16.7	°C
	pH	8.00	Unidad de pH
	Turbidez	16.58	NTU
	Conductividad Eléctrica	701	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	104.2	O <sub>2</sub> mg/L



LAB-FR-004 VERSIÓN 02/ F.E. 01/2022

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C, su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total de este informe escrito de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un período máximo de 15 días, a partir de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 3 de 7

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 - Chilca - Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N - Barrio Chanchas - Huayucachi  
Cel.: 998900666 - 956000691 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe



## LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

### INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-2023-119

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
ATRM-CN10-3	Temperatura	16.7	°C
	pH	7.50	Unidad de pH
	Turbidez	16.73	NTU
	Conductividad Eléctrica	710	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	109.1	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CN20-4	Temperatura	16.5	°C
	pH	7.50	Unidad de pH
	Turbidez	18.69	NTU
	Conductividad Eléctrica	684	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	107.6	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CN20-5	Temperatura	16.5	°C
	pH	7.80	Unidad de pH
	Turbidez	18.59	NTU
	Conductividad Eléctrica	712	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	112.3	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CN20-6	Temperatura	16.5	°C
	pH	7.50	Unidad de pH
	Turbidez	18.76	NTU
	Conductividad Eléctrica	702	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	115.2	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CN30-7	Temperatura	16.6	°C
	pH	7.80	Unidad de pH
	Turbidez	21.84	NTU
	Conductividad Eléctrica	687	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	172.4	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CN30-8	Temperatura	16.6	°C
	pH	7.80	Unidad de pH
	Turbidez	21.61	NTU
	Conductividad Eléctrica	691	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	163.5	O <sub>2</sub> mg/L



LAB-ER-1004 VERSIÓN 02/ F.E. 01/2022

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibida la reproducción sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 90 días de haber ingresado al laboratorio, excedido al tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 4 de 7



## LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

### INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-2023-119

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
ATRM-CN30-9	Temperatura	16.6	°C
	pH	7.90	Unidad de pH
	Turbidez	20.6	NTU
	Conductividad Eléctrica	694	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	161.2	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CN40-10	Temperatura	16.6	°C
	pH	7.80	Unidad de pH
	Turbidez	24.73	NTU
	Conductividad Eléctrica	691	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	165.5	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CN40-11	Temperatura	16.6	°C
	pH	7.80	Unidad de pH
	Turbidez	24.73	NTU
	Conductividad Eléctrica	694	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	169.4	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CN40-12	Temperatura	16.6	°C
	pH	7.90	Unidad de pH
	Turbidez	24.49	NTU
	Conductividad Eléctrica	700	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	173.5	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CQ10-1	Temperatura	17.7	°C
	pH	6.80	Unidad de pH
	Turbidez	7.69	NTU
	Conductividad Eléctrica	735	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	95.5	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CQ10-2	Temperatura	17.7	°C
	pH	6.80	Unidad de pH
	Turbidez	7.72	NTU
	Conductividad Eléctrica	732	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	99.8	O <sub>2</sub> mg/L



LAB-FR-004 VERSIÓN 02/ F.E. 01/2022

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.

El presente informe es redactado íntegramente por AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C, su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción total o parcial sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 5 de 7

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-2023-119

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
ATRM-CQ10-3	Temperatura	17.7	°C
	pH	6.70	Unidad de pH
	Turbidez	7.02	NTU
	Conductividad Eléctrica	726	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	97.4	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CQ20-4	Temperatura	17.6	°C
	pH	6.40	Unidad de pH
	Turbidez	6.11	NTU
	Conductividad Eléctrica	740	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	92.3	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CQ20-5	Temperatura	17.6	°C
	pH	6.50	Unidad de pH
	Turbidez	6.02	NTU
	Conductividad Eléctrica	747	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	89.1	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CQ20-6	Temperatura	17.6	°C
	pH	6.60	Unidad de pH
	Turbidez	5.72	NTU
	Conductividad Eléctrica	751	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	94.6	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CQ30-7	Temperatura	17.6	°C
	pH	6.00	Unidad de pH
	Turbidez	6.47	NTU
	Conductividad Eléctrica	776	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	79.9	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CQ30-8	Temperatura	17.6	°C
	pH	5.90	Unidad de pH
	Turbidez	6.67	NTU
	Conductividad Eléctrica	774	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	77.5	O <sub>2</sub> mg/L



LAB-FER-004 VERSIÓN 02/ F.E. 01/2022

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 15 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.

Página 6 de 7



## LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

### INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-2023-119

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
ATRM-CQ30-9	Temperatura	17.6	°C
	pH	5.90	Unidad de pH
	Turbidez	6.25	NTU
	Conductividad Eléctrica	771	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	78.1	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CQ40-10	Temperatura	17.8	°C
	pH	4.70	Unidad de pH
	Turbidez	9.23	NTU
	Conductividad Eléctrica	818	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	95	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CQ40-11	Temperatura	17.8	°C
	pH	4.50	Unidad de pH
	Turbidez	9.06	NTU
	Conductividad Eléctrica	823	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	86.2	O <sub>2</sub> mg/L
ATRM-CQ40-12	Temperatura	17.8	°C
	pH	4.40	Unidad de pH
	Turbidez	8.61	NTU
	Conductividad Eléctrica	836	µS/cm
	Demanda Química de Oxígeno	84.8	O <sub>2</sub> mg/L



Huancayo, 20 Octubre del 2023

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.

Ing. *[Firma]*  
JEFE DE LABORATORIO  
20 OCTUBRE 2023

LAB-IR-001 VERSIÓN 02/ F.E. 01/2022

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C, su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 18 días de haber ingresado al laboratorio, pasado el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 7 de 7

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi  
Cel.: 998900666 - 95600691 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe

Anexo 06 – Estándares de la calidad ambiental (ECA)

**Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias**

**DECRETO SUPREMO  
N° 004-2017-MINAM**

**Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5