



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Reducción de la Turbidez de las Aguas del Rio Shullcas,  
Utilizando Penca de Tuna y Sulfato de Aluminio en el Proceso  
de Coagulación para el Tratamiento de Agua Potable**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR:**

Gaspar Cahuana, Florencia (ORCID: 0000-0002-1124-9931)

**ASESOR:**

Ordoñez Galvez, Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

Dedico de manera especial a Dios nuestro padre celestial y a mis queridos padres Inocencio Gaspar y Domitila Cahuana quienes fueron el cimiento de mi vida profesional.

Gracias querido Dios por concederme los mejores hermanos Jesús Octavio y Yudith Gaspar un soporte emocional y espiritual.

A mi esposo Paul de la Cruz y mis hijas Dalia y Magie por su cariño y respeto.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a mis padres por darme apoyo y ánimo para finalizar esta tesis, pero en especial quiero dar las gracias a mi esposo Paul De la Cruz e hijas Dalia y Magie, quienes son mi motor y motivo para realizarme como profesional. Agradezco también a mis amigos, colegas y profesores que me apoyaron con sus conocimientos para la realización de este trabajo de investigación

## Índice de Contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	19
3.1. Tipo, diseño y nivel de la investigación	19
3.2. Variables y Operacionalización	20
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.5. Procedimiento	21
3.6. Método de análisis de datos	31
3.7. Aspectos éticos	31
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN	49
VI. CONCLUSIONES	53
VII. RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS	55
ANEXOS	60
Anexo N° 1. Declaratoria de originalidad del autor	60
Anexo N° 2. Declaratoria de autenticidad del asesor	61
Anexo N° 3. Matriz de operacionalización de variables	62
Anexo N° 4. Instrumentos de recolección de datos	63

Anexo N° 5. Validación de instrumentos	67
Anexo N° 6. Certificado de análisis	71

## Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía de la Tuna	10
Tabla 2. Tiempos de decantación de las partículas	12
Tabla 3. Diseño factorial para la coagulación con coagulante de tuna	19
Tabla 4. Diseño factorial para la coagulación con sulfato de aluminio	19
Tabla 5. Variables de investigación	20
Tabla 6. Fichas de recolección de datos	21
Tabla 7. Coordenadas de la zona de estudio	22
Tabla 8. Dosis de penca de tuna y sulfato de aluminio	30
Tabla 9. Turbidez inicial de la muestra de agua del río Shullcas	31
Tabla 10. Turbidez final del agua del río Shullcas con coagulante de penca de tuna	32
Tabla 11. Promedio de turbidez final del agua del río Shullcas con coagulante de penca de tuna	33
Tabla 12. Porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Shullcas con coagulante de penca de tuna	34
Tabla 13. Promedio de porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Shullcas con coagulante de penca de tuna	35
Tabla 14. Turbidez final del agua del río Shullcas con coagulante de sulfato de aluminio	36
Tabla 15. Promedio de turbidez final del agua del río Shullcas con coagulante de sulfato de aluminio	37
Tabla 16. Porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Shullcas con coagulante de sulfato de aluminio	39
Tabla 17. Promedio de porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Shullcas con coagulante de sulfato de aluminio	39
Tabla 18. Análisis de varianza para la reducción de turbidez con penca de tuna	43
Tabla 19. Análisis de varianza para la reducción de turbidez con sulfato de aluminio	47

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Espectro infrarrojo del coagulante obtenido de la Tuna	11
Figura 2. Fuerzas de repulsión y atracción	13
Figura 3. Reestabilización de partículas	14
Figura 4. Efecto de puente de las partículas en suspensión	14
Figura 5. Fases de la coagulación	17
Figura 6: Diagrama general del Proyecto de Investigación	21
Figura 7: Ubicación del punto de muestreo	22
Figura 8: Coordenadas UTM del punto de muestreo en el GPS	23
Figura 9: Implementos de seguridad para el muestreo de agua	24
Figura 10: Muestreo de agua para caracterización inicial	24
Figura 11: Recolección de agua para pruebas experimentales	25
Figura 12: Pelado de la penca de tuna	26
Figura 13: Corte y trituración de la penca de tuna	26
Figura 14: Coagulante natural obtenido de penca de tuna	27
Figura 15: Muestras de agua superficial del río Shullcas	27
Figura 16: Dosificación del coagulante de penca de tuna	28
Figura 17: Agitación inicial de las muestras	28
Figura 18: Agitación a 50 rpm de las muestras	29
Figura 19: Recolección de muestras finales para el análisis respectivo	29
Figura 20: Procedimiento de prueba de jarras con sulfato de aluminio	30
Figura 21: Turbidez inicial del agua del río Shullcas frente al ECA	31
Figura 22: Turbidez final promedio del agua del río Shullcas vs dosis del coagulante de penca de tuna	33
Figura 23: Porcentaje de reducción de turbidez en función de la dosis del coagulante de penca de tuna	35
Figura 24: Turbidez final promedio con sulfato de aluminio vs dosis del sulfato de aluminio	38
Figura 25: Porcentaje de reducción de turbidez en función de la dosis del coagulante de sulfato de aluminio	40
Figura 26: Porcentaje de reducción de turbidez en función de la dosis del coagulante de sulfato de aluminio y penca de tuna	40
Figura 27: Efectos principales para el porcentaje de reducción de la turbidez	

con penca de tuna	41
Figura 28: Grafica de interacción para el porcentaje de reducción de la turbidez con penca de tuna	42
Figura 29: Prueba de normalidad para el porcentaje de reducción de la turbidez con penca de tuna	42
Figura 30: Diagrama de Pareto para reducción de turbidez	44
Figura 31: Efectos principales para el porcentaje de reducción de la turbidez con sulfato de aluminio	45
Figura 32: Grafica de interacción para el porcentaje de reducción de la turbidez con sulfato de aluminio	45
Figura 33: Prueba de normalidad para el porcentaje de reducción de la turbidez con sulfato de aluminio	46
Figura 34: Diagrama de Pareto para reducción de turbidez	47



## RESUMEN

La investigación se llevó a cabo con las aguas superficiales recolectadas del anexo de Chamiseria, centro poblado de Acopalca, distrito y provincia de Huancayo, departamento de Junín. La finalidad fue obtener y comparar la disminución de turbidez utilizando la penca de tuna y sulfato de aluminio en el proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable; para ello la muestra inicial recolectada fue sometida a una caracterización fisicoquímica arrojando como turbidez inicial 300 UNT. El proceso de coagulación mediante la prueba de jarras fue utilizando dos dimensiones que fueron la dosis del coagulante y tiempo. Se aplicó un diseño experimental factorial con tres réplicas, la primera dimensión tuvo 4 niveles (100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L y 360 mg/L) y la segunda dimensión tuvo 3 niveles (20 minutos, 30 minutos y 40 minutos). Los resultados obtenidos mostraron que la dosis óptima tanto del coagulante de penca de tuna como del sulfato de aluminio fue de 300 mg/L al ser evaluada por un tiempo de 40 minutos, logrando una reducción de turbidez de 99,62 % con el coagulante natural al reducir la turbidez del agua de 300 UNT hasta 1,13 UNT y una reducción de turbidez de 98,41 %; con el coagulante químico al reducir la turbidez del agua de 300 UNT hasta 4,67 UNT, finalmente se determinó que el coagulante natural de la penca de tuna fue el que logró la mayor reducción de turbidez de las aguas respecto al coagulante de sulfato de aluminio.

**Palabras clave:** coagulación, penca de tuna, sulfato de aluminio, reducción de turbidez, prueba de jarras

## ABSTRACT

The research was carried out with the surface waters collected from the Chamiseria annex, Acopalca town center, Huancayo district and province, Junín department, the purpose of which was to obtain and compare the decrease in turbidity using the prickly pear leaf and aluminum sulfate. In the coagulation process for drinking water treatment, for this the initial collected sample was subjected to an initial physicochemical characterization, yielding an initial turbidity of 300 NTU, then the coagulation process was carried out through the jar test, using two independent variables that were the coagulant dose and time, a factorial experimental design with three replications was applied, the first variable had 4 levels (100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L and 360 mg/L) and the second variable had 3 levels (20 minutes, 30 minutes and 40 minutes). The results obtained achieved that the optimal dose of the prickly pear coagulant as well as aluminum sulfate was 300 mg/L when placed for 40 minutes, achieving a reduction in turbidity of 99,62 % with the natural coagulant when reduce the turbidity of the water from 300 NTU to 1,13 NTU and a reduction of turbidity of 98,41 % with the chemical coagulant by reducing the turbidity of the water from 300 NTU to 4,67 NTU, it was finally determined that the natural coagulant of prickly pear leaf was the one that achieved the greatest reduction in water turbidity with respect to the aluminum sulfate coagulant.

**Keywords:** coagulation, prickly pear stalk, aluminum sulfate, turbidity reduction, jar test

## I. INTRODUCCIÓN

Es sabido que el recurso agua, es imprescindible para que los seres vivos crezcan y se desarrollen, es por ello que se utiliza en grandes volúmenes en diversas actividades de producción que realizan las poblaciones del mundo, así mismo este recurso tiene vital importancia en los ecosistemas ya que forma parte del ciclo hidrológico, siendo parte en la interacción que se da entre las especies presentes en dichos ecosistemas (Herrera, 2018).

El acceso de agua potable es una problemática que afrontan todos los países, a ello le sumamos la contaminación de los cuerpos hídricos lo que empeora más aun el panorama (Herrera, 2018).

Uno de los problemas del agua es el color y turbiedad, generado por la presencia de partículas coloidales en los cuerpos de agua natural, las cargas eléctricas negativas producen una barrera entre ellas, que impide su aglomeración. Se necesita adicionar coagulantes para alterar las características de estas partículas, conociéndose este proceso como el proceso de coagulación, el cual se caracteriza por ser una de las primeras etapas para el tratamiento de agua potable, los otros procesos dependerán de la coagulación (Lédo y Lima, 2018).

En el Perú el problema que se presenta es el crecimiento desmesurado de la población, el que ha complicado el abastecimiento de agua a todo el país, además otros factores que agrandan este problema son la falta de conciencia en la utilización despreocupada del recurso hídrico, la deforestación y el calentamiento global, lo que genera que la solución a esta problemática sea menos viable, por otro lado el agua de los ríos y quebradas, que son usados generalmente para potabilización para consumo humano, presentan turbidez, y ante ello se hace necesario aplicar un tratamiento para reducir este parámetro y llevarlo a los parámetros óptimos establecidos por el ECA de agua para consumo humano (Briones, 2018).

En la provincia de Huancayo ha crecido rápidamente la demanda de agua potable, por lo que es importante recalcar que el agua en épocas de lluvia presenta un alto nivel de turbidez en los ríos, sobre todo en la zona rural, ante

ello se necesita implementar tratamientos elementales para su potabilización con la finalidad de que estas aguas tengan características organolépticas y físicas para su consumo según los estándares de calidad ambiental para agua (Garzón y Rosas, 2014).

Es común hoy en día el uso de coagulantes que se caracterizan por ser polielectrolitos sintéticos y por su contenido de sales metálicas, considerándolos en altas dosis podría afectar nocivamente a la salud de la población, estos coagulantes comerciales tienen una alta demanda y sus precios son considerables; sin embargo, existen también coagulantes naturales que son usados en investigaciones para reducir los parámetros fisicoquímicos de las aguas, como es la penca de la tuna, la cual es accesible en lo que respecta a costos para ser usada como un coagulante natural.

Para desarrollar esta investigación, se planteó el siguiente **problema general**: ¿Cuál es la reducción en la turbidez utilizando la penca de tuna en comparación con el sulfato de aluminio en el proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable? También se plantearon las siguientes **interrogantes específicas**: ¿Cuál será la caracterización fisicoquímica de las muestras para el tratamiento del agua potable?, ¿Cuál es la dosis de coagulante (penca de tuna y sulfato de aluminio) para el proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable?, ¿Cuál es el nivel de reducción de la turbidez utilizando la penca de tuna como coagulante en el agua para el tratamiento de agua potable? y ¿Cuál es el nivel de reducción de la turbidez utilizando el sulfato de aluminio como coagulante en el agua para el tratamiento de agua potable?

Se tiene así, que el presente tema de investigación es importante para la carrera de ingeniería ambiental puesto que realzará el tratamiento de las aguas con un coagulante natural (penca de tuna), amigable con el medio ambiente y de bajo costo, que sin ningún problema se puede aplicar para el tratamiento de turbidez en las zonas rurales, ya que es donde hay mayor necesidad de este recurso natural en épocas de lluvia excesiva lo que provoca que el agua se llene de partículas que no permiten ser consumida y que provoca daños severos a la salud. Este trabajo permite que los estudiantes de ingeniería ambiental puedan tener una base de investigación en la zona para contribuir con investigaciones,

aportando una alternativa verde y ecológica que puede ser aplicado en las juntas administradoras de servicio y saneamiento (JASS) y con las empresas prestadoras de servicio (EPS) para poder atender las necesidades básicas de mayor importancia.

En base a lo expuesto, la presente investigación se justifica teóricamente ya que proporciona conocimientos sobre el proceso de coagulación, ya sea con coagulantes naturales o industriales en el proceso para potabilizar el agua, por su eficiencia en la disminución de partículas suspendidas, por esto se tomó la iniciativa de analizar cuánto disminuye la turbidez del agua mediante la aplicación de la penca de tuna como coagulante a comparación de utilizar sulfato de aluminio, este último, si bien logra buenos resultados y es usado generalmente en las plantas de potabilización de agua, está sujeto a que sus concentraciones residuales en el agua potable debe mantener límites por debajo de 0,2 mg/L, para evitar algunas repercusiones que podría presentar en la salud de las personas; por otro lado el uso de coagulantes naturales como la penca de tuna, permiten la estabilización de la contaminación coloidal, además de ser económicos, presenta una mínima o nula toxicidad y son biodegradables, lo que los hace amigables con el ambiente, a esto se le suma que producen una menor cantidad de lodos y no consumen alcalinidad a comparación del sulfato de aluminio (Banchon et al, 2016).

Se planteó por ello el **objetivo general** de la investigación el cual fue obtener y comparar la disminución de turbidez utilizando la penca de tuna y sulfato de aluminio en el proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable. Así mismo, los **objetivos específicos** fueron: realizar la caracterización fisicoquímica de las muestras de agua para el tratamiento de agua potable, determinar la dosis de coagulante (penca de tuna y sulfato de aluminio) para la disminución de turbidez en el proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable, determinar el efecto en la turbidez utilizando la penca de tuna como coagulante en el agua para el tratamiento de agua potable y determinar el efecto en la turbidez utilizando el sulfato de aluminio como coagulante en el agua para el tratamiento de agua potable.

La **hipótesis general** de la investigación fue: la penca de tuna reduce significativamente la turbidez a comparación con el sulfato de aluminio en el

proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable. Así mismo, las **hipótesis específicas** fueron: la composición fisicoquímica de las muestras de agua para el tratamiento de agua potable excede los límites máximos permisibles según la normativa, la dosis de coagulante a partir de la penca de tuna es efectiva para la reducción de turbidez a comparación con el sulfato de aluminio en el proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable, la penca de tuna tiene efectos positivos como coagulante en la reducción de turbidez para el tratamiento de agua potable y el sulfato de aluminio tiene efectos negativos como coagulante en la reducción de turbidez para el tratamiento de agua potable.

## II. MARCO TEÓRICO

Con la finalidad de tener un entendimiento más extenso sobre el tema y para realizar la investigación presente, se tuvo en cuenta antecedentes del ámbito local, como del nacional e internacional, antecedentes que permitieron una comparación con los resultados logrados en el estudio presente.

La influencia de las condiciones operativas en la eficiencia del proceso de clarificación utilizando polvo de cladodios de cactus tunecino (*Opuntia ficus indica*) fue estudiado por Lassoued et al. (2018), investigaron un modelo de agua turbia, que usó arcilla fibrosa como la palygorskita, que oscilo entre 50 UNT y 500 UNT; evaluaron la capacidad de eliminación de turbidez mediante el uso de mediciones de prueba de jarras estándar; implementaron un diseño experimental de cribado  $3^7/16$  para cribar 7 factores de entrada experimentales a 3 niveles cada uno en 16 corridas experimentales; evaluaron la turbidez inicial, pH, tamaño de partícula, masa de coagulante sorbente agregado, tipo de tratamiento de cactus, velocidad de agitación y el tiempo de sedimentación en la eliminación de la turbidez. Demostraron que el pH óptimo fue de 10, logrando una remoción del 60 %, la dosis óptima fue de aproximadamente 50 mg/L para muestras cuya turbidez inicial osciló entre 20 UNT y 200 UNT, la velocidad de agitación óptima fue de 75 rpm, mientras que el tiempo de sedimentación fue favorable a los 30 minutos y 60 minutos.

La evaluación de la eficiencia de un nuevo biofloculante biodegradable, no contaminante y económico fue estudiado por Asnam, A., Aouabed y Bouras (2017), el estudio fue basado en cladodios de cactus naturales disponibles (*Opuntia Ficus Indica*) a través de varias pruebas de Jarras, los resultados mostraron en general y claramente que obtuvieron una reducción máxima de turbidez del agua sintética con una relación volumétrica muy baja (floculante gelificado/muestra de agua), utilizaron volúmenes de gel agregados que variaron de 0,025 mL a 0,8 mL por litro de muestras a una temperatura de 25 °C, logrando un porcentaje de reducción de turbidez igual a 99,56 % donde la turbidez residual fue igual a 0,67 UNT, a lo largo de todo el rango de pH estudiado de 2 a 12, obtuvieron tasas de reducción muy altas con una turbidez residual que cumplió con los estándares y sin afectar el pH y la conductividad de las muestras tratadas.

Dargo Beyene, Derbe Hailegebrial y Batu Dirersa (2016), realizaron un estudio comparativo del polvo de cactus, el alumbre, y su combinación de análisis fisicoquímicos de muestras de agua como TDS, pH, conductividad, salinidad y turbidez mediante la prueba de jarra; el resultado indicó que el porcentaje de eliminación de la turbidez de la muestra de agua turbia aumentó del 23,9 % al 54 % y del 28,46 % al 58,2 % a medida que la dosis aumentó de 0,50 g a 3,50 g para el polvo de cactus y el alumbre, respectivamente, el polvo de cactus también tuvo un efecto marginal sobre el valor del pH (7,33 a 0,50 g, 7,49 a 1,50 g, 7,57 a 2,50 g y 7,57 a 3,50 g) en comparación con el uso de coagulantes químicos (Alum), la salinidad aumentó de 0,4 % a 0,69% y de 0,39 % a 0,9 8% a medida que la dosis de polvo de cactus y alumbre aumentó de 0,50 g a 3,50 g, respectivamente, los resultados revelaron que el polvo de cactus fue más efectivo para mantener el pH, el mantenimiento de TDS (sólidos disueltos totales) y la eliminación de salinidad que el alumbre, pero su combinación es más efectiva en términos de eliminación de turbidez, reducción de salinidad, reducción de conductividad y reducción de TDS.

La utilización de abio-floculante extraído de la raqueta de *Opuntia ficus indica*, jugo de cactus, para reemplazar el uso de los productos químicos en procesos de coagulación-floculación y eliminar su efecto negativo en el proceso de eliminación de agua fue evaluado por Taa, Benyahya y Chaouch (2016), para ello utilizaron en los experimentos: una solución sintética de sulfato de cromo a 100 ppm o 500 ppm y un efluente proveniente de una curtiduría a 90 ppm o 900 ppm, los resultados obtenidos nos dieron a conocer que la floculación fue rápida en el rango de pH 7-9, la neutralización y la coagulación de la cal seguida de la floculación del jugo de cactus redujeron en gran medida los valores de carga de metal, y confirmaron esto mediante la medición apropiada de ICP (plasma de acoplamiento inductivo), por ejemplo, con 4 mL de jugo de cactus para 500 mL de efluente a 90 ppm, la carga inicial de 176 mg/L se redujo en un 99,9 %. Las mismas operaciones permitieron una caída significativa en la DQO y DBO5 estimada en (94 % y 95 %) respectivamente. En el caso de efluentes de la curtiduría a 900 ppm, lograron una reducción de la turbidez del 98,6 %.

El uso de coagulantes naturales como: el almidón, algas marinas, cactus opuntia y moringa oleífera para clarificar las aguas que se destinan para



consumo fue estudiado por Molina y Rodríguez (2016), planteando utilizar coagulantes naturales con la finalidad de sustituir el sulfato de aluminio en sistemas continuos y sistemas Batch, para esta investigación utilizaron aguas del río Cesar considerando periodos de avenida y estiaje, los coagulantes naturales fueron evaluadas con y sin pre-tratamientos químicos, para ello se utilizó NaCl, NaOH,  $\text{Ca(OH)}_2$  y  $\text{CaCl}_2$ . Las pruebas realizadas se desarrollaron en 2 sistemas mediante 2 fases simuladas (coagulación y floculación) variando las dosificaciones, se tomaron en cuenta la turbiedad, OD, ST, conductividad, pH y color. Se obtuvieron mejores resultados de remoción con pre-tratamientos resaltando la moringa con  $\text{Ca(OH)}_2$  un 88,26 % de remoción, 81,14 % para algas con  $\text{CaCl}_2$ , 98,41 % para cactus siendo este el más eficiente y finalmente 79,73 % para almidón con NaOH, el sistema continuo resulto ser más eficiente que el sistema Batch; se llegó a la conclusión que los coagulantes naturales son efectivos, económicos y seguros para el agua con mínima generación de lodos, debido a los mecanismos de neutralización de cargas y de adsorción.

Un estudio comparativo entre cactus (*Opuntia spp.*) y alumbre como coagulantes fue investigado por Al-Saati, Hwaidi y Jassam (2016), utilizaron muestras mensuales de agua cruda, entregadas desde (Canal Al-Mashroo), realizaron el análisis para decidir la dosis óptima, el gradiente de velocidad óptimo y tiempo de floculación óptimo para ambos coagulantes; los resultados del estudio indicaron la eficiencia del alumbre sobre el cactus y que la dosis óptima de alumbre fue mayor que la del cactus, el nivel de pH del agua cruda estuvo en el rango de 7,734 – 8,203, mientras que la temperatura del agua cruda estuvo en el rango de 13 °C – 35 °C durante el período del estudio, el gradiente de velocidad confiable para ambos coagulantes fue de 25 L/s, y el tiempo de floculación confiable para ambos coagulantes fue de 20 min, la turbidez residual para el cactus estuvo en el rango de 0,0 UNT – 296 UNT, mientras que la del alumbre estuvo en el rango de 0,0 UNT – 5,81 UNT.

En la investigación de M. Al-aubadi y Q. Hashim (2015), usaron extracto de mucílago de cactus como coagulante principal, así como una ayuda coagulante con alumbre mediante un aparato de prueba de jarra para tratar tres niveles de agua turbia 53 UNT, 100 UNT y 200 UNT a un pH que osciló entre 4–10, los resultados indicaron que las dosis óptimas de coagulante natural fueron de 5

ppm, 10 ppm y 30 ppm a pH 7 y el mejor período de sedimentación fue de 2 horas y 5 horas con eliminación significativa de la movilidad 79,3 %, 78,7 %, 82 % y 84,7 %, 86,6 %, 87,9 % por dos veces y tres niveles de agua turbia respectivamente, mientras que hay una diferencia no significativa entre varias temperaturas en el tratamiento; demostraron que el coagulante natural integrado con alumbre obtuvo la máxima remoción de turbidez en una proporción (0,5: 0,5) (coagulante auxiliar: alumbre) que fueron 74,1 %, 84,7 % y 89,8 % para tres niveles de agua turbia respectivamente.

Según Lozano y Mendoza (2015), en su artículo de investigación busca plantear opciones económicas y limpias de origen natural o vegetal para sustituir a los coagulantes orgánicos y comerciales, es por ello que esta investigación evaluó al mucilago del nopal como un eficiente coagulante natural y sustituto del sulfato de aluminio, para realizar la clarificación de agua de río, utilizaron la prueba de jarras como método tomando en cuenta la proporción de los coagulantes, la concentración, la velocidad de agitación y finalmente el pH para poder evaluar el color, la turbidez, conductividad eléctrica, pH y sólidos totales disueltos. Donde se obtuvo una cantidad de 20 % del mucilago del nopal en la proporción de coagulante con una velocidad de agitación de 200 revoluciones por minuto, disminuyó la turbidez del agua con valores mínimos de 2 UNT, se alcanzó eficiencias mayores de 50 % en la remoción de turbiedad, registrándose como las más efectivas los 96 % y 98 %, el color se redujo totalmente y en el caso de sólidos totales disueltos con valores menores de 200 mg/L, en el caso del pH el coagulante natural no afectó significativamente en su variación.

La evaluación de la eficacia de *Opuntia stricta* sobre la base de la eliminación de la turbidez de las muestras de agua de superficie y preparadas en laboratorio fue estudiado por Mukhtar, Ali y Hussain (2015), analizaron el efecto del pH del agua sobre su rendimiento, los resultados del estudio revelaron que la eficiencia de eliminación de *Opuntia stricta* para la eliminación de turbidez permanece constante dentro de un amplio rango de pH (5 a 10), en contraste con otros coagulantes que dependen del pH, además, el pH del agua permanece constante durante la coagulación; la turbidez inicial de 105 UNT se redujo hasta por debajo de 20 UNT que se logró convenientemente usando *Opuntia stricta* incluso cuando se usó a dosis muy bajas (2 mg/L a 30 mg/L), la formación de

flóculos excepcionalmente grandes y su configuración lineal revela la posibilidad de que el mecanismo de coagulación por *Opuntia stricta* fue la adsorción y el puente entre partículas.

Antillón y Camareno (2013), en su investigación trabajó con el cactus de tuna para evaluar las eficiencias de remoción del color en aguas para consumo humano, se realizó la comparación con un floculante catiónico y el coagulante comercial sulfato de aluminio, el agua presentó características como baja turbidez, alto color, dureza, alcalinidad y elevado porcentaje de oxígeno disuelto, se obtuvo un 94 % en el porcentaje de remoción de color en agua artificial, para el agua tratada con tuna presento un valor de demanda química de oxígeno residual del doble (21 mg/L) en relación con el tratamiento común o tradicional.

Algunos alcances teóricos son descritos a continuación, estos sirvieron de sustento para desarrollar la investigación.

El tallo de la tuna con la finalidad de identificar compuestos asociados que le otorguen su poder coagulante para obtener remoción de color y turbidez en aguas superficiales fue estudiado por Ortiz y Astudillo (2013), el proceso que siguieron las pencas fueron corte, pelado, molienda, tamizado para la obtención de coagulante. Los resultados dieron a conocer un porcentaje alto de humedad y proporciones de flavonoides y saponinas que contiene la penca de tuna lo que permitió concluir que estas características no son responsables de su poder como coagulante por las cantidades mínimas encontradas. Se tomó en consideración a otras especies químicas como: compuestos algínicos y ácidos poligalacturónicos que confieren la cualidad al biomaterial.

De acuerdo a Garzón y Rosas (2014), las tunas (*Opuntia ficus indica*) son plantas de especie arbustiva rastrera que poseen formas simples como matorrales, está conformado por un tronco leñoso con ramificaciones en forma de copa o esparcidas, sus ramas aplanadas y tallos son articuladas. Sus pencas (oblongas) alcanzan los 30 cm – 50 cm de ancho y 2 cm de espesor se caracterizan por ser de color verde opaco; algunas de ellas tienen espinas pequeñas, débiles que pueden ser amarillas o blancas también poseen frutos y flores de color amarillo, rojo y naranja. Crecen en terrenos poco fértiles y de poca humedad, no necesita muchos cuidado, viven incluso 80 años, pero se ven

afectadas por las temperaturas bajas, existen 258 especies reconocidas originaria de América (Gómez, 2014).

La tuna en base seca nos muestra un porcentaje de 15,48 % de proteínas, carbohidratos, cenizas y una gran humedad. Posee un nivel bajo de acidez. En la penca encontramos una alta reserva de azúcares. Que son considerados generalmente reductores, predomina la glucosa (60 %) y la fructosa (40 %). Seguidamente , en la Tabla 1 se muestra su clasificación taxonómica (Antillón y Camareno, 2013).

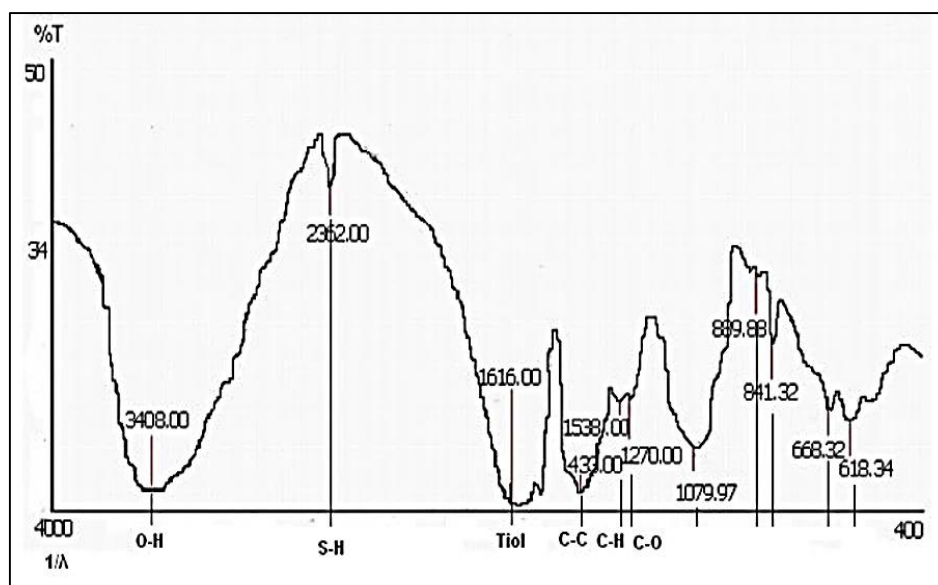
**Tabla 1. Taxonomía de la Tuna**

<b>Taxonomía</b>	
Reino	<i>Vegetal</i>
Sub reino	<i>Embryophita</i>
División	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotyledonea</i>
Subclase	<i>Dialipetalas</i>
Orden	<i>Opuntiales</i>
Familia	<i>Cactaceae</i>
Subfamilia	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	<i>Opuntiae</i>
Genero	<i>Opuntia</i>

Fuente: (Antillón y Camareno, 2013)

Los estudios fitoquímicos que se realizaron a la tuna, demostraron que tienen abundante humedad, representada entre un 79 % y 94 % de su peso. Se encontraron mínimas cantidades de calcio y hierro como metabolitos entre ellos las saponinas en formas de flavonoides y triterponos, no se encontraron alcaloides ni taninos (Antillón y Camareno, 2013).

De acuerdo a Antillón y Camareno (2013), en la Figura 1 nos muestra el espectro infrarrojo efectuado a un polímero natural a base de la tuna, muestra la presencia de grupos tiol (S-H), grupos nitroso (NO<sub>2</sub>), hidroxilos (O-H), enlaces carbono-carbono (C-C), la presencia de hidrocarburos insaturados (C-H) y del enlace (C-O), puede ser debido a la presencia de alcoholes, esterres o éteres. Este comportamiento es muy similar al observado en otros polielectrólitos sintéticos.



Fuente: (Antillón y Camareno, 2013)

**Figura 1. Espectro infrarrojo del coagulante obtenido de la Tuna**

El MINAM (2017), define a la turbidez como la medida del grado cuando el agua va perdiendo su transparencia por la presencia de partículas que se encuentran en suspensión, cuando existan más sólidos suspendidos presentes en el agua le va confiriendo una apariencia más sucia y por ende se elevara la turbidez, se considera a la turbidez como un parámetro para medir la calidad de agua.

Según Briones (2018), la turbidez en el agua es causada por minerales, arcillas, algas, materia orgánica, materia inorgánica, microorganismos y plancton, estas partículas le confieren color aparente al agua. Entonces la turbidez en términos matemáticos vendría a ser el logaritmo natural de la disminución de la intensidad luminosa, al pasar un rayo de luz a través de un medio de espesor  $l$ . La turbidez es una medida que sirve para determinar la cantidad de partículas suspendidas en el agua y debe encontrarse dentro de las 5 UNT para consumo humano del agua, las partículas suspendidas difunden la luz solar y van absorbiendo calor lo que podría ocasionar el incremento de la temperatura del agua, el sedimento puede transportar diversidad de contaminantes y nutrientes.

Los factores de turbiedad en el agua, de acuerdo a Briones (2018), se dividen en factores naturales dentro de los cuales se consideran a los sedimentos en

suspensión de la erosión y transporte de los sedimentos, las algas y nutrientes, el clima estacional y los eventos de tormentas; mientras que en los factores humanos se considera la carga excesiva de crecimiento de algas y nutrientes, las erosiones que son consecuencia de la eliminación de vegetación de la parte riverense.

Las partículas en suspensión de acuerdo a Casas y Ninoska (2017), provienen principalmente de la erosión del suelo, descomposición de sustancias orgánicas, disolución de minerales y descargas de desagües. Es importante considerar el tamaño de partículas en suspensión porque de acuerdo a su tamaño se irán depositando rápida o lentamente, aquellas con diámetro inferior a 1  $\mu\text{m}$  se depositan muy lentamente como se observa en la Tabla 2.

**Tabla 2. Tiempos de decantación de las partículas**

<b>Diámetro de la partícula (mm)</b>	<b>Escala de tamaños</b>	<b>Área superficial total</b>	<b>Tiempo requerido para sedimentar</b>
10	grava	3,15 $\text{cm}^2$	0,3 s
1	Arena gruesa	31,50 $\text{cm}^2$	3,0 s
0,1	Arena fina	315,00 $\text{cm}^2$	38,0 s
0,01	sedimento	3150,00 $\text{cm}^2$	33,0 min
0,001	bacteria	3,15 $\text{m}^2$	55,0 horas
0,0001	Partícula coloidal	31,50 $\text{m}^2$	230,0 días
0,00001	Partícula coloidal	0,283 ha	6,3 años
0,000001	Partícula coloidal	2,83 ha	63,0 años

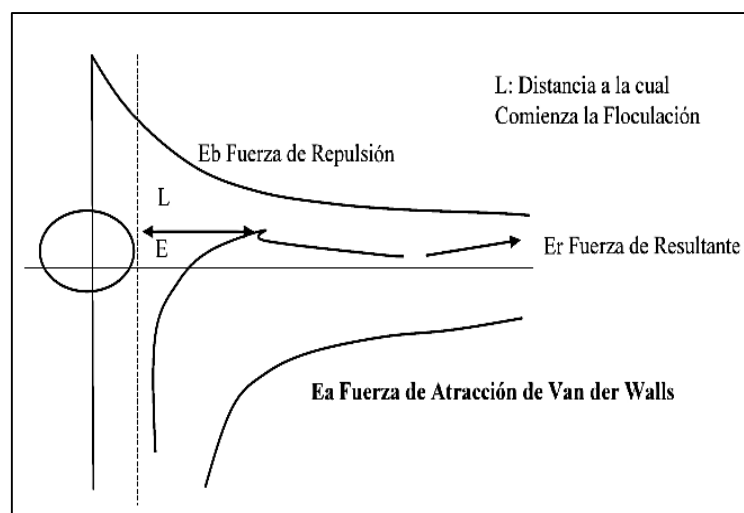
Fuente: (Casas y Ninoska, 2017)

De acuerdo a Almendárez (2016), El proceso de coagulación consiste en añadir un producto químico (coagulante) que desestabiliza la materia coloidal dispersa y su aglomeración en flóculos y el coagulante es una sal metálica que reacciona con la alcalinidad del agua para originar flóculos de hidróxido del metal que son insolubles en el agua.

## Mecanismos de coagulación

- Comprensión de la doble capa

Las capas difusas van interactuando, como consecuencia generan una fuerza de repulsión, esto sucede cuando se aproximan 2 partículas semejantes, donde el potencial de repulsión se encuentra en función a la distancia que las separa y decae al incrementar los iones de carga opuesta al de las partículas, generalmente esto sucede solo con los iones del coagulante. En la Figura 2 se puede observar las fuerzas de atracción o más conocida como potencial de atracción entre aquellas partículas denominadas fuerzas de Van der Waals, las cuales dependen principalmente de los átomos que conforman las partículas y de sus respectivas densidades (Goycoochea y Cárdenas, 2013).



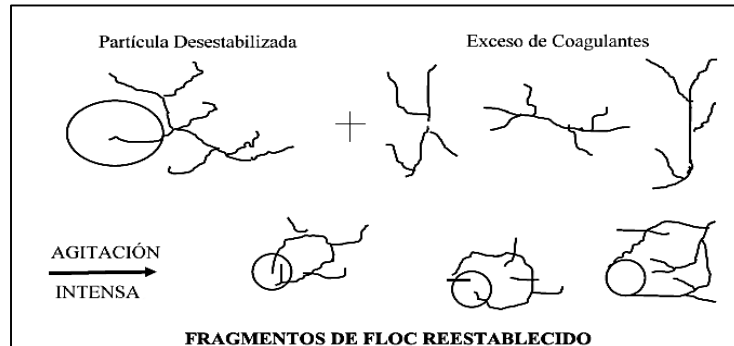
Fuente: (Goycoochea y Cárdenas, 2013)

**Figura 2. Fuerzas de repulsión y atracción**

- Adsorción y neutralización de cargas

De acuerdo a Casas y Ninoska (2017), para formar la primera capa adherida al coloide las partículas se caracterizan por poseer cargas negativas en su superficie (cargas primarias) las que se sienten atraídas por iones (+) que se encuentran en el agua como veremos a continuación en la Figura 3. El potencial  $Z$ , es el potencial electrocinético que se da en la superficie del plano de cizallamiento, encargado de realizar la interacción de los coloides y rige su desplazamiento. La anulación del potencial se da por la adición de sustancias o productos de coagulación – floculación, debido al movimiento browniano la

fuerza natural no es suficiente, lo que requiere de una energía complementaria como la agitación hidráulica o mecánica.

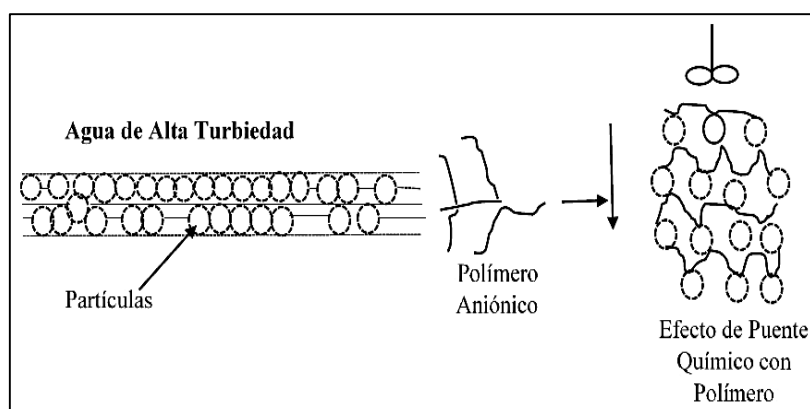


Fuente: (Casas y Ninoska, 2017)

**Figura 3. Reestabilización de partículas**

- Adsorción y puente

La teoría del puente explica el fenómeno cuando las moléculas del polímero aniónico contienen grupos químicos que puede absorber las partículas coloidales (cargadas negativamente), el polímero puede absorber una partícula coloidal solo en una de las extremidades de la molécula, teniendo espacios libres para absorber más partículas, por ello la teoría considera a las moléculas de los polímeros como un puente entre las partículas coloidales como se observa en la Figura 4 (Casas y Ninoska, 2017).



Fuente: (Casas y Ninoska, 2017)

**Figura 4. Efecto de puente de las partículas en suspensión**



De acuerdo a Bedoya (2013), los agentes coagulantes comerciales son compuestos químicos de aluminio, hierro y materiales naturales de origen vegetal que reaccionan con los compuestos del agua como lo hace con la alcalinidad del agua para formar un precipitado absorbente y voluminoso, en el caso del compuesto químico compuesto por mayor cantidad de hidróxido metálico del coagulante en uso. El precipitado que se forma es insoluble, está conformado por partículas pequeñas que se aglomeran por la acción que produce el coagulante, conocidas como flóculos.

Principalmente los coagulantes se dividen en 3 grupos: coagulantes de origen vegetal, coagulantes metálicos (actúan durante el proceso de coagulación) y los polielectrolitos (contribuyen en la formación de flóculos pesados en el proceso de floculación) (Bedoya, 2013). Los coagulantes vegetales son usados como coadyuvantes en el proceso de coagulación por que ayuda a la formación de flóculos con mejores características para la sedimentación (Silvan y Canepa, 2013). Las sales de aluminio son los que tienen mayor uso en el proceso de coagulación por el bajo costo, preparación, manejo y por qué ayudan a obtener una coagulación optima con rangos amplios de pH, siendo el coagulante más utilizado el sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_3) 18\text{H}_2\text{O}$ ) (Zambrano y Liliana, 2014).

El alumbre o sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_3) 18\text{H}_2\text{O}$ ) según lo define Bedoya (2013), es el coagulante que se utiliza frecuentemente en el tratamiento de aguas por su costo de comercialización relativamente bajo, el rango de pH optimo varía entre 5,5 y 8,0 unidades lo que hace que todas las etapas anteriores disminuyan los procesos o actividades para ajustar el pH, disminuyendo de esta manera los costos de operación de la planta potabilizadora, el sulfato de aluminio posee diferentes presentaciones de comercialización granulada, polvo y en solución.

Para definir la cantidad de coagulante a utilizar es necesario realizar un ensayo de jarras, para evitar darle un mal uso a este coagulante e incrementar la inversión de las cargas (coloide con carga eléctrica negativa) y por ende no conseguir la remoción de turbidez y si la cantidad de coagulante no es suficiente no se logra neutralizar las cargas en su totalidad y habrá una mínima formación de flóculos (Amarocho, 2013).

Factores que intervienen en la coagulación

Las sales disueltas dentro del agua influyen sobre la coagulación y floculación modificando el tiempo requerido, modifican la cantidad de coagulante, modifican el pH y finalmente modifican la cantidad residual del coagulante contenido en el efluente (Cardenas y Vargas, 2014).

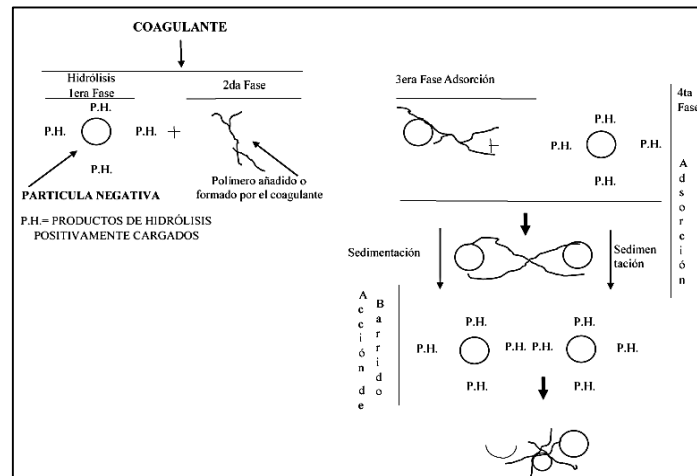
El pH es muy importante en la etapa de coagulación, si la coagulación se desarrolla fuera del rango de pH óptimo es necesario incrementar la cantidad de coagulante por ende la dosis de coagulante se eleva. Para cada agua a tratar está determinado un rango de pH óptimo lo que facilita el proceso de coagulación rápidamente, esto depende principalmente de la alcalinidad del agua y la naturaleza de los iones (Cardenas y Vargas, 2014).

La dosis del coagulante es importante en la eficiencia de la coagulación, alta cantidad de coagulante ocasiona, se forman cantidades elevadas de microflocos, las velocidades de sedimentación son muy bajas por ende la turbiedad residual sigue siendo elevada mientras que con poca cantidad de coagulante no se llega a neutralizar completamente la carga de la partícula por lo mismo los microflocs son escasos y la turbiedad residual sigue siendo elevada. Para que no suceda estos problemas es necesario realizar ensayos de pruebas de jarra para determinar con exactitud la elección del coagulante y su cantidad de aplicación óptima (Cardenas y Vargas, 2014).

La mezcla es importante para determinar si la coagulación es completa o no, dependerá del grado de agitación que se aplique a la masa de agua al adicionar el coagulante, la agitación tiene que ser intensa y uniforme en toda la masa del agua a tratar, con la finalidad de asegurar una mezcla homogénea entre la masa de agua y el coagulante donde se haya producido la neutralización de cargas (Goycoohea y Cárdenas, 2013).

De acuerdo a Goycoohea y Cárdenas (2013), existe la coagulación por adsorción que se realiza cuando el agua presenta un alto contenido de partículas al estado coloidal, cuando el coagulante actúa en el agua turbia las sustancias solubles de los coagulantes son absorbidas por los coloides e instantáneamente y forman los flocos; mientras que la coagulación por barrido se da cuando el agua muestra baja turbiedad y la cantidad de partículas coloidales es mínima;

cuando se produce una sobresaturación de precipitado de sulfato de aluminio las partículas quedan atrapadas como se ve en la Figura 5.



Fuente: (Goycochea y Cárdenas, 2013)

**Figura 5. Fases de la coagulación**

Según Goycochea y Cárdenas (2013), los polímeros son considerados como polielectrolitos, son macromoléculas por tener un peso molecular más elevado que las pequeñas moléculas de agua. Son materiales que lo conforman las moléculas de tamaño normal.

Los polímeros naturales o biopolímeros según Jimenez (2012), se producen por las reacciones bioquímicas naturales en las plantas y animales; carecen de una composición química definida, constituidas principalmente por varios tipos de polisacáridos, se caracterizan por poseer propiedades coagulantes y floculantes que han dado mejores rendimientos donde se puede aplicar en plantas de tratamiento de aguas residuales y potables; siendo estos los principales compuestos algínicos que derivan del almidón y de los derivados de la tuna.

Los polímeros sintéticos de acuerdo a Jimenez (2012), son aquellos compuestos por una transformación química derivada del petróleo y carbón, se encuentra mayormente en polvo seco; el 90 % de estos compuestos tienen dentro de su composición a un monómero básico la acrilamida, pueden tener

carga negativa (aniónicos, carga positiva (catiónicos) y pueden ser algunos anfóteros (carga positiva y negativa).

La floculación según Briones (2018), es una etapa que integra la potabilización del agua para consumo, aguas residuales domésticas e industriales. En esta etapa se desarrolla un proceso químico al adicionar floculantes se van aglutinando los coloides presentes en el agua lo que facilita su decantación y posterior filtración. También menciona que el floculante es una sustancia química orgánica que aglomera o aglutina los sólidos suspendidos después del proceso de coagulación lo que provoca su precipitación.

Según Briones (2018), la alcalinidad, parámetro fisicoquímico del agua, se caracteriza por ser un método para analizar y determinar el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos característicos de un agua tratada o natural, se indica que la alcalinidad se relaciona con el pH del agua.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo, diseño y nivel de la investigación

El tipo de investigación fue aplicada, que de acuerdo a (Campbell y Stanley, 2015) se creó una situación con las condiciones exactas que se desea y en la cual se controló algunas variables y se manipuló otras, se manipuló las variables independientes (dosis del coagulante natural y el tiempo de agitación) con respecto a la variable dependiente (Turbidez).

La presente investigación tiene dos dimensiones: dosis del coagulante y tiempo, la primera con 4 niveles (100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L y 360 mg/L) y la segunda con 3 niveles (20 minutos, 30 minutos y 40 minutos), es por ello que se aplicó un diseño experimental del tipo factorial 4x3 como se muestra en la Tabla 3 y Tabla 4 (Campbell y Stanley, 2015).

**Tabla 3. Diseño factorial para la coagulación con coagulante de tuna**

		Coagulante de la tuna											
		D1 = 100			D2 = 200			D3 = 300			D4 = 360		
		Dosis (mg/L)											
		Tiempo (min.)											
		t1 = 20	t2 = 30	t3 = 40	t1 = 20	t2 = 30	t3 = 40	t1 = 20	t2 = 30	t3 = 40	t1 = 20	t2 = 30	t3 = 40
Réplicas	I	T <sub>111</sub>	T <sub>112</sub>	T <sub>113</sub>	T <sub>121</sub>	T <sub>122</sub>	T <sub>123</sub>	T <sub>131</sub>	T <sub>132</sub>	T <sub>133</sub>	T <sub>141</sub>	T <sub>142</sub>	T <sub>143</sub>
	II	T <sub>211</sub>	T <sub>212</sub>	T <sub>213</sub>	T <sub>221</sub>	T <sub>222</sub>	T <sub>223</sub>	T <sub>231</sub>	T <sub>232</sub>	T <sub>233</sub>	T <sub>241</sub>	T <sub>242</sub>	T <sub>243</sub>
	III	T <sub>311</sub>	T <sub>312</sub>	T <sub>313</sub>	T <sub>321</sub>	T <sub>322</sub>	T <sub>323</sub>	T <sub>331</sub>	T <sub>332</sub>	T <sub>333</sub>	T <sub>341</sub>	T <sub>342</sub>	T <sub>343</sub>

**Tabla 4. Diseño factorial para la coagulación con sulfato de aluminio**

		Sulfato de aluminio											
		D1 = 100			D2 = 200			D3 = 300			D4 = 360		
		Dosis (mg/L)											
		Tiempo (min.)											
		t1 = 20	t2 = 30	t3 = 40	t1 = 20	t2 = 30	t3 = 40	t1 = 20	t2 = 30	t3 = 40	t1 = 20	t2 = 30	t3 = 40
Réplicas	I	T <sub>111</sub>	T <sub>112</sub>	T <sub>113</sub>	T <sub>121</sub>	T <sub>122</sub>	T <sub>123</sub>	T <sub>131</sub>	T <sub>132</sub>	T <sub>133</sub>	T <sub>141</sub>	T <sub>142</sub>	T <sub>143</sub>
	II	T <sub>211</sub>	T <sub>212</sub>	T <sub>213</sub>	T <sub>221</sub>	T <sub>222</sub>	T <sub>223</sub>	T <sub>231</sub>	T <sub>232</sub>	T <sub>233</sub>	T <sub>241</sub>	T <sub>242</sub>	T <sub>243</sub>
	III	T <sub>311</sub>	T <sub>312</sub>	T <sub>313</sub>	T <sub>321</sub>	T <sub>322</sub>	T <sub>323</sub>	T <sub>331</sub>	T <sub>332</sub>	T <sub>333</sub>	T <sub>341</sub>	T <sub>342</sub>	T <sub>343</sub>

La investigación tendrá un nivel de investigación explicativo, debido a que se explicó el comportamiento de una variable (turbidez) en función de otras (dosis y tiempo), enfocándose en la determinación de las causas y de

los efectos a través de las pruebas experimentales y mediante la prueba de hipótesis multivariadas con el fin de descartar aleaciones aleatorias (Rojas Cairampoma, 2015).

### **3.2. Variables y Operacionalización**

Se mencionaron las variables de la investigación en el anexo 2, en la matriz de operacionalización de variables y se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5. Variables de investigación**

<b>Variables de investigación</b>	
Coagulante de penca de tuna y sulfato de aluminio	INDEPENDIENTE
Reducción de la turbidez	DEPENDIENTE

### **3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis**

La población fue representada por 13,4 L de aguas superficiales del río Shullcas.

El tamaño de muestra fue de 500 mL de aguas recolectadas del río Shullcas para cada prueba experimental, dato que se halló aplicando la fórmula para muestreo de poblaciones finitas con un nivel de confianza del 95 %.

Se realizó el muestreo de las aguas superficiales del río Shullcas siguiendo el protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (R.J. N° 010-2016-ANA), las aguas se recolectaron a la altura del anexo de Chamisería perteneciente al centro poblado de Acopalca, distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo.

La unidad muestral o unidad de análisis fue de 500 mililitros para el estudio de sus características fisicoquímicas.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se empleó la observación que es una técnica útil para el proceso de investigación del muestreo de aguas superficiales del río Shullcas que fueron sometidos a un proceso de coagulación para reducir la turbidez.

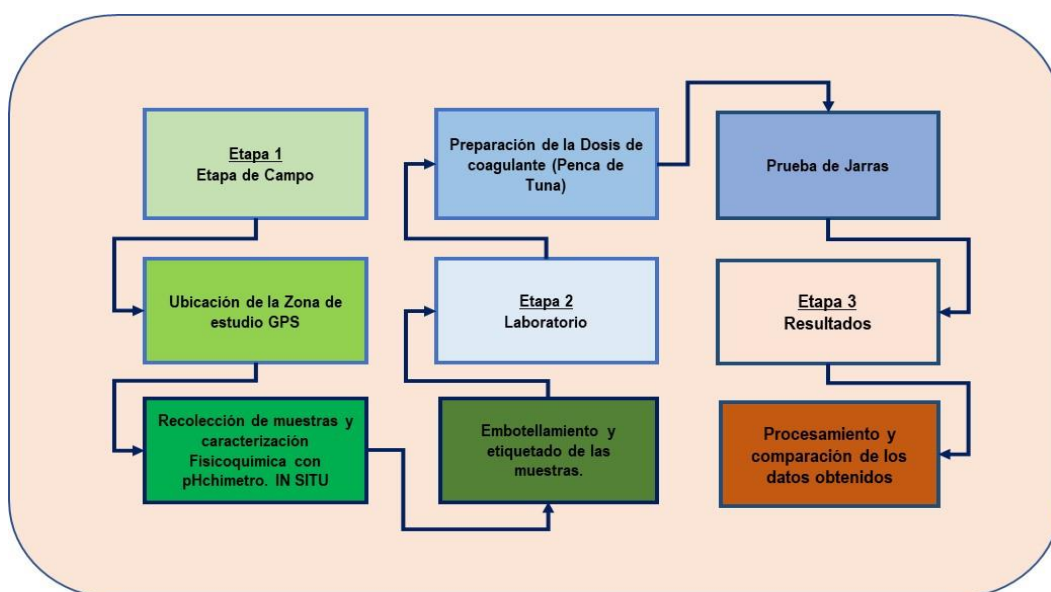
Se emplearon como instrumentos 4 fichas de recolección de datos, las cuales se detallan en el anexo 4 y se resumen en la Tabla 6:

**Tabla 6. Fichas de recolección de datos**

<b>Ficha 1</b>	Ficha de ubicación de recolección de muestras de aguas superficiales
<b>Ficha 2</b>	Datos del muestro de las aguas superficiales del río Shullcas
<b>Ficha 3</b>	Características fisicoquímicas iniciales de las aguas del río Shullcas
<b>Ficha 4</b>	Turbidez final al aplicar dosis de la penca de tuna y del sulfato de aluminio y tiempo en el proceso de coagulación

### 3.5. Procedimiento

Seguidamente, se detallaron los distintos procedimientos que se desarrollaron desde el inicio de la ejecución de la parte experimental hasta la parte final del presente trabajo de investigación, cuyas etapas se muestra en la Figura 6.



**Figura 6: Diagrama general del Proyecto de Investigación**

## ETAPA 1: Etapa de campo

### Ubicación de la zona de muestreo de las aguas del río Shullcas

Se ubicó la zona de estudio tomando las coordenadas del punto de muestreo con GPS para luego recolectar las muestras del agua superficial del Río Shullcas a la altura del anexo de Chamisería perteneciente al centro poblado de Acopalca, distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo, cuyo punto se observa en la Figura 7 y las coordenadas en la Tabla 7.



**Figura 7: Ubicación del punto de muestreo**

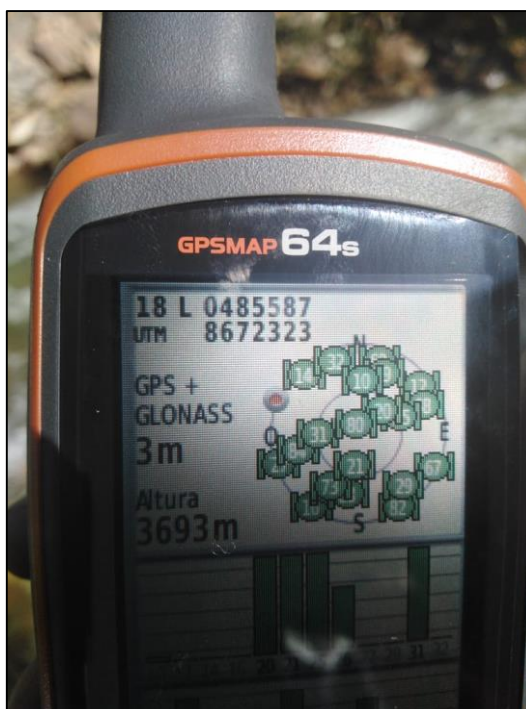
**Tabla 7. Coordenadas de la zona de estudio**

Nombre	Coordenadas UTM		Altitud m.s.n.m.	Referencia
	NORTE	ESTE		
Río Shullcas	8672323	485587	3493	Anexo de Chamisería, CCPP Acopalca, Distrito de Huancayo

### Muestreo de aguas superficiales del río Shullcas y caracterización fisicoquímica inicial

Se muestreo las aguas del río Shullcas a la altura del anexo de Chamisería perteneciente al centro poblado de Acopalca, distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo siguiendo el protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (R.J. N° 010-2016-ANA) (ANA, 2016), cuyas coordenadas se muestran en la Figura 8.





**Figura 8: Coordenadas UTM del punto de muestreo en el GPS**

#### **- Premonitoreo**

Se realizó una muestra puntual, muestra que ayuda a determinar la composición del cuerpo de agua en lugar tiempo y circunstancias particulares, para ello antes se alistó:

Materiales: 2 baldes de plástico transparentes y limpios de 4 L y 10 L, frascos de plástico y vidrio de color ámbar de 500 mL, pizetas, refrigerantes (ice pack) y cooler grandes.

Equipos: GPS, multiparámetro y cámara fotográfica.

Soluciones y reactivos: agua destilada y solución estándar.

Indumentaria de protección: botas de jebe cortas, guardapolvo, mascarilla y guantes descartables.

#### **- Monitoreo**

Se colocó las botas de jebe y los guantes descartables, como se muestra en la Figura 9.



**Figura 9: Implementos de seguridad para el muestreo de agua**

Se procedió a rotular y etiquetar los frascos donde se mandó la muestra de agua.

Para la toma de muestra se cogió una botella de polietileno, se retiró su tapa y se procedió a enjuagar dos veces el frasco, posteriormente se sumergió la botella en dirección opuesta al flujo de agua, como se observa en la Figura 10.



**Figura 10: Muestreo de agua para caracterización inicial**

El frasco que contuvo el agua del río Shullcas monitoreada fue cerrado y guardado en el cooler.

Para las corridas experimentales se muestreo 13,4 L de agua superficial del río Shullcas, como se observa en la Figura 11.



**Figura 11: Recolección de agua para pruebas experimentales**

#### **- Caracterización del agua superficial muestreada**

El análisis de la muestra de agua del río Shullcas fue realizada en el laboratorio de LABECO para determinar la turbidez inicial.

#### **Obtención de la penca de tuna**

En esta etapa se tomaron 6 pencas de un tamaño aproximado de 30 cm, las cuales se recolectaron del centro poblado de Acopalca, distrito de Huancayo, que fueron lavados para eliminar rastros de tierra y púas que presentaron.

#### **ETAPA 2: Laboratorio**

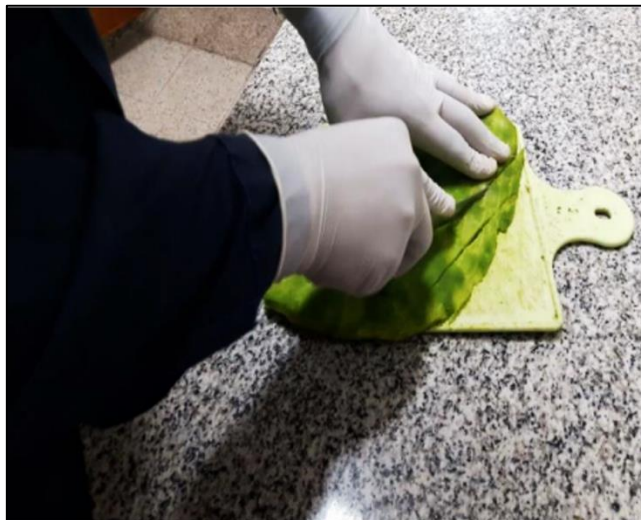
##### **Obtención del coagulante en polvo a partir de la tuna**

o La penca de tuna fue pelada, removiendo la capa de la cutícula, la pulpa que quedo fue cortada en tamaños pequeños, estos pasaron por un proceso de secado en un horno por 48 horas a una temperatura de 50 °C, como se observa en la Figura 12.



**Figura 12: Pelado de la penca de tuna**

- La penca de tuna secada fue triturada manualmente hasta obtener un material granulado, seguidamente fueron tamizadas para lograr tamaños menores de 0,5 mm, como se observa en la Figura 13.



**Figura 13: Corte y trituración de la penca de tuna**

- La penca de tuna secada y triturada se mezclaron con etanol al 96% en un vaso precipitado y fueron llevados a baño María durante 30 minutos, siendo mezclados constantemente con una varilla, culminado el tiempo se filtró la penca de tuna pasó por un proceso de secado a 50 °C hasta eliminar el etanol residual, como se observa en la Figura 14.



**Figura 14: Coagulante natural obtenido de penca de tuna**

#### **Prueba de jarras (evaluación del poder coagulante de la penca de tuna)**

Se puso a prueba la efectividad del coagulante a partir de la penca de Tuna, mediante pruebas de jarras, se utilizó la muestra de agua superficial del río Shullcas a la altura del anexo de Chamisería perteneciente al Centro Poblado de Acopalca, distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo.

La etapa presente inició su desarrollo mediante la aplicación de la prueba de Jarras, la cual se establece en la normativa ASTM D2035 – 08.

Se preparó 4 vasos de precipitación, cada uno con su respectiva muestra de 500 ml de agua superficial natural (río Shullcas), estas muestras fueron agitadas a 300 rpm durante 2 minutos, como se observa en la Figura 15.



**Figura 15: Muestras de agua superficial del río Shullcas**

Se realizó la dosificación de 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L y 360 mg/L de penca de tuna en cada vaso con contenido de 500 mL de agua, como se observa en la Figura 16.



**Figura 16: Dosificación del coagulante de penca de tuna**

Se ilumino las muestras, e inició la agitación rápida, aplicando una velocidad de 300 rpm durante 2 minutos, como se observa en la Figura 17.



**Figura 17: Agitación inicial de las muestras**

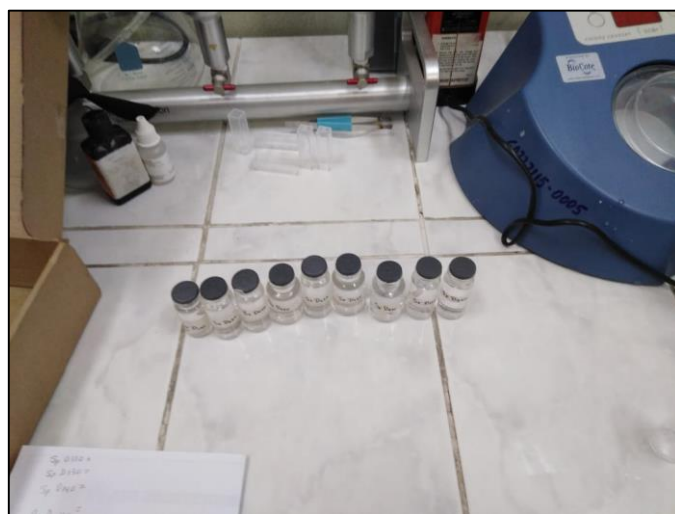
Seguidamente la velocidad se redujo hasta lograr un valor de 50 rpm, manteniéndose así durante 40 minutos, durante esta etapa se pudo observar la velocidad, apariencia y consistencia de los floculos, como se observa en la Figura 18.



**Figura 18: Agitación a 50 rpm de las muestras**

Al transcurrir 20 minutos, 30 minutos y 40 minutos se sacó una muestra de 100 mL y se le dejó sedimentar durante 1 hora.

Por último, se midió la turbidez final en cada una de las muestras, como se observa en la Figura 19.



**Figura 19: Recolección de muestras finales para el análisis respectivo**

### Prueba de jarras con el sulfato de aluminio

Se realizó la compra de sulfato de aluminio comercial, los cuales fueron aplicados para cada tratamiento en las mismas condiciones que el coagulante a partir de la tuna, como se observa en la Figura 20.



Figura 20: Procedimiento de prueba de jarras con sulfato de aluminio

### Dosis de coagulante utilizado en la disminución de turbidez

En la Tabla 8 se muestra las dosis utilizadas del coagulante de la penca de tuna y del sulfato de aluminio, asimismo, se detalla cuanto coagulante se utilizó para los 500 mL utilizados en cada tratamiento.

Tabla 8. Dosis de penca de tuna y sulfato de aluminio

Penca de tuna		Sulfato de aluminio	
Dosis	Peso para 500 mL de agua superficial	Dosis	Peso para 500 mL de agua superficial
100 mg/L	50 mg = 0,05 g	100 mg/L	50 mg = 0,05 g
200 mg/L	100 mg = 0,1 g	200 mg/L	100 mg = 0,1 g
300 mg/L	150 mg = 0,15 g	300 mg/L	150 mg = 0,15 g
360 mg/L	180 mg = 0,18 g	360 mg/L	180 mg = 0,18 g



## **ETAPA 3: Resultados**

### **Disminución de la turbidez**

Para determinar la disminución de turbidez del agua superficial del río Shullcas, después del tratamiento con la penca de tuna o sulfato de aluminio, se aplicó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de disminución de turbidez} = 1 - \frac{t_f}{t_i} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

$t_i$ : Turbidez inicial del agua superficial del río Shullcas (UNT)

$t_f$ : Turbidez final del agua superficial del río Shullcas (UNT)

### **3.6. Método de análisis de datos**

En la presente investigación, los datos que se generaron en las fases del procedimiento fueron tratados usando el programa informático Excel del Microsoft office y el software estadístico Minitab v 18,0. Se realizaron tablas donde se tabularon la turbidez disminuida después del proceso de coagulación, se realizó gráficos de dispersión lineal y de barras para observar el efecto de los niveles de dosis de coagulante y tiempo, se realizó un diagrama de Pareto para determinar la influencia de las variables independientes, se realizó gráficas de probabilidad normal, para determinar la normalidad de los datos obtenidos en la coagulación con penca de tuna y sulfato de aluminio.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente proyecto de investigación se verificó mediante el filtro anti plagio turnitin. Fue realizado con veracidad y objetividad, respetando las normas establecidas por la escuela académico profesional de ingeniería ambiental; así mismo se respetó la opinión de los autores citados en base a la norma internacional ISO – 690. Asimismo, los instrumentos aplicados en esta investigación son validados por expertos y por último los datos obtenidos en laboratorio serán desarrollados en la parte estadística e interpretada por el responsable de la tesis siguiendo las recomendaciones de la universidad.

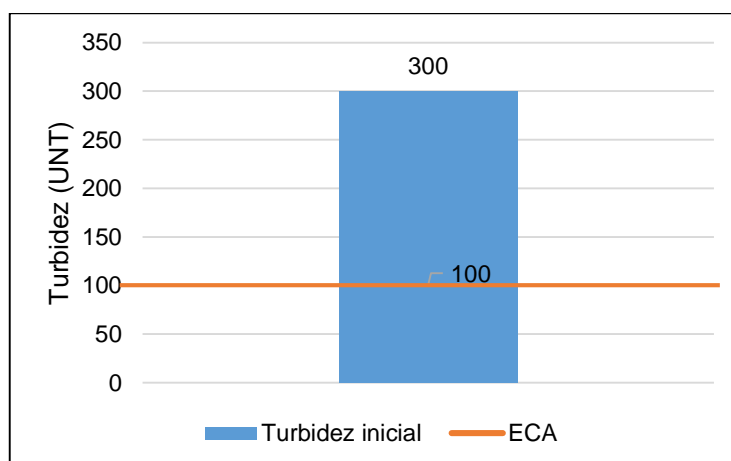
#### IV. RESULTADOS

##### Caracterización inicial de las aguas del río Shullcas

La caracterización inicial de las aguas recolectadas del río Shullcas, este análisis fue realizada en el laboratorio LABECO S.C.R.L., en donde mediante la aplicación del método nefelométrico, se determinó la turbidez inicial de las aguas del río Shullcas, el reporte de este análisis se encuentra en el anexo 6 y se presenta en la Tabla 9, así mismo se presenta el valor correspondiente al estándar de calidad ambiental para aguas superficiales que son destinados a producción de agua potable de acuerdo al D.S. N° 002-2018-MINAM.

**Tabla 9. Turbidez inicial de la muestra de agua del río Shullcas**

Parámetro	Valor	ECA
Turbidez	300 UNT	100 UNT



**Figura 21: Turbidez inicial del agua del río Shullcas frente al ECA**

Como se muestra en la Figura 21, el valor inicial de turbidez obtenido fue de 300 UNT, valor que sobrepasa el valor de 100 UNT que indica el ECA para el parámetro de turbidez para agua de consumo humano.

##### Turbidez del agua del río Shullcas al aplicar la dosis de coagulante natural de penca de tuna

Las aguas recolectadas del río Shullcas fueron sometidas a un tratamiento de prueba de jarras, usando como coagulante natural la penca de tuna, cuyas dosis usadas fueron de 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L y 360 mg/L, a los tiempos de

20 minutos, 30 minutos y 40 minutos, siendo los resultados de la turbidez final los que se presentan en la Tabla 10, además el reporte respectivo se encuentra en el anexo 6.

**Tabla 10. Turbidez final del agua del río Shullcas con coagulante de penca de tuna**

<b>Concentración final de turbidez con coagulante de penca de tuna</b>				
<b>Dosis del coagulante</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Réplica I (UNT)</b>	<b>Réplica II (UNT)</b>	<b>Réplica III (UNT)</b>
<b>100 mg/L</b>	20 min	83,78	83,42	83,6
	30 min	50,66	50,31	50,47
	40 min	30	29,79	29,99
<b>200 mg/L</b>	20 min	42,85	42,5	42,67
	30 min	22,07	21,86	21,96
	40 min	11,24	11	11,15
<b>300 mg/L</b>	20 min	9,83	9,42	9,49
	30 min	2,7	2,35	2,55
	40 min	1,21	1,08	1,11
<b>360 mg/L</b>	20 min	19,23	18,89	18,95
	30 min	10,92	10,65	10,21
	40 min	6,18	6,03	6,09

El agua del río Shullcas llevado a tratamiento con coagulante natural de penca de tuna, fue analizado en el laboratorio de análisis químico de la Universidad Nacional del Centro del Perú, aplicando el método nefelométrico, con el fin de determinar la concentración final de turbidez en las agua a comparación de su valor inicial, los resultados se presentan en el anexo 6, de igual manera en el mismo reporte se registró la concentración inicial de turbidez de la muestra de agua del río Shullcas, que fue de 300,1 UNT, valor muy próximo al que se registró por el laboratorio LABECO S.C.R.L.. Como se observa en la tabla 10, la mínima turbidez final que se registró fue de 1,08 UNT en la réplica II, así mismo la máxima turbidez final registrada fue de 83,78 UNT que corresponde a la réplica I.

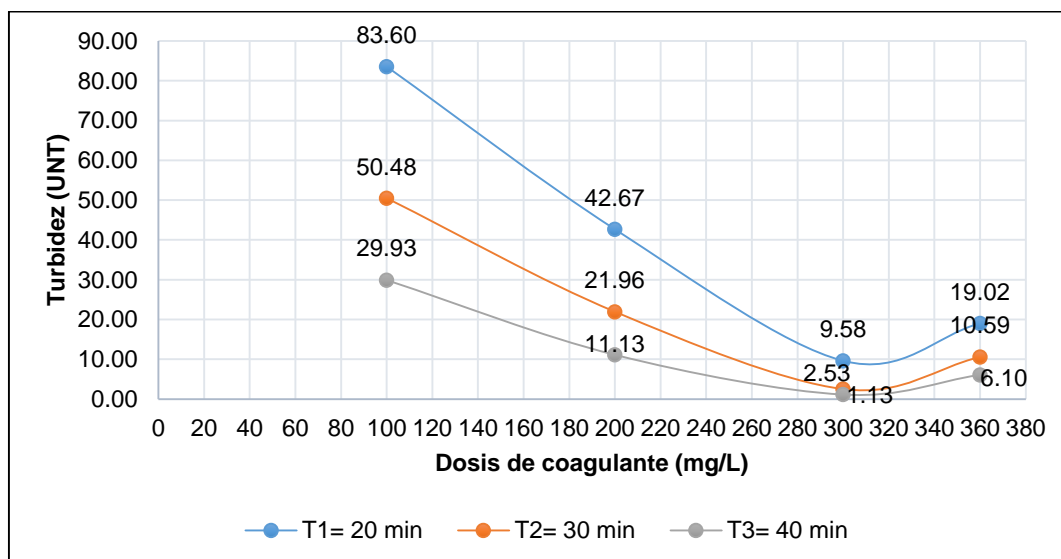
De acuerdo a los resultados obtenidos en las réplicas realizadas, se observa que no tienen una significativa desviación estándar es por ello que se optó por hallar los promedios para la evaluación del tiempo y dosis del coagulante, cuyos datos se presentan en la Tabla 11.

**Tabla 11. Promedio de turbidez final del agua del río Shullcas con coagulante de penca de tuna**

Tiempo (minutos)	Dosis de coagulante de penca de tuna (mg/L)			
	D1=100	D2=200	D3=300	D4=360
T1=20	83,60 UNT	42,67 UNT	9,58 UNT	19,02 UNT
T2=30	50,48 UNT	21,96 UNT	2,53 UNT	10,59 UNT
T3=40	29,93 UNT	11,13 UNT	1,13 UNT	6,10 UNT

Se presenta en la Tabla 11, los promedios de los resultados finales obtenidos de turbidez de las aguas del río Shullcas después de ser tratadas con cuatro dosis de coagulante natural de penca de tuna, se observa que la mayor concentración de turbidez de 83,60 UNT se determinó al usar la dosis 1, de 100 mg/L por un periodo de 20 minutos, mientras que el menor valor de turbidez final de 1,13 UNT se obtuvo al aplicar la dosis 3, de 300 mg/L del coagulante por un periodo de 30 minutos.

Para un mayor entendimiento del comportamiento que presentó la turbidez respecto a la dosis aplicada en los tres tiempos evaluados, se presenta una gráfica de dispersión en la Figura 22.



**Figura 22: Turbidez final promedio del agua del río Shullcas vs dosis del coagulante de penca de tuna**

Según se muestra en la Figura 22, al usar una dosis de coagulante natural de penca de tuna de 100 mg/L se logra una reducción de turbidez de 300 UNT, que es la concentración inicial, a 83,60 UNT al transcurso de 20 minutos; al aumentar la dosis del coagulante natural a 300 mg/L, en el mismo tiempo transcurrido, se

tuvo mejores resultados, observando que la reducción de turbidez llegó hasta un valor de 9,58 UNT; al transcurso del tiempo de 40 minutos se tuvo mejores resultados, teniendo la mayor reducción de turbidez a 1,13 UNT con la dosis de 300 mg/L.

Para determinar la eficiencia del coagulante natural de penca de tuna en la reducción de la turbidez del agua del río Shullcas, se aplica la formula siguiente, donde  $T_i$ =turbidez inicial y  $T_f$ =turbidez final.

$$\% \text{ Reducción} = 1 - \frac{T_f}{T_i} \times 100 \quad (2)$$

Aplicando la ecuación 2 y usando los datos de la tabla 10, se obtuvieron los datos de los porcentajes de reducción de la turbidez por cada réplica usando el coagulante natural de penca de tuna, se presentan los datos en la Tabla 12.

**Tabla 12. Porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Shullcas con coagulante de penca de tuna**

Porcentaje de reducción de turbidez con coagulante de penca de tuna				
Dosis del coagulante	Tiempo	Réplica I (%)	Réplica II (%)	Réplica III (%)
100 mg/L	20 min	72,07	72,19	72,13
	30 min	83,11	83,23	83,18
	40 min	90,00	90,07	90,00
200 mg/L	20 min	85,78	85,83	85,78
	30 min	92,64	92,71	92,68
	40 min	96,25	96,33	96,28
300 mg/L	20 min	96,72	96,86	96,84
	30 min	99,10	99,22	99,15
	40 min	99,60	99,64	99,63
360 mg/L	20 min	93,59	93,70	93,68
	30 min	96,36	96,45	96,60
	40 min	97,94	97,99	97,97

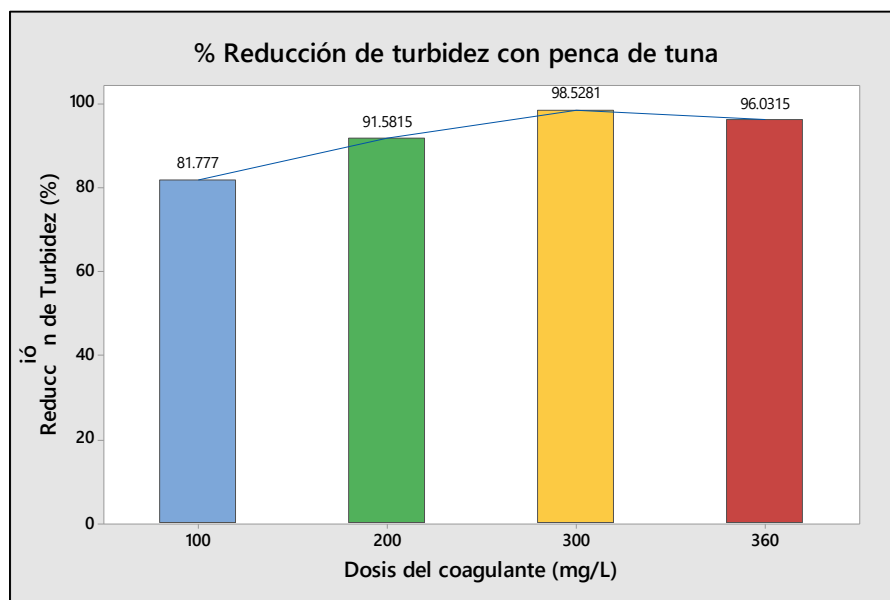
Según se analizan los datos de la Tabla 12, se obtienen los mayores porcentajes de reducción de turbidez con una dosis de coagulante de penca de tuna de 300 mg/L, en la réplica II, logrando una máxima reducción de un 99,64 % al transcurrir 40 minutos; mientras tanto el menor porcentaje de reducción se observa con una dosis de 100 mg/L en la réplica I, obteniendo un 72,07 % de reducción de turbidez al transcurso de 20 minutos.

Los promedios de los porcentajes de reducción de turbidez se presentan en la Tabla 13.

**Tabla 13. Promedio de porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Shullcas con coagulante de penca de tuna**

Dosis de coagulante de penca de tuna (mg/L)	Reducción de turbidez (%)			Promedio respecto a la dosis (%)
	Tiempo (minutos)			
	20	30	40	
100	72,13	83,17	90,02	81,78
200	85,78	92,68	96,29	91,58
300	96,81	99,16	99,62	98,53
360	93,66	96,47	97,97	96,03
<b>Promedio respecto al tiempo (%)</b>	87,09	92,87	95,98	

Se advierte de la tabla 13 que al aplicar una dosis de 100 mg/L del coagulante de penca de tuna se obtuvo un porcentaje de reducción máximo de 90,02 %, al aplicar 200 mg/L del coagulante se logró una reducción del 96,29 %, al aplicar una dosis de 300 mg/L del coagulante se logró una reducción del 99,62 %, finalmente al aplicar una dosis de 360 mg/L del coagulante se logró una reducción del 99,79 %, todas a los 40 minutos del proceso.



**Figura 23: Porcentaje de reducción de turbidez en función de la dosis del coagulante de penca de tuna**

En la Figura 23 se muestra la gráfica de media del porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Shullcas en función del coagulante natural de penca de tuna, observando que la dosis de 300 mg/L fue la que logró un mayor porcentaje de reducción de 98,53 %.

### **Turbidez del agua del río Shullcas al aplicar la dosis de coagulante sulfato de aluminio**

Las aguas recolectadas del río Shullcas fueron sometidas a un tratamiento de prueba de jarras, usando como coagulante sulfato de aluminio, cuyas dosis usadas fueron de 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L y 360 mg/L, a los tiempos de 20 minutos, 30 minutos y 40 minutos, siendo los resultados de la turbidez final los que se presentan en la Tabla 14, además el reporte respectivo se encuentra en el anexo 6, también se considera en el anexo 6, el reporte del laboratorio LABECO S.R.L. para una muestra (dosis 100 mg/L, tiempo 20 minutos, réplica II) que sirvió para verificar la fiabilidad de los datos obtenidos en el laboratorio de Análisis Químico de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Centro del Perú, donde se realizaron los análisis finales.

**Tabla 14. Turbidez final del agua del río Shullcas con coagulante de sulfato de aluminio**

<b>Concentración final de turbidez con coagulante de sulfato de aluminio</b>				
<b>Dosis del coagulante</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Réplica I (UNT)</b>	<b>Réplica II (UNT)</b>	<b>Réplica III (UNT)</b>
<b>100 mg/L</b>	20 min	108,5	100,2	104,6
	30 min	76,4	75,99	76,15
	40 min	62,42	61,87	62
<b>200 mg/L</b>	20 min	55	49,24	49,67
	30 min	41,57	40,94	41,22
	40 min	20,53	20,17	20,33
<b>300 mg/L</b>	20 min	16,9	15	15,61
	30 min	8,07	7,91	8,01
	40 min	5,01	4,43	4,84
<b>360 mg/L</b>	20 min	25,11	24,97	25
	30 min	18,5	18,01	18,34
	40 min	12,88	12,4	12,59

El agua del río Shullcas llevado a tratamiento con coagulante de sulfato de aluminio, fue analizado en el laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional del Centro del Perú, aplicando el método nefelométrico, con el fin de determinar la concentración final de turbidez en las aguas a comparación de su valor inicial y para compararlos con los valores obtenidos con el coagulante natural de penca de tuna, los resultados se presentan en el anexo 6. Como se observa en la tabla 14, la mínima turbidez final que se registró fue de 4,43 UNT en la réplica II, así mismo la máxima turbidez final registrada fue de 108,5 UNT que corresponde a la réplica I.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las réplicas realizadas, se observa que no tienen una significativa desviación estándar es por ello que se optó por hallar los promedios para la evaluación del tiempo y dosis del coagulante, cuyos datos se presentan en la **tabla 15**.

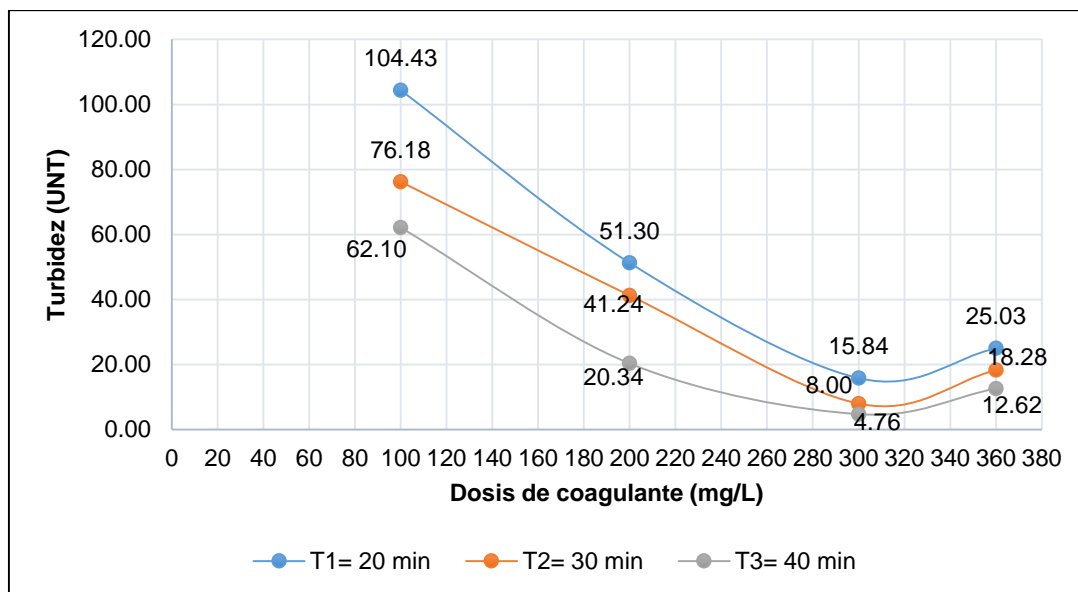
**Tabla 15. Promedio de turbidez final del agua del río Shullcas con coagulante de sulfato de aluminio**

Tiempo (minutos)	Dosis de coagulante de sulfato de aluminio (mg/L)			
	D1=100	D2=200	D3=300	D4=360
T1=20	104,43 UNT	51,30 UNT	15,84 UNT	25,03 UNT
T2=30	76,18 UNT	41,24 UNT	8,00 UNT	18,28 UNT
T3=40	62,10 UNT	20,34 UNT	4,76 UNT	12,62 UNT

Se presenta en la tabla 15, los promedios de los resultados finales obtenidos de turbidez de las aguas del río Shullcas después de ser tratadas con cuatro dosis de coagulante de sulfato de aluminio, se observa que la mayor concentración de turbidez final de 104,43 UNT se determinó al usar la dosis 1, de 100 mg/L por un periodo de 20 minutos, mientras que el menor valor de turbidez final de 4,76 UNT se obtuvo al aplicar la dosis 3, de 300 mg/L del coagulante por un periodo de 40 minutos, cabe resaltar que los valores obtenidos por este coagulante, son mayores a los obtenidos por el coagulante natural.

Para un mayor entendimiento del comportamiento que presentó la turbidez respecto a la dosis aplicada en los tres tiempos evaluados, se presenta una gráfica de dispersión en la **figura 24**.





**Figura 24: Turbidez final promedio con sulfato de aluminio vs dosis del sulfato de aluminio**

Según se muestra en la figura 24, al usar una dosis de coagulante natural de penca de tuna de 100 mg/L se logra una reducción de turbidez de 300 UNT, que es la concentración inicial, a 104,43 UNT al transcurso de 20 minutos; al aumentar la dosis del coagulante natural a 300 mg/L, en el mismo tiempo transcurrido, se tuvo mejores resultados, observando que la reducción de turbidez llegó hasta un valor de 15,84 UNT; al transcurso del tiempo de 40 minutos se tuvo mejores resultados, teniendo la mayor reducción de turbidez a 4,76 UNT con la dosis de 300 mg/L.

Para determinar la eficiencia del coagulante de sulfato de aluminio en la reducción de la turbidez del agua del río Shullcas, se aplica la ecuación 2.

Aplicando la ecuación 2 y usando los datos de la tabla 14, se obtuvieron los datos de los porcentajes de reducción de la turbidez por cada réplica usando el coagulante de sulfato de aluminio, se presentan los datos en la **tabla 16**.

Según se analizan los datos de la tabla 16, se obtienen los mayores porcentajes de reducción de turbidez con una dosis de coagulante de sulfato de aluminio de 300 mg/L, en la réplica II, logrando una máxima reducción de un 98,52 % al transcurrir 40 minutos; mientras tanto el menor porcentaje de reducción se observa con una dosis de 100 mg/L en la réplica I, obteniendo un 63,83 % de reducción de turbidez al transcurso de 20 minutos.

**Tabla 16. Porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Shullcas con coagulante de sulfato de aluminio**

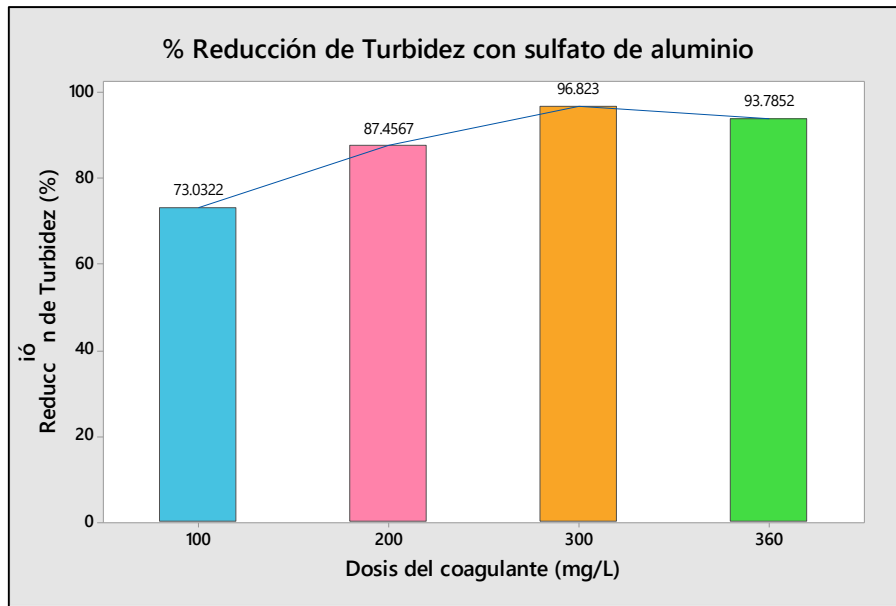
<b>Porcentaje de reducción de turbidez con coagulante de sulfato de aluminio</b>				
<b>Dosis del coagulante</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Réplica I (%)</b>	<b>Réplica II (%)</b>	<b>Réplica III (%)</b>
<b>100 mg/L</b>	20 min	63,83	66,60	65,13
	30 min	74,53	74,67	74,62
	40 min	79,19	79,38	79,33
<b>200 mg/L</b>	20 min	81,67	83,59	83,44
	30 min	86,14	86,35	86,26
	40 min	93,16	93,28	93,22
<b>300 mg/L</b>	20 min	94,37	95,00	94,80
	30 min	97,31	97,36	97,33
	40 min	98,33	98,52	98,39
<b>360 mg/L</b>	20 min	91,63	91,68	91,67
	30 min	93,83	94,00	93,89
	40 min	95,71	95,87	95,80

Los promedios de los porcentajes de reducción de turbidez se presentan en la Tabla 17.

**Tabla 17. Promedio de porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Shullcas con coagulante de sulfato de aluminio**

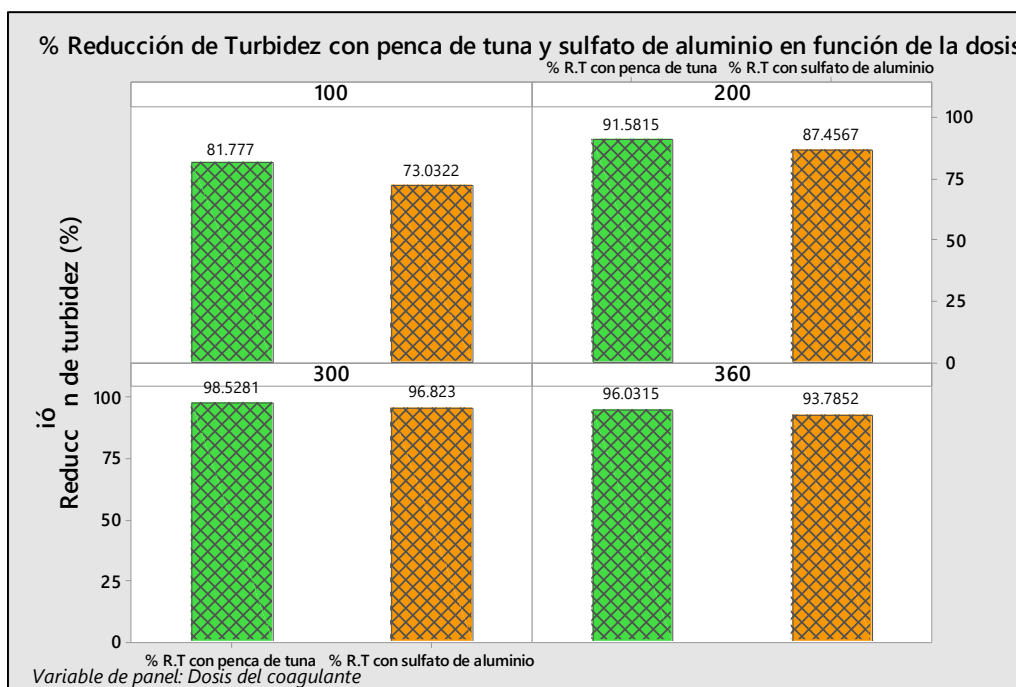
<b>Dosis de coagulante de sulfato de aluminio (mg/L)</b>	<b>Reducción de turbidez (%)</b>			<b>Promedio respecto a la dosis (%)</b>
	<b>Tiempo (minutos)</b>			
	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	
<b>100</b>	65,19	74,61	79,30	73,03
<b>200</b>	82,90	86,25	93,22	87,46
<b>300</b>	94,72	97,33	98,41	96,82
<b>360</b>	91,66	93,91	95,79	93,79
<b>Promedio respecto al tiempo (%)</b>	83,62	88,02	91,68	

Se advierte de la tabla 17 que al aplicar una dosis de 100 mg/L del coagulante de sulfato de aluminio se obtuvo un porcentaje de reducción máximo de 79,30 %, al aplicar 200 mg/L del coagulante se logró una reducción del 93,22 %, al aplicar una dosis de 300 mg/L del coagulante se logró una reducción del 98,41 %, finalmente al aplicar una dosis de 360 mg/L del coagulante se logró una reducción del 95,79 %, todas a los 40 minutos del proceso.



**Figura 25: Porcentaje de reducción de turbidez en función de la dosis del coagulante de sulfato de aluminio**

En la Figura 25 se muestra la gráfica de media del porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Shullcas en función del coagulante sulfato de aluminio, observando que la dosis de 300 mg/L fue la que logró un mayor porcentaje de reducción de 96,82 %.

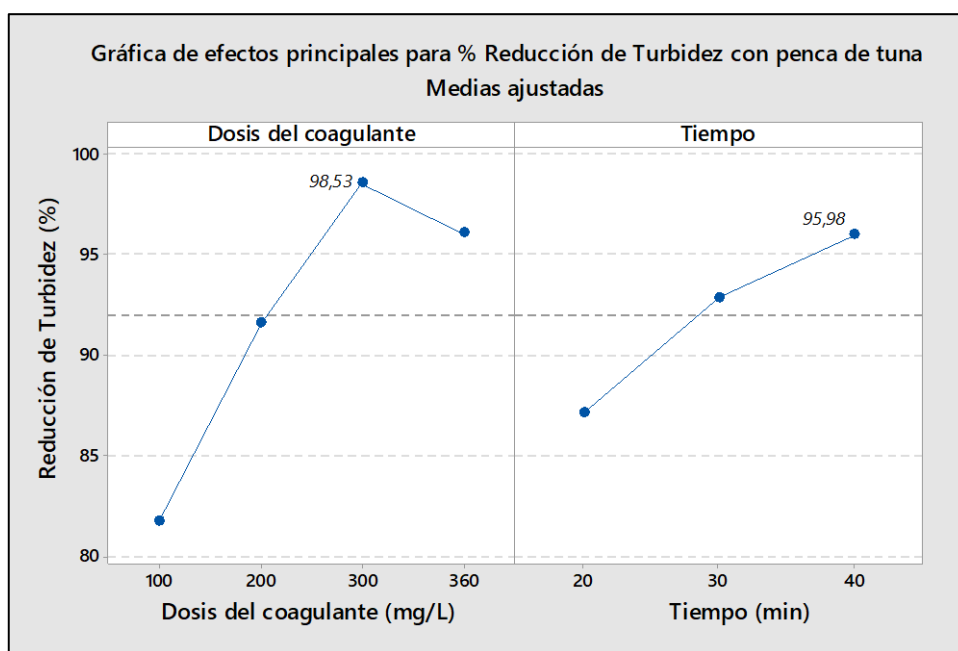


**Figura 26: Porcentaje de reducción de turbidez en función de la dosis del coagulante de sulfato de aluminio y penca de tuna**

La Figura 26, presenta los porcentajes de reducción de turbidez (% R.T) con el coagulante de penca de tuna y con el sulfato de aluminio en función de las dosis aplicadas, se puede observar en los 4 paneles, que los resultados son más elevados al usar el coagulante de penca de tuna, se tiene en el panel 3, un porcentaje de reducción de turbidez máximo de 98,53 % al usar una dosis de 300 mg/L de penca de tuna, mientras que, al usar la misma dosis de sulfato de aluminio, se tuvo un menor porcentaje de reducción que fue de 96,82 %.

### Efecto en la turbidez usando el coagulante de penca de la tuna

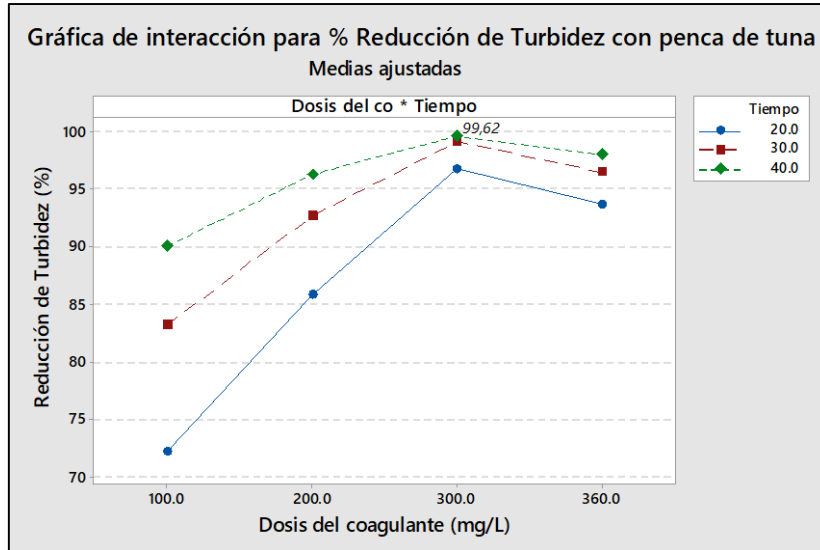
Se determinó el efecto de la turbidez usando el coagulante natural de penca de tuna para el tratamiento de las aguas del río Shullcas usando los datos de la Tabla 14, que muestran los promedios de los porcentajes de reducción de turbidez obtenidos al variar la dosis del coagulante y el tiempo en el proceso de jarras.



**Figura 27: Efectos principales para el porcentaje de reducción de la turbidez con penca de tuna**

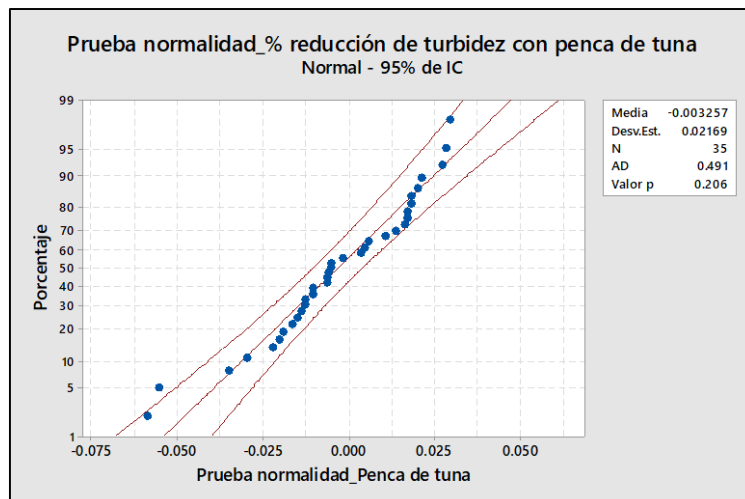
Como se muestra en la Figura 27, se presentan los efectos principales en el porcentaje de reducción de turbidez usando como coagulante natural la penca de tuna, se observa respecto a la dosis del coagulante, que con 300 mg/L se presentaron los mayores porcentajes de reducción, cuyo máximo valor alcanzado fue de 98,53 %, así mismo respecto al tiempo, se observa que al

transcurrir el tiempo se obtuvieron mejores porcentajes de remoción, al transcurrir 40 minutos se obtuvo un porcentaje promedio de 95,98 %, que fue el máximo alcanzado respecto a esta variable.



**Figura 28: Grafica de interacción para el porcentaje de reducción de la turbidez con penca de tuna**

Como se observa en la gráfica de interacción de la Figura 28, el máximo porcentaje de reducción de turbidez alcanzado usando como coagulante la penca de tuna fue de 99, 62 %, cuyo valor se obtuvo con una dosis de 300 mg/L del coagulante al transcurrir un tiempo de 40 minutos.



**Figura 29: Prueba de normalidad para el porcentaje de reducción de la turbidez con penca de tuna**

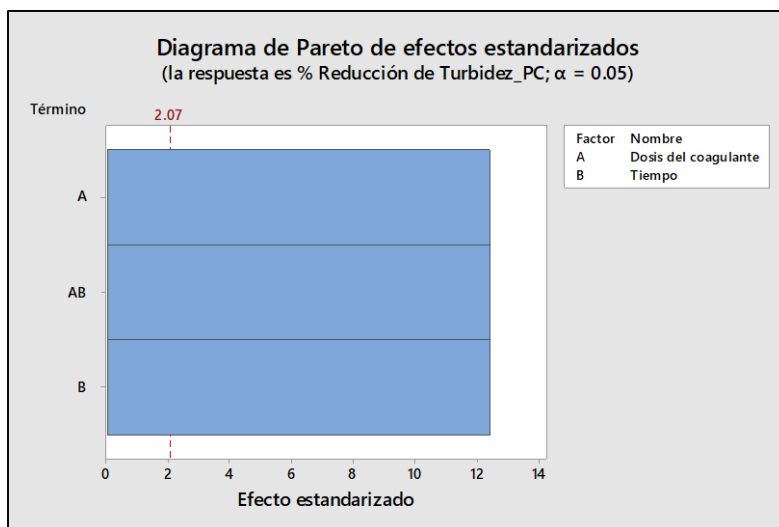
De acuerdo a la Figura 29, se aplicó la prueba de Shapiro Wilks en la prueba de normalidad hallada con valores del porcentaje de reducción de turbidez con penca de tuna, se analizó el valor de p el cual es 0,206, valor mayor al nivel de significancia de  $p=0,05$ , por ende, se afirma que los datos provienen de una población normal.

**Tabla 18. Análisis de varianza para la reducción de turbidez con penca de tuna**

Fuente	GL	Suma de Cuadrados Ajust.	Media Cuadrática Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	13	2174,54	167,273	125346,30	0,000
Bloques	2	0,06	0,028	20,98	0,000
Lineal	5	1959,58	391,915	293683,21	0,000
Dosis del coagulante	3	1471,97	490,656	367674,81	0,000
Tiempo	2	487,61	243,805	182695,81	0,000
Interacciones de 2 términos	6	214,91	35,818	26840,65	0,000
Dosis del coagulante *Tiempo	6	214,91	35,818	26840,65	0,000
Error	22	0,03	0,001		
Total	35	2174,57			

De acuerdo al análisis de varianza de la **Tabla 18**, que muestra los datos estadísticos respecto al porcentaje de reducción de la turbidez al aplicar diferentes dosis del coagulante natural de penca de tuna y diferentes tiempos, se analiza el valor de p para los bloques, que presenta un valor de  $p=0,000$ , al ser menor al nivel de significancia  $p=0,05$  se puede afirmar que los datos si presentaron diferencias estadísticas significativas, dicho de otro modo se entiende que la desviación estándar entre los resultados obtenidos del porcentaje de reducción de turbidez de cada replica fue representativo, también se analizó el valor p para la dosis del coagulante, tiempo e interacción de ambas, presentando un valor de  $p=0,000$  menor al nivel de significancia, por ello se afirma que influyeron en la reducción de la turbidez, con el fin de determinar el

nivel de influencia de estos factores en el porcentaje de reducción de la turbidez, se presenta el diagrama de Pareto en la Figura 30.



**Figura 30: Diagrama de Pareto para reducción de turbidez**

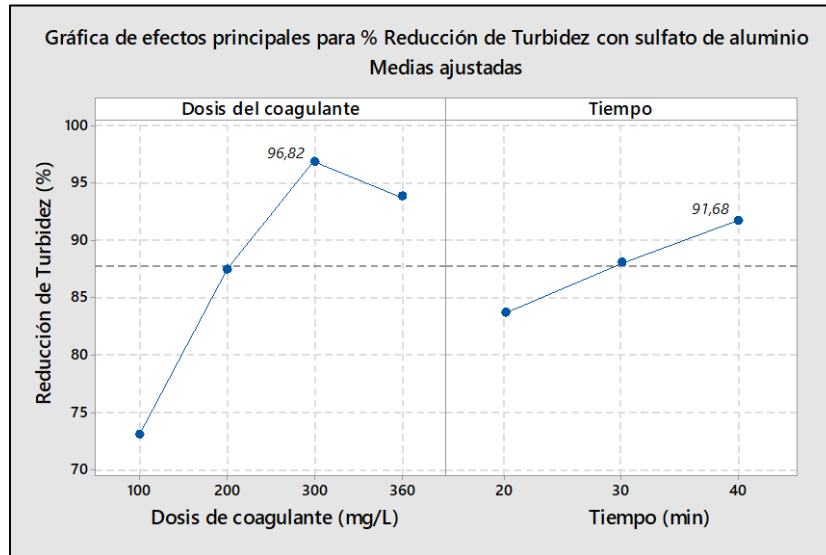
Se observa en el diagrama de Pareto que tanto la dosis del coagulante natural de penca de tuna, el tiempo e interacción de ambos factores lograron un mismo efecto estandarizado, pero la dosis del coagulante natural se considera para la investigación como el factor más influyente, siguiendo la interacción entre factores y finalmente el tiempo.

### **Efecto en la turbidez usando el coagulante de sulfato de aluminio**

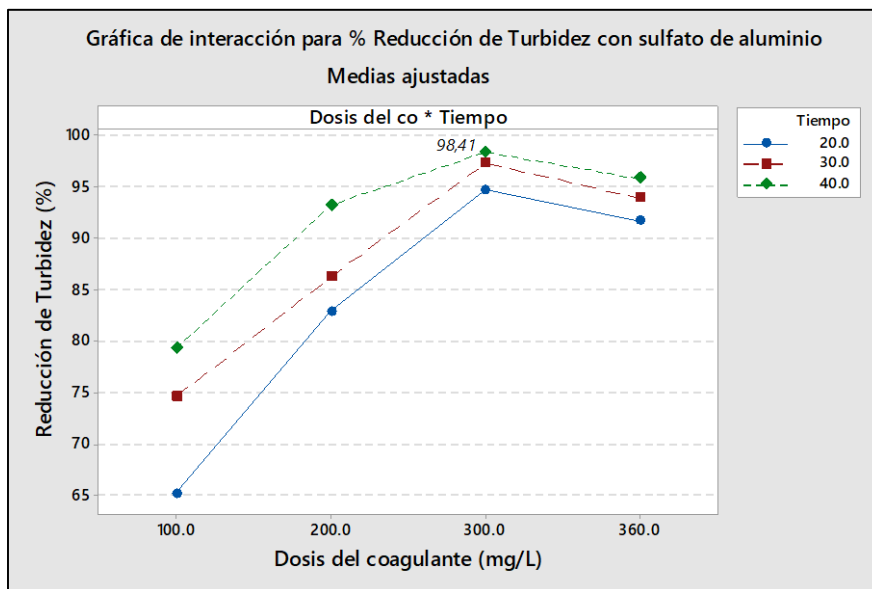
Se determinó el efecto de la turbidez usando el coagulante de sulfato de aluminio para el tratamiento de las aguas del río Shullcas usando los datos de la Tabla 18, que muestran los promedios de los porcentajes de reducción de turbidez obtenidos al variar la dosis del coagulante y el tiempo en el proceso de jarras.

Como se muestra en la Figura 31, se presentan los efectos principales en el porcentaje de reducción de turbidez usando como coagulante el sulfato de aluminio, se observa respecto a la dosis del coagulante, que con 300 mg/L se presentaron los mayores porcentajes de reducción, cuyo máximo valor alcanzado fue de 96,82 %, así mismo respecto al tiempo, se observa que al transcurrir el tiempo se obtuvieron mejores porcentajes de remoción, al

transcurrir 40 minutos se obtuvo un porcentaje promedio de 91,68 %, que fue el máximo alcanzado respecto a esta variable.



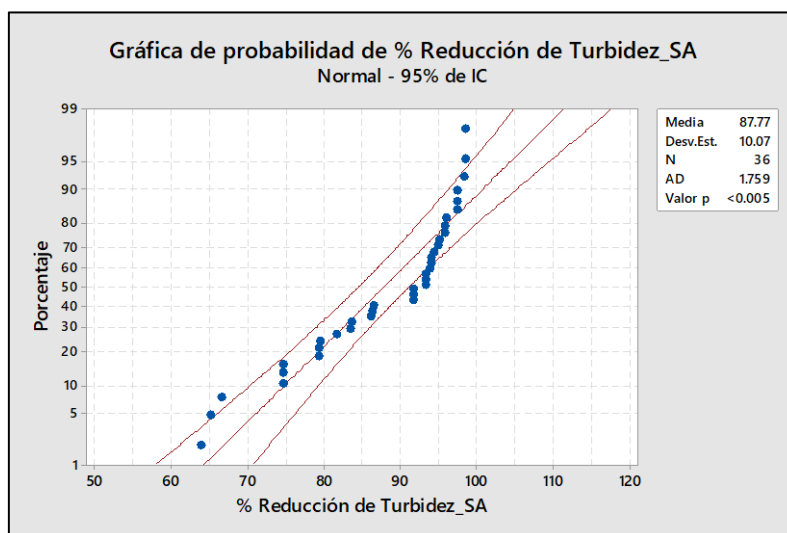
**Figura 31: Efectos principales para el porcentaje de reducción de la turbidez con sulfato de aluminio**



**Figura 32: Grafica de interacción para el porcentaje de reducción de la turbidez con sulfato de aluminio**



Como se observa en la gráfica de interacción de la Figura 32, el máximo porcentaje de reducción de turbidez alcanzado usando como coagulante el sulfato de aluminio fue de 98,41 %, cuyo valor se obtuvo con una dosis de 300 mg/L del coagulante al transcurrir un tiempo de 40 minutos.



**Figura 33: Prueba de normalidad para el porcentaje de reducción de la turbidez con sulfato de aluminio**

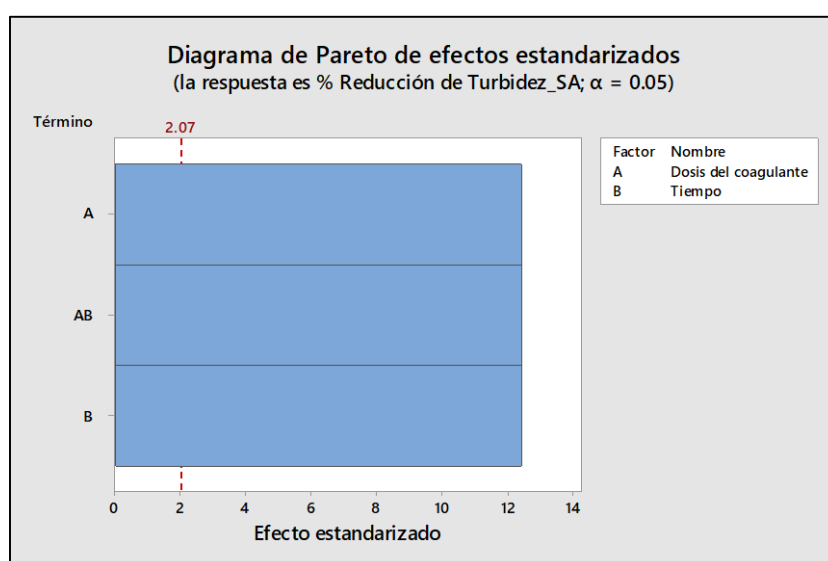
De acuerdo con la Figura 33, se aplicó la prueba de Shapiro Wilks en la prueba de normalidad hallada con valores del porcentaje de reducción de turbidez con sulfato de aluminio, se analizó el valor de p el cual es  $<0,005$ , valor menor al nivel de significancia de  $p=0,05$ , por ende, se afirma que los datos no provienen de una población normal; sin embargo, este comportamiento no afectó los objetivos evaluados en la investigación.

De acuerdo al análisis de varianza de la Tabla 19, que muestra los datos estadísticos respecto al porcentaje de reducción de la turbidez al aplicar diferentes dosis del coagulante de sulfato de aluminio y diferentes tiempos, se analiza el valor de p para los bloques, que presenta un valor de  $p=0,024$ , al ser menor al nivel de significancia  $p=0,05$  se puede afirmar que los datos si presentaron diferencias estadísticas significativas, dicho de otro modo se entiende que la desviación estándar entre los resultados obtenidos del porcentaje de reducción de turbidez de cada replica fue representativo, también se analizó el valor p para la dosis del coagulante, tiempo e interacción de ambas, presentando un valor de  $p =0,000$  menos al nivel de significancia, por ello se

afirma que influyeron en la reducción de la turbidez, con el fin de determinar el nivel de influencia de estos factores en el porcentaje de reducción de la turbidez, se presenta el diagrama de Pareto en la Figura 34.

**Tabla 19. Análisis de varianza para la reducción de turbidez con sulfato de aluminio**

Fuente	GL	Suma de Cuadrados Ajust.	Media Cuadrática Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	13	3544,30	272,64	1308,40	0,000
Bloques	2	1,85	0,93	4,44	0,024
Lineal	5	3410,32	682,06	3273,23	0,000
Dosis del coagulante	3	3018,95	1006,32	4829,33	0,000
Tiempo	2	391,37	195,68	939,09	0,000
Interacciones de 2 términos	6	132,13	22,02	105,68	0,000
Dosis del coagulante *Tiempo	6	132,13	22,02	105,68	0,000
Error	22	4,58	0,21		
Total	35	3548,88			



**Figura 34: Diagrama de Pareto para reducción de turbidez**

Se observa en el diagrama de Pareto que tanto la dosis del coagulante de sulfato de aluminio, el tiempo e interacción de ambos factores lograron un mismo efecto estandarizado, pero la dosis del coagulante se considera para la investigación como el factor más influyente, siguiendo la interacción entre factores y finalmente el tiempo.

## **V. DISCUSIÓN**

### **Respecto a la caracterización inicial de las aguas del río Shullcas**

El valor de turbidez según la caracterización inicial de las aguas del río Shullcas arrojó un valor de 300 UNT, según se presenta en la tabla 9 y anexo 6, contrastado con la normativa de calidad de agua, para aguas de categoría 1 (poblacional y recreacional) que indica un valor de 100 UNT como el valor para el tipo de aguas potabilizadas mediante tratamientos convencionales según se presentan en la norma establecida por el (Ministerio del Ambiente 2008), se tiene que el valor inicial de las aguas del río Shullcas supera a lo establecido por el ECA.

Según menciona en su investigación Lozano Florián (2018), el agua proveniente de los ríos presenta impurezas y residuos en forma de partículas coloidales los cuales tienen la capacidad de incorporación en otro cuerpo en suspensión, lo que hace que el agua presente mayor turbidez, es por ello que se realiza el tratamiento de reducción de turbidez antes de llevarse a cabo el proceso de desinfección en la potabilización de las aguas.

Mientras mayor cantidad de sólidos suspendidos se encuentren en el líquido, la turbidez será más alta, disminuyendo el nivel de calidad del agua, además el nivel de turbidez determina el tratamiento más adecuado que se debe aplicar a las aguas para consumo humano, para el caso de la aplicación del tratamiento por coagulación, al tener un nivel de turbidez muy elevado reducirá la eficiencia del proceso (Alcázar León, 2015).

### **Respecto a la dosis del coagulante (penca de tuna y sulfato de aluminio) para la disminución de turbidez**

Respecto a la dosis del coagulante de penca de tuna, en la tabla 11 y a la dosis del coagulante del sulfato de aluminio en la tabla 15, se muestra el comportamiento de turbidez respecto a la variación de la dosis y al tiempo, se presume que al aumentar la dosis de 100 mg/L a 300 mg/L el valor final de la turbidez disminuye, pero al aumentar la dosis de 300 mg/L a 360 mg/L, la turbidez final cae en descenso, este suceso es debido a que la aplicación de una dosis mayor en el tratamiento, produce la aparición de los flóculos en tamaño

menor, haciendo que la turbidez se eleve y el por ello que los resultados de la turbidez final tienden a incrementarse (Andia Cardenas, 2000).

En la tabla 13, se presentan los porcentajes de reducción de turbidez al usar el coagulante natural de penca de tuna para las dosis de 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L y 360 mg/L, alcanzándose un porcentaje de reducción de turbidez promedio de 81,78 % con la dosis de 100 mg/L, valor que es comparado con el obtenido por (Villabona Ortiz, Paz Astudillo y Martínez García, 2013), quienes obtuvieron un porcentaje de reducción de turbidez del 72 % al aplicar una dosis de 90 mg/L del coagulante de penca de tuna, la diferencia de valores puede deberse a las condiciones iniciales, ya que en la investigación los autores trabajaron con una concentración inicial de turbidez de 171 UNT, diferente a la del presente estudio que fue de 300 UNT. Alcázar León, (2015), en su investigación también obtiene un valor de 66,09 % de turbidez al usar 100 mg/L del coagulante natural de penca de tuna, valor obtenido al trabajar con una concentración inicial de turbidez de 75,5 UNT, ante ello se presume que una al trabajar con una concentración inicial mayor de turbidez inicial se logran resultados más eficientes.

Se obtuvo un porcentaje de reducción de turbidez del 91,58 % al trabajar con una dosis de 200 mg/L, según se muestra en la tabla 13, este valor es similar al obtenido en la investigación de Espinosa Otárola y Zuluaga Orjuela, (2018), quien logró un 92,7 % de reducción de turbidez al usar como coagulante el nopal a las condiciones de pH 8; el mayor porcentaje de reducción de turbidez se logró con una dosis de 300 mg/L de coagulante de penca de tuna, obteniéndose un 98,53 % de reducción de el parámetro evaluado, valor que es similar al obtenido por Pacora Bernal et al., (2011), quien reportó un valor mayor al 95 % de reducción de turbidez al realizar el tratamiento con prueba de jarras usando como coagulante una dosis de 300 ppm (mg/L) de *opuntia ficus indica* (penca de tuna).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 17, se presentan los valores del porcentaje de reducción de turbidez al usar el coagulante de sulfato de aluminio para las dosis de 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L y 360 mg/L, alcanzándose un porcentaje de reducción de turbidez promedio de 73,03 % con la dosis de 100 mg/L, y un máximo valor de 96,82 % con 300 mg/L de sulfato de

aluminio, valor que es comparado con el obtenido por López Pérez, (2018), quien reportó un porcentaje de 98,65 % al usar una dosis de 100 mg/L de sulfato de aluminio, la diferencia en los resultados obtenido por el autor en mención respecto al presente estudio se deben principalmente a las condiciones de trabajo, dado que el autor mencionado trabajó a concentraciones iniciales de turbidez diferentes, siendo la de 500 UNT la que produjo los mencionados resultados.

### **Respecto al efecto en la turbidez usando penca de tuna y sulfato de aluminio como coagulantes**

El efecto de la turbidez usando la penca de la tuna como coagulante en la prueba de jarras, tuvo como resultados los mostrados en la tabla 13, de donde se observa que el máximo valor de reducción de turbidez alcanzado fue de 99,62 % al usar una dosis de 300 mg/L del coagulante natural y al transcurrir 40 minutos del proceso, a las mismas condiciones, pero usando el sulfato de aluminio como coagulante se obtuvo, de acuerdo a la tabla 17, una reducción máxima de turbidez de 98,41 %, siendo mínima la diferencia obtenida al aplicar ambos coagulantes, pero obteniendo mejores resultados con el coagulante natural lo que favorece los objetivos de la investigación, los resultados obtenidos respecto al coagulante natural son similares a los obtenidos por Briones, (2018), quien obtuvo un valor del 90 % para la reducción de turbidez usando coagulante de penca de tuna, así mismo Al-Saati, Hwaidi y Jassam, (2016), obtuvieron un valor de entre 99 % al 100 % de reducción de turbidez con el coagulante natural de nopal, Molina y Rodríguez, (2016), también reportan valores elevados de reducción de turbidez, logrando un 98,69 % al usar el cactus o nopal como coagulante natural en un sistema tipo Batch.

Respecto a los resultados obtenidos con el sulfato de aluminio, similares resultados fueron obtenidos en la investigación de Alcarraz C. et al., (2010), quienes reportan un resultado de 96,78 % de eficiencia del sulfato de aluminio para clarificar las aguas de efluentes de las procesadoras de frutas, así mismo Meza Leones et al., (2018), reportaron un valor de reducción de turbidez del 96 % para el proceso de clarificación de las aguas.

La reducción de la turbidez por la penca de tuna fue investigada por Miller et al. (2008), quienes señalan que es el ácido galacturónico el compuesto que provee de esa capacidad como coagulante a esta materia natural, ya que este compuesto tiene una estructura aniónica y presenta grupos carboxilos en toda su cadena, por lo que es posible la adsorción entre los grupos funcionales presentes en esta materia prima y las partículas suspendidas del agua.

.....La eficiencia de la penca de tuna como coagulante de acuerdo a López Pérez, (2018), en las muestras que presentan turbiedad inicial alta se debe a que al tener mayor cantidad de partículas coloidales, las fuerzas de atracción son más fuertes debido a la proximidad entre estas partículas, además al agregarle la penca de tuna, la cual presenta un polímero como componente principal, favorece la formación de puentes y la formación de los flóculos para su sedimentación; caso contrario sucede al trabajar con mínimas concentraciones de turbidez inicial, la eficiencia es menor debido a que las partículas coloidales están dispersas, siendo débiles las fuerzas de atracción, siendo necesario en esos casos el uso de mayores dosis del coagulante natural para obtener eficientes resultados.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se obtuvieron y compararon los datos de disminución de turbidez utilizando la penca de tuna y sulfato de aluminio en el proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable, obteniendo un máximo porcentaje de reducción de turbidez del 99,62 % al usar como coagulante la penca de tuna con una dosis de 300 mg/L y tiempo de 40 minutos y un 98,41 % al usar el sulfato de aluminio con una dosis de 300 mg/L y tiempo de 40 minutos, determinando que el coagulante de penca de tuna logró la mayor reducción de turbidez.
2. Se realizó la caracterización fisicoquímica inicial de las aguas del río Shullcas, obteniendo como resultado del parámetro evaluado, 300 UNT de turbidez inicial.
3. Se determinó la dosis óptima del coagulante de penca de tuna de 300 mg/L al lograr la máxima eficiencia promedio en la reducción de turbidez respecto a la dosis del 98,53 % y la dosis óptima del coagulante de sulfato de aluminio de 300 mg/L al lograr la máxima eficiencia promedio en la reducción de turbidez respecto a la dosis del 96,82 % en el proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable.
4. Se determinó el efecto en la turbidez utilizando la penca de tuna como coagulante para el tratamiento de agua potable, teniendo como variables la dosis del coagulante de 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L y 360 mg/L y el tiempo de 20 minutos, 30 minutos y 40 minutos, lográndose los más eficientes resultados al tratar las muestras por 40 minutos, obteniendo los resultados de reducción de turbidez de 90,02 %, 96,29 %, 99,62 % y 97,97 % para las dosis de 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L y 360 mg/L respectivamente.
5. Se determinó el efecto en la turbidez utilizando el sulfato de aluminio como coagulante para el tratamiento de agua potable, teniendo como variables la dosis del coagulante de 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L y 360 mg/L y el tiempo de 20 minutos, 30 minutos y 40 minutos, lográndose los más eficientes resultados al tratar las muestras por 40 minutos, obteniendo los resultados de reducción de turbidez de 79,30 %, 93,22 %, 98,41 % y 95,79 % para las dosis de 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L y 360 mg/L respectivamente.



## VII. RECOMENDACIONES

Estudiar otros parámetros como la DQO y DBO como variables dependientes para lograr un estudio más detallado de la calidad del agua.

Usar otra fuente como muestra en la investigación, ya sea aguas residuales, aguas de mina o aguas efluentes de industria textil para el estudio de la penca de tuna como adsorbente de metales pesados y otras sustancias químicas, dado que su poder como coagulante está comprobado en la investigación.

Usar otra materia prima natural para comparar los resultados respecto a otro coagulante natural, ya que en la investigación se realizó la comparación con un coagulante químico.

Considerar en los estudios posteriores procesos complementarios aplicando el proceso de coagulación con coagulantes naturales, como pruebas de sedimentación o filtración, con el fin de comprobar la calidad del agua y compararlo con la normativa.

## REFERENCIAS

- AL-SAATI, N.H., HWAIDI, E.H. y JASSAM, S.H., Comparing cactus (*Opuntia* spp.) and alum as coagulants for water treatment at Al-Mashroo Canal: a case study. *Environ. Sci. Technol*, pp. 2875 –2882. 2016.
- ALCARRAZ C., Mario, GAMARRA B., Gerardo, CASTRO L., Américo y GODOY A., Juan, Eficacia de coagulantes en el tratamiento primario de efluentes de procesadora de frutas. *Ciencia e Investigación*, 2010.
- ALCÁZAR LEÓN, Daniela, Aplicación De Un Coagulante Natural Obtenido a Partir De La Penca De Tuna (*Opuntia Ficus Indica*) Para La Mejora De La Calidad En Aguas De Consumo En La Localidad De Achocalla. *Universidad Mayor de San Andrés*, pp. 13-151. 2015.
- ALMENDÁREZ, N., Comprobación de la efectividad del coagulante (cochifloc) en aguas del lago de Managua “Piedras Azules”. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, pp. 5-10. 2016.
- AMOROCHO, M.F., Optimización de la coagulación-floculación en la planta de tratamiento de agua potable de la sede recreacional Campoalegre-Cajasan. *Casajan*, 2013.
- ANA, *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima: s.n., 2016.
- ANDIA CARDENAS, Yolanda, Tratamiento de agua: coagulación floculación. *Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico*, pp. 44. 2000.
- ANTILLÓN, J.J. y CAMARENO, M. V., Evaluación de la tuna (*Opuntia cochenillifera*) para la remoción del color en agua potable. *Tecnología en Marcha*, pp. 2-5. 2013.
- ASNAM, A., AOUABED, A. y BOURAS, O., Synthesis and application of a new biomaterial based on *Opuntia Ficus Indica* (cactus) in water treatment. *Algerian Journal of Engineering Research* ., 2017.
- BANCHON, C., BAQUERIZO, R., MUÑOZ, D. y ZAMBRANO, L., Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *Enfoque UTE*, pp. 111-126. 2016.

- BEDOYA, D.C., Determinación de la dosis optima de sulfato de aluminio en la planta de tratamiento de villa santana. Pereira. *Universidad Tecnologica de Pereira*, 2013.
- BRIONES, V.M., Análisis Comparativo De La Disminución De La Turbidez En El Proceso De Floculación Utilizando Un Floculante Comercial Y La Paleta De Tuna. *Universidad Privada del Norte*, 2018.
- CAMPBELL, D. y STANLEY, J., *Metodos de Investigación*. S.l.: s.n., 2015.
- CARDENAS, Y.A. y VARGAS, L., Tratamiento de Agua Coagulación y Floculación. Evaluación de plantas y desarrollo Tecnologico. *SEDAPAL*, 2014.
- CASAS, Megy y NINOSKA, Silvia, Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 2017.
- DARGO BEYENE, H., DERBE HAILEGEBRIAL, T. y BATU DIRERSA, W., Investigation of Coagulation Activity of Cactus Powder in Water Treatment. *Journal of Applied Chemistry*, 2016.
- ESPINOSA OTÁROLA, Ruben y ZULUAGA ORJUELA, Sebastian, Evaluación De La Capacidad De Dos Coagulantes Naturales Para La Remoción De Cargas Contaminantes En El Efluente Final De La Empresa Textil Inruuzz S.a.S Con Respecto Al Coagulante Comercial Sulfato De Aluminio. *Universidad El Bosque* [en línea], 2018. Disponible en: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/3319>.
- GARZÓN, O. y ROSAS, W., Evaluación de la Planta de Potabilización de agua del municipio de Villamaría AQUAMANA E.S.P. *Universidad Nacional de Colombia*, vol. 34. 2014.
- GÓMEZ, N., Remoción del materia orgánica por coagulación-floculación. *Universidad Nacional, sede Manizales*, 2014.
- GOYCOCHEA, F. y CÁRDENAS, A., Pectins from Opuntia spp. *Journal of the Professional Association for cactus development.*, 2013.
- HERRERA, S.A., Evaluación De La Acción Coagulante De La Semilla De

- Durazno Y Tallo De Nopal: Aclaración De Aguas Turbias. *Universidad Tecnica de Machala*, 2018.
- JIMENEZ, H.Q., Aplicacion del mucilago extraido de Nopal (*Opuntia Ficus Indica*) en la clarificación del agua del río Uchusuma. *Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann*, 2012.
- LASSOUED, Ben, MILED, G., DJOBBI, B. y BEN HASSEN, R., Influence of operating factors on turbidity removal of water surface by natural coagulant indigenous to Tunisia using experimental design. *Journal of Water Chemistry and Technology*, pp. 285–290. 2018.
- LÉDO, P. y LIMA, R., Estudio Comparativo de Sulfato de Aluminio y Semillas de *Moringa oleifera* para la Depuración de Aguas con Baja Turbiedad. *Retrieved*, 2018.
- LÓPEZ PÉREZ, Malena, Evaluación del uso de la cactácea *Opuntia ficus indica* como coagulante natural para el tratamiento de aguas. *Universidad Agraria La Molina*, 2018.
- LOZANO FLORIÁN, Lorena Lizeth, Efecto en la disminución de la turbidez en el agua por floculantes de *Opuntia ficus-indica* (Tuna) con diferentes procesos de extracción en el río Chonta de Cajamarca, 2018. *Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo* [en línea], 2018. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/721>.
- LOZANO, K.P. y MENDOZA, Y.A., El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. *P y L*, pp. 2-8. 2015.
- M. AL-AUBADI, I. y Q. HASHIM, L., Application of Cactus *Cladodes Mucilage* (*Opuntia ficus-indica*) as an Eco-Friendly natural coagulant and flocculent aid with alum for potable water treatment. *International Journal of Science and Research*, 2015.
- MEZA LEONES, María, RIAÑOS DONADO, Katerine, MERCADO MARTÍNEZ, Iván y OLIVERO VERBEL, Rafael, Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleifera* en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico Evaluation of the

- coagulant power of aluminum sulfate and Moringa oleífera seeds in the c. *UIS Ingenierías*, vol. 17, no. 2, pp. 95-103. 2018.
- MILLER, S., FUGATE, E., CRAVER, V., SMITH, J. y ZIMMERMAN, J., Toward understanding the efficacy and mechanism of *Opuntia* spp. As a natural coagulant for potential application in water treatment. *Environmental Science and Technology*, vol. 42, no. 12, pp. 4274-4279. 2008.
- MINAM, *Glosario Ambiental*. Lima: s.n., 2017.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2008. *DS N° 002-2008-MINAM: Aprueban los Estandares Nacionales de la Calidad Ambiental del Agua* [en línea]. 2008. S.l.: s.n. Disponible en: [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf).
- MOLINA, N.F. y RODRÍGUEZ, E.J., Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del  $Al_2(SO_4)_3$ . *Producción + Limpia*, pp. 1-2. 2016.
- MUKHTAR, A., ALI, W. y HUSSAIN, G., A Preliminary Study of *Opuntia stricta* as a Coagulant for Turbidity Removal in Surface Waters. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences*, pp. 117–124. 2015.
- ORTIZ, Á. V. y ASTUDILLO, I.C., Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural. *Biotechnology*, pp. 1-7. 2013.
- PACORA BERNAL, Loida, VELÁSQUEZ OYOLA, Margarita, MIÑANO CALDERÓN, Benigno y GUARNIZ FLORES, María, Optimización de floculante natural de tuna *Opuntia ficus indica* en la clarificación de las aguas superficiales del distrito de santa rosa provincia de Pallasca. *Conocimiento para el desarrollo*, pp. 137-142. 2011.
- ROJAS CAIRAMPOMA, M., Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente. *REDVET*, pp. 1-14. 2015.
- TAA, N., BENYAHYA, M. y CHAOUCH, M., Using a bio-flocculent in the process of coagulation flocculation for optimizing the chromium removal from the polluted water. *J. Mater. Environ.*, pp. 1581-1588. 2016.
- VILLABONA ORTIZ, Ángel, PAZ ASTUDILLO, Isabel Cristina y MARTÍNEZ GARCÍA, Jasser, Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso

como coagulante natural. *Revistas UNAL*, 2013.

ZAMBRANO, A. y LILIANA, D., Modelo de correlación entre las variables medibles en línea que afectan el proceso de determinación de la dosis óptima de coagulante en la planta de tratamiento de agua potable de Bosconia, del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga SAESP. *Bosconia*, 2014.

## ANEXOS

### Anexo N° 1. Declaratoria de originalidad de la autora

Yo, Gaspar Cahuana, Florencia, egresada de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Alas Peruanas Sede Huancayo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada: “Reducción de la Turbidez de las Aguas del Rio Shullcas, Utilizando Penca de Tuna y Sulfato de Aluminio en el Proceso de Coagulación para el Tratamiento de Agua Potable”, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 25 de febrero, 2021



Gaspar Cahuana, Florencia  
D.N.I. 45623062  
ORCID: 0000-0002-1124-9931

## Anexo N° 2. Declaratoria de autenticidad del asesor

### Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, Ordoñez Galvez, Juan Julio, docente de la facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo sede Lima norte, revisor del trabajo de Tesis titulada **"REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DE LAS AGUAS DEL RIO SHULLCAS, UTILIZANDO PENCA DE TUNA Y SULFATO DE ALUMINIO EN EL PROCESO DE COAGULACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE"** de la estudiante Gaspar Cahuana, Florencia (Orcid: 0000-0002-1124-9931), constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituye plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

Lima 25 de febrero, 2021







### Anexo N° 3. Matriz de operacionalización de variables


VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA/ UNIDAD DE MEDICIÓN	
VI/V1 Coagulante de penca de tuna y sulfato de aluminio	El coagulante es una sal metálica que reacciona con la alcalinidad del agua para originar flóculos de hidróxido del metal que son insolubles en el agua (Almendárez, 2016). La tuna presenta compuestos asociados que le otorgan su poder coagulante para obtener remoción de color y turbidez en aguas superficiales (Ortiz y Astudillo, 2013). El sulfato de aluminio es el coagulante que se utiliza con mayor frecuencia en tratamiento de aguas por su costo de comercialización relativamente bajo, el rango de pH óptimo varía entre 5,5 y 8,0 unidades lo que hace que todas las etapas anteriores disminuyan los procesos o actividades para ajustar el pH (Bedoya, 2013)	Se aplicarán diferentes dosis de los coagulantes de penca de tuna y sulfato de aluminio a tiempos diferentes, mediante prueba de jarras para reducir la turbidez de las aguas del río Shullcas.	Características fisicoquímicas iniciales de las aguas del río Shullcas	Turbidez	UNT	
			Dosis del coagulante	Penca de tuna	D1	mg/L
					D2	mg/L
					D3	mg/L
					D4	mg/L
			Dosis del coagulante	Sulfato de aluminio	D1	mg/L
					D2	mg/L
					D3	mg/L
					D4	mg/L
			Tiempo	T1	Minutos	
T2	Minutos					
T3	Minutos					
VD/V2 Reducción de la turbidez	La turbidez es la medida del grado cuando el agua va perdiendo su transparencia por la presencia de partículas que se encuentran en suspensión, cuando existan más sólidos suspendidos presentes en el agua le va confiriendo una apariencia más sucia y por ende se elevara la turbidez (MINAM, 2017)	Con la aplicación de los coagulantes estudiados en la prueba de jarras se obtendrá una turbidez menor a la inicial de las aguas del río Shullcas.	Turbidez final después del proceso de coagulación con penca de tuna y sulfato de aluminio	Turbidez final con penca de tuna	UNT	
			Turbidez final después del proceso de coagulación con penca de tuna y sulfato de aluminio	Turbidez final con sulfato de aluminio	UNT	


#### Anexo N° 4. Instrumentos de recolección de datos

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	<b>FICHA N° 01: Ficha de ubicación de recolección de muestra de aguas superficiales</b>
<b>Título</b>	Reducción de la Turbidez de las Aguas del Río Shullcas, Utilizando Penca de Tuna y Sulfato de Aluminio en el Proceso de Coagulación para el Tratamiento de Agua Potable
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Investigadores</b>	<i>Gaspar Cahuana, Florencia</i>
<b>Dirección</b>	Río Shullcas – Centro poblado de Acopalca
<b>Distrito</b>	Huancayo
<b>Provincia</b>	Huancayo
<b>Departamento</b>	Junín
<b>Coordenadas UTM</b>	485587 mE, 8672323 mN a 3693 m.s.n.m

  
 \_\_\_\_\_  
 Firma del experto  
 CIP: 148896  
 Teléfono: 964806257

  
 \_\_\_\_\_  
 Firma del experto  
 CIP: 148940  
 Teléfono: 964409751

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>FICHA N° 02: Datos del muestro de las aguas superficiales del río Shullcas (Instrumento de validación)</b>					
<b>Título</b>		Reducción de la Turbidez de las Aguas del Rio Shullcas, Utilizando Penca de Tuna y Sulfato de Aluminio en el Proceso de Coagulación para el Tratamiento de Agua Potable					
<b>Línea de investigación</b>		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales					
<b>Investigadores</b>		<i>Gaspar Cahuana, Florencia</i>					
<b>Muestra /Indicadores</b>	<b>Punto de muestreo</b>	<b>Tipo de cuerpo de agua</b>	<b>Fecha de muestreo</b>	<b>Parámetros requeridos</b>	<b>Preservación</b>	<b>Tipo de muestreo</b>	<b>Cantidad de muestra recolectada</b>
1	485587 mE, 8672323 mN	Agua superficial	20/02/2020	Turbidez	NO	Puntual	500 mL

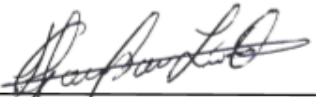



---

 Firma del experto

CIP: 148896

Teléfono: 964806257





---

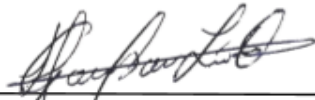
 Firma del experto

CIP: 148940

Teléfono: 964409751

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	<b>FICHA N° 03: Caracterización fisicoquímica inicial de las aguas del río Shullcas (Instrumento de validación)</b>
<b>Título</b>	Reducción de la Turbidez de las Aguas del Rio Shullcas, Utilizando Penca de Tuna y Sulfato de Aluminio en el Proceso de Coagulación para el Tratamiento de Agua Potable
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Investigadores</b>	<i>Gaspar Cahuana, Florencia</i>
<b>Laboratorio</b>	Laboratorio LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.
<b>Muestra /Indicadores</b>	Turbidez (UNT)
1	
2	

  
 Firma del experto  
 CIP: 148896  
 Teléfono: 964806257

  
 Firma del experto  
 CIP: 148940  
 Teléfono: 964409751



## Anexo N° 5. Validación de instrumentos



### **SOLICITUD:**

Validación de instrumento de recojo de información.

Sr.: OCHOA LEÓN HANS GIANNY

Yo; Florencia, Gaspar Cahuana, Identificado alumna del Taller de Titulación 2020 de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el proyecto de investigación que vengo elaborando titulada: "Reducción de la Turbidez de las Aguas del Rio Shullcas, Utilizando Penca de Tuna y Sulfato de Aluminio en el Proceso de Coagulación para el Tratamiento de Agua Potable: Meta - análisis de resultados", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz d operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima 25 de febrero del 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Florencia Gaspar Cahuana".

Gaspar Cahuana, Florencia  
D.N.I. 45623062  
ORCID: 0000-0002-1124-9931

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ochoa León Hans Gianni
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UPLA
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Maestro en Seguridad y Medioambiente en Minería
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos Fichas N°: 1-2-3-4
- 1.5. Autor (a) de Instrumento: Florencia, Gaspar Cahuana

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

87,5

Lima, 26 de febrero del 2021


---

**Ochoa León Hans Gianni**  
**CIP: 148940**  
**Teléfono: 964409751**

**SOLICITUD:**  
Validación de  
instrumento de  
recojo de  
información.

Sr.: CERAS CUADROS, CATY

Yo; Florencia, Gaspar Cahuana, Identificado alumna del Taller de Titulación 2020 de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el proyecto de investigación que vengo elaborando titulada: "Reducción de la Turbidez de las Aguas del Río Shullcas, Utilizando Penca de Tuna y Sulfato de Aluminio en el Proceso de Coagulación para el Tratamiento de Agua Potable: Meta - análisis de resultados", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz d operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima 25 de febrero del 2021



Gaspar Cahuana, Florencia  
D.N.I. 45623062  
ORCID: 0000-0002-1124-9931



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Ceras Cuadros, Caty
- 1.7. Cargo e institución donde labora: Docente de la UNCP
- 1.8. Especialidad o línea de investigación: Maestro en Seguridad y Medioambiente en Minería
- 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos Fichas N°: 1-2-3-4
- 1.10. Autor (a) de Instrumento: Florencia, Gaspar Cahuana

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de a investigación.												X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

**86**


Lima, 26 de febrero del 2021

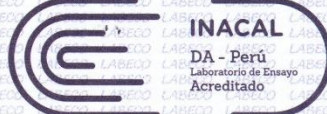

---

**Caty Ceras Cuadros**  
 CIP: 148896  
 Teléfono: 964806257

# Anexo N° 6. Certificado de análisis



**LABECO**  
ANÁLISIS AMBIENTALES S.C.R.L.



**INACAL**  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N° LE - 034

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 034**

**INFORME DE ENSAYO N° 0162-20-A**

**Solicitante** : FLORENCIA GASPAS CAHUANA  
**Dirección del Solicitante** : Jr. Tupac Amaru S/N - Pilcomayo  
**Atención** : FLORENCIA GASPAS CAHUANA  
**Proyecto** : Municipalidad Provincial de Acobamba C.P. Chocloco  
**Lugar de Muestreo** : Río SHULLCAS  
**Tipo de Muestra** : Agua Natural (Superficial)  
**Fecha de Monitoreo** : 20/02/2020  
**Fecha de Recepción de Muestra** : 21/02/2020  
**Fecha de Inicio de Análisis** : 21/02/2020  
**Fecha de Término de Análisis** : 21/02/2020  
**Fecha de Emisión** : 24/02/2020


---

**CALIDAD DE AGUA**

Código de Laboratorio	0162-5	Límite Detección	Unidad
Código de Cliente	TF-01		
<b>Parámetros Físicoquímicos</b>			
Turbidez	300,0	0,1	NTU

- Muestra tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

**Método de Análisis:**  
 Turbidez: APHA AWWA WEF 2130 B 23rd Edition 2017 Turbidity, Nephelometric Method.



**Quim. Ellen Liliana Deza Montoya**  
CQP N° 1328  
Director Técnico

**Lima, 24 de Febrero de 2020.**

Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.  
 Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".  
 Nota 3: La(s) muestra (s) y contramuestras se mantendrán por un período de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.  
 Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el período de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.  
 Nota 5: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencial al corregido".  
 Nota 6: Está prohibida la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.  
 Nota 7: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.  
 Nota 12: Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente. El laboratorio no es responsable del origen o fuente de la cual ha sido tomadas".

1 de 1

Revisión: 10

LB-F-38

Av. Víctor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico  
 Surquillo - Lima  
 Teléfonos: 242-2696 / 444-8987  
 web: www.labecoperu.com  
 e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

# LABECO

ANÁLISIS AMBIENTALES S.C.R.L.

CADENA DE VIGILANCIA N° 0162-20

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA RECIBIDA		SÍ	NO
Todas las muestras están dentro del período de análisis		X	
La muestra es proporcionada por el cliente		X	
La muestra fue monitoreada por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L			X
El envase es proporcionado por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L		X	
El envase es proporcionado por el cliente			X
Las muestras para metales disueltos están filtradas y preservadas con HNO <sub>3</sub> (pH<2)			NA
Las muestras para metales están preservadas con HNO <sub>3</sub> (pH<2)		X	
Las muestras para análisis físico-químico están refrigeradas y al pH de acuerdo al método		X	
Las muestras para análisis microbiológicos están refrigeradas		X	
Las muestras para nutrientes están preservadas con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (pH<2)			NA
Las muestras para aceites y grasas están preservadas con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (pH<2)			NA
Las muestras para DQO están preservadas con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (pH<2)			NA
La muestra para DBO <sub>5</sub> está completamente llena y refrigerada			NA
La muestra para el análisis de cianuro está preservada con NaOH (pH>12)			NA
Se recibieron contramuestras			X
Se recibieron muestras dirimientes			X
<b>"Lectura de la Temperatura de las muestras(°C)"</b>			
Cód. Termómetro	TEG3511T	<b>"Muestras Química"</b>	
		<b>"Muestras microbiología"</b>	
		T°= 6 °C	T°= 8°C
		"Realizado por : " V.T.	"Realizado por : " T.G.
<b>CANTIDAD DE MUESTRA Y CONTRAMUESTRA RECIBIDA:</b>			
05/1000P		1/500P	
<b>OBSERVACIONES RESPECTO A CONDICIONES DE RECEPCIÓN NO DESCRITAS ANTERIORMENTE:</b>			
<b>OBSERVACIONES</b>			

NA: No Aplica, P (plástico), V (vidrio).

**Criterio de aceptación:**  
**"Muestras químicas: ≤ 6 °C"**  
**"Muestras microbiología: ≤ 10 °C"**

Av. Potosí 1 Alzamora 348, Urb. Barrio Medico  
 Surquillo - Lima  
 Teléfonos: 242-2696 / 444-8987  
 web: www.labecoperu.com  
 e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

Rev.: 11

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 034**

**INFORME DE ENSAYO N° 0162-20-B**

**Solicitante** : FLORENCIA GASPAR CAHUANA  
**Dirección del Solicitante** : Jr. Tupac Amaru S/N - Pilcomayo  
**Atención** : FLORENCIA GASPAR CAHUANA  
**Proyecto** : ---  
**Lugar de Muestreo** : ---  
**Tipo de Muestra** : Agua Natural (Superficial)  
**Fecha de Monitoreo** : 20/02/2020  
**Fecha de Recepción de Muestra** : 21/02/2020  
**Fecha de Inicio de Análisis** : 21/02/2020  
**Fecha de Término de Análisis** : 21/02/2020  
**Fecha de Emisión** : 24/02/2020

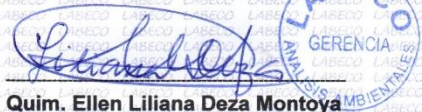
**CALIDAD DE AGUA**

Código de Laboratorio	0162-6	Límite Detección	Unidad
Código de Cliente	TF-02		
<b>Parámetros Físicoquímicos</b>			
Turbidez	100,0	0,1	NTU

- Muestra tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

**Método de Análisis:**

Turbidez: APHA AWWA WEF 2130 B 23rd Edition 2017 Turbidity, Nephelometric Method.

  
**Quim. Ellen Liliana Deza Montoya**  
 CQP N° 1328  
 Director Técnico

**Lima, 24 de Febrero de 2020.**

- Nota 1:** El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.  
**Nota 2:** Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".  
**Nota 3:** La(s) muestra(s) y contramuestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.  
**Nota 4:** El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el periodo de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.  
**Nota 5:** Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencial al corregido".  
**Nota 6:** Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.  
**Nota 7:** Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.  
**Nota 12:** Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente. El laboratorio no es responsable del origen o fuente de la cual ha sido tomadas".

Anexo 1: Condiciones de recepción.

LB-F-38

Av. Víctor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico  
 Surquillo - Lima  
 Teléfonos: 242-2696 / 444-8987  
 web: [www.labecoperu.com](http://www.labecoperu.com)  
 e-mail: [labeco@labecoperu.com](mailto:labeco@labecoperu.com), [labecoperu@gmail.com](mailto:labecoperu@gmail.com)

1 de 1  
 Revisión: 10



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE: FLORENCIA GASPAR CAHUANA

MUESTRA : Agua Natural Superficial	Nº DE REFERENCIA : 12 - 2020
DISTRITO : Huancayo	FECHA DE MUESTREO : 20/02/2020
PROVINCIA : Huancayo	FECHA DE INGRESO LAB.: 21/02/2020
REGIÓN : Junín	FECHA DE ANÁLISIS : 21/02/2020
ANEXO : Acopalca	MUESTREADOR : Florencia Gaspar Cahuana

Analista: Ing. Carmen Velit Villarreal  
Muestra proporcionada por el cliente

MÉTODOS NORMALIZADOS PARA ANÁLISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL, APHA, AWWA, WPCF

Turbidez método: MS-2130-B-Nefelométrico

Muestra inicial

CÓDIGO	TURBIDEZ
F-0	312,0 NTU

Muestras tratadas

CÓDIGO	TURBIDEZ	CÓDIGO	TURBIDEZ
FT-1	83,78 NTU	FS-1	108,50 NTU
FT-2	50,66 NTU	FS-2	76,40 NTU
FT-3	30,00 NTU	FS-3	62,42 NTU
FT-4	42,85 NTU	FS-4	55,00 NTU
FT-5	22,07 NTU	FS-5	41,57 NTU
FT-6	11,24 NTU	FS-6	20,53 NTU
FT-7	9,83 NTU	FS-7	16,90 NTU
FT-8	2,70 NTU	FS-8	8,07 NTU
FT-9	1,21 NTU	FS-9	5,01 NTU
FT-10	19,23 NTU	FS-10	25,11 NTU
FT-11	10,92 NTU	FS-11	18,50 NTU
FT-12	6,18 NTU	FS-12	12,88 NTU

Huancayo, 25 de febrero del 2020



Dr. Orlando Alfredo Vilca Moreno  
Responsable del LAQ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE: FLORENCIA GASPAR CAHUANA

MUESTRA : Agua Natural Superficial	Nº DE REFERENCIA : 15 - 2020
DISTRITO : Huancayo	FECHA DE MUESTREO : 24/02/2020
PROVINCIA : Huancayo	FECHA DE INGRESO LAB.: 25/02/2020
REGIÓN : Junín	FECHA DE ANÁLISIS : 25/02/2020
ANEXO : Acopalca	MUESTREADOR : Florencia Gaspar Cahuana

Analista: Ing. Carmen Velit Villarreal  
Muestra proporcionada por el cliente

**METODOS NORMALIZADOS PARA ANALISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL, APHA, AWWA, WPCF**

Turbidez método: MS-2130-B-Nefelométrico

**Muestra inicial**

CÓDIGO	TURBIDEZ
F-0	300,1 NTU

**Muestras tratadas**

CÓDIGO	TURBIDEZ	CÓDIGO	TURBIDEZ
FT-1	83,42 NTU	FS-1	100,20 NTU
FT-2	50,31 NTU	FS-2	75,99 NTU
FT-3	29,79 NTU	FS-3	61,87 NTU
FT-4	42,5 NTU	FS-4	49,24 NTU
FT-5	21,86 NTU	FS-5	40,94 NTU
FT-6	11,00 NTU	FS-6	20,17 NTU
FT-7	9,42 NTU	FS-7	15,00 NTU
FT-8	2,35 NTU	FS-8	7,91 NTU
FT-9	1,08 NTU	FS-9	4,43 NTU
FT-10	18,89 NTU	FS-10	24,97 NTU
FT-11	10,65 NTU	FS-11	18,01 NTU
FT-12	6,03 NTU	FS-12	12,40 NTU

Huancayo, 28 de febrero del 2020



Dr. Orlando Alfredo Vilca Moreno  
Responsable del LAQ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE: FLORENCIA GASPAR CAHUANA

MUESTRA : Agua Natural Superficial	Nº DE REFERENCIA : 20 - 2020
DISTRITO : Huancayo	FECHA DE MUESTREO : 26/02/2020
PROVINCIA : Huancayo	FECHA DE INGRESO LAB.: 27/02/2020
REGIÓN : Junín	FECHA DE ANÁLISIS : 27/02/2020
ANEXO : Acopalca	MUESTREADOR : Florencia Gaspar Cahuana

Analista: Ing. Carmen Velit Villarreal  
Muestra proporcionada por el cliente

**METODOS NORMALIZADOS PARA ANALISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL, APHA, AWWA, WPCF**

Turbidez método: MS-2130-B-Nefelométrico

Muestra inicial

CÓDIGO	TURBIDEZ
F-0	304,2 NTU

Muestras tratadas

CÓDIGO	TURBIDEZ	CÓDIGO	TURBIDEZ
FT-1	83,60	FS-1	104,60
FT-2	50,47	FS-2	76,15
FT-3	29,99	FS-3	62,00
FT-4	42,67	FS-4	49,67
FT-5	21,96	FS-5	41,22
FT-6	11,15	FS-6	20,33
FT-7	9,49	FS-7	15,61
FT-8	2,55	FS-8	8,01
FT-9	1,11	FS-9	4,84
FT-10	18,95	FS-10	25,00
FT-11	10,21	FS-11	18,34
FT-12	6,09	FS-12	12,59

Huancayo, 03 de marzo del 2020




Dr. Orlando Alfredo Vilca Moreno  
Responsable del LAQ

Feedback Studio - Google Chrome

ev.turnitin.com/app/carta/es/?o=152776786&ku=1063834755&ss=1&lang=es

Turbidez



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Reducción de la Turbidez de las Aguas del Río Shullcas, Utilizando Penca de Tuna y Sulfato de Aluminio en el Proceso de Coagulación para el Tratamiento de Agua Potable.

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR:**  
Gaspar Cahuana, Florencia (Orcid: 0000-0002-1124-9931)

**ASESOR:**

Esta es la bandeja de entrada de ejercicios de Similitud no se ha generado todavía.

**Taller de Tesis**

BANDEJA DE ENTRADA | ESTÁS VIENDO

Entregar archivo

AUTOR
<input type="checkbox"/> Luis Cochachi
<input type="checkbox"/> Fiorella Gutarra
<input type="checkbox"/> Estefanía Jurado
<input type="checkbox"/> Jessica Palomares
<input type="checkbox"/> Elena Suazo
<input type="checkbox"/> Jheysom Yarangá
<input type="checkbox"/> Luis Cochachi
<input type="checkbox"/> Florencia Gaspar
<input type="checkbox"/> Jessica Palomares
<input type="checkbox"/> Susan Solano
<input type="checkbox"/> Lizzette Camarena
<input type="checkbox"/> Lizzette Camarena
<input type="checkbox"/> Luis Cochachi
<input type="checkbox"/> Anatz Danobeytia
<input type="checkbox"/> Anatz Danobeytia

TESIS FINAL SUAR....pdf

Correo electrónico sin remitentes

NO	FECHA
15	10-ene.-2021
11	20-feb.-2021
18	30-dic.-2020
19	22-feb.-2021
37	08-ene.-2021
14	22-feb.-2021
34	22-feb.-2021
36	08-mar.-2021
10	30-ene.-2021
30	28-feb.-2021
12	13-feb.-2021
13	27-feb.-2021
34	08-mar.-2021
19	20-feb.-2021
35	22-feb.-2021

PÁGINA: 1 2 3 4 5

Mostrar todo

17:08 8/03/2021