



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Uso del coagulante opuntia ficus para la remoción de la turbidez del  
agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D 1,  
Distrito de Pedregal, Arequipa – 2022**

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

**AUTORAS:**

Huarca Yanqui, Dalma Dayana ([orcid.org/0000-0001-8408-4480](https://orcid.org/0000-0001-8408-4480))

Castillo Quispe, Lizeth ([orcid.org/0000-0002-7973-938X](https://orcid.org/0000-0002-7973-938X))

**ASESOR:**

Mg. Aliaga Martinez, Maria Paulina (ORCID:0000-0003-2767-4825)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme dado la vida, y haberme permitido llegar a cumplir mi sueño de ser Ingeniera Ambiental.

A mis padres del corazón, Joseth Chalco, Juan Chalco y Juliana Zairitupac, por motivarme a seguir mis sueños, y a enseñarme sobre el amor incondicional.

A mi madre Margoth Huarca Yanqui, que desde el cielo sé que está orgullosa de lo que estoy logrando cada día.

A Ángel Eduardo Heredia Miranda, por ayudarme a superar mis miedos y a impulsarme a ser mejor cada día.

A mis hermanos que siempre me animaron y a todas las personas que me brindaron su amistad y apoyo desinteresado con la realización de este trabajo.

Dalma.

A Dios, por darme la vida y permitirme disfrutar de ella.

A mis padres Enrique y Olga, por el apoyo, motivación e impulso para lograr mis metas y a mis seres queridos por brindarme su apoyo incondicional.

Lizeth

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad César Vallejo por impulsar el conocimiento y la investigación.

A nuestra asesora Mg. María Aliaga Martínez, docente de investigación de la Universidad César Vallejo, que sin su guía no hubiese sido posible la culminación de esta investigación.

Al Ing. Lalo Monzón Marín, por habernos impartido sus conocimientos guiándonos y apoyándonos incondicionalmente.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA.....	32
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	32
3.2. Variables y operacionalización .....	34
3.3. Población, muestra y muestreo .....	39
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	40
3.5. Materiales y equipos.....	42
3.6. Procedimiento .....	43
3.7. Método de análisis de datos .....	51
3.8. Aspectos éticos .....	52
IV. RESULTADOS .....	53
4.1. Características fisicoquímicas del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida antes y después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa.....	53
4.2. Composición química del biocoagulante de <i>Opuntia ficus</i> para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.....	55
4.3. Dosis óptima del biocoagulante de <i>Opuntia ficus</i> para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.....	56
4.4. Parámetros de operación para remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.....	64
4.5. Eficiencia del biocoagulante para la remoción de turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal.....	65
V. DISCUSIÓN.....	66
VI. CONCLUSIONES.....	72
VII. RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS .....	75
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Taxonomía de la Opuntia ficus-indica</i> .....	20
Tabla 2. <i>Composición elemental del mucílago de la Opuntia ficus-indica</i> .....	21
Tabla 3. <i>Azúcares del mucílago de la Opuntia ficus-indica</i> .....	21
Tabla 4. <i>Etapas de la coagulación</i> .....	24
Tabla 5. <i>Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica</i> .....	31
Tabla 6. <i>Diseño Experimental al Azar</i> .....	33
Tabla 7. <i>Esquema para el análisis de varianza</i> .....	33
Tabla 8. <i>Operacionalización de las Variables</i> .....	38
Tabla 9. <i>Cálculo de la muestra</i> .....	39
Tabla 10. <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i> .....	41
Tabla 11. <i>Dosis utilizadas</i> .....	48
Tabla 12. <i>Características físicoquímicas antes y después del tratamiento con biocoagulante</i> .....	54
Tabla 13. <i>Determinación de azúcares totales en la muestra de biocoagulante</i> .....	55
Tabla 14. <i>Azúcares del mucílago de la Opuntia ficus-indica</i> .....	55
Tabla 15. <i>Tabla de valores de los parámetros analizados para determinar la dosis óptima.</i> 56	
Tabla 16. <i>Análisis de varianza para turbidez por dosis de biocoagulante</i> .....	57
Tabla 17. <i>Prueba de múltiples rangos para turbidez por dosis de biocoagulante</i> .....	57
Tabla 18. <i>Tabla de medias para la turbidez por dosis de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0%</i> .....	58
Tabla 19. <i>Análisis de varianza para pH por dosis de biocoagulante</i> .....	60
Tabla 20. <i>Prueba de múltiples rangos para pH por dosis de biocoagulante</i> .....	60
Tabla 21. <i>Tabla de medias para pH por dosis de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0%</i> .....	61
Tabla 22. <i>Análisis de varianza para conductividad eléctrica por dosis de biocoagulante</i> .	62
Tabla 23. <i>Prueba de múltiples rangos para conductividad eléctrica por dosis de biocoagulante</i> .....	63
Tabla 24. <i>Tabla de medias para conductividad eléctrica por dosis de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0%</i> .....	64
Tabla 25. <i>Parámetros de operación</i> .....	65
Tabla 26. <i>Porcentaje de Remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios</i> .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Opuntia ficus-indica</i> .....	19
<i>Figura 2. Estructura de la pectina</i> .....	22
<i>Figura 3. Etapas de la coagulación</i> .....	25
<i>Figura 4. Visualización satelital del distrito del Pedregal</i> .....	40
<i>Figura 5. Toma de muestras de agua del grifo domiciliario del distrito de Pedregal</i> .....	43
<i>Figura 6. Recolección de cladodios de la Opuntia ficus</i> .....	44
<i>Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de extracción del biocoagulante y su relación volumétrica</i> .....	45
<i>Figura 8. Proceso de elaboración del biocoagulante de Opuntia ficus</i> .....	47
<i>Figura 9. Agitador magnético modelo MI0102003</i> .....	49
<i>Figura 10. Determinación de la dosis óptima</i> .....	50
<i>Figura 11. Análisis de parámetros de la prueba de jarras</i> .....	51
<i>Figura 12. Características fisicoquímicas antes y después del tratamiento con biocoagulante</i> .....	54
<i>Figura 13. Prueba de múltiples rangos para turbidez por dosis de biocoagulante</i> .....	58
<i>Figura 14. Medias para la turbidez por dosis de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0%</i> .....	59
<i>Figura 15. Prueba de múltiples rangos para pH por dosis de biocoagulante</i> .....	61
<i>Figura 16. Medias para pH por dosis de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0%</i> .....	62
<i>Figura 17. Prueba de múltiples rangos para conductividad eléctrica por dosis de biocoagulante</i> .....	63
<i>Figura 18. Medias para conductividad eléctrica por dosis de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0%</i> .....	64

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el uso del coagulante de *Opuntia ficus* para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D1, Pedregal – Arequipa. La metodología fue de tipo aplicada con diseño experimental puro con un análisis estadístico DCA y análisis de la varianza. La muestra de agua fue recolectada de los grifos domiciliarios sector D1-Pedregal. Para determinar la dosis óptima se utilizó la prueba de jarras con 5 dosificaciones, estas fueron de 0 ml/L, 10ml/L, 20ml/L, 30 ml/L y 40 ml/L, cada dosificación tuvo 2 repeticiones obteniendo un total de 15 unidades experimentales. Los parámetros evaluados fueron la turbidez, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos. Los resultados mostraron a la dosis de 20 ml/L como óptima, reduciendo la turbidez de 152 NTU hasta 4.5 NTU cumpliendo con la normativa del D.S N°031-2010 SA - DIGESA, evidenciando una remoción del 97% de turbidez. Los parámetros de operación óptimos fueron de 150 rpm por 5 min seguido de 20 rpm por 1 min y tiempo de sedimentación de 30 min. La investigación concluye que el coagulante de *Opuntia ficus* logra una eficiente remoción de turbidez en el agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D1, Pedregal – Arequipa. La investigación contribuye a refinar el conocimiento y metodología para el cambio de coagulantes sintéticos a biocoagulantes aprovechando materia prima que se tiene al alcance de la población para mejorar la calidad de vida.

**Palabras clave:** *Opuntia ficus*, biocoagulante, mucílago, tratamiento de agua, turbidez.

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the use of the *Opuntia ficus* coagulant to remove the turbidity of the water from household taps in the flood season, sector D1, Pedregal - Arequipa. The methodology was applied with a pure experimental design, as well as the DCA statistical analysis and analysis of variance. The water sample was collected from household taps in sector D1-Pedregal, to determine the optimal dose, the jar test was used with 5 dosages, these were 0 ml/L, 10ml/L, 20ml/L, 30 ml/L and 40 ml/L, each dosage had 2 repetitions, obtaining a total of 15 experimental units. The parameters evaluated were turbidity, pH, electrical conductivity and total dissolved solids. The results showed a dose of 20 ml/L as optimal, reducing the turbidity from 152 NTU to 4.5 NTU, complying with the regulations of D.S N°031-2010 SA - DIGESA, showing a removal of 97% of turbidity. Optimal operating parameters were 150 rpm for 5 min followed by 20 rpm for 1 min and settling time of 30 min. The investigation concludes that the coagulant of *Opuntia ficus* achieves an efficient removal of turbidity in the water from household taps in the flood season, sector D1, Pedregal - Arequipa. The research contributes to refining the knowledge and methodology for the change from synthetic coagulants to biocoagulants, taking advantage of raw material available to the population to improve quality of life.

**Keywords:** *Opuntia ficus*, biocoagulant, mucilage, water treatment, turbidity.



## I. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos imprescindibles en la vida del ser humano, de este depende su existencia y así mismo cualquier tipo de vida sobre la faz de la tierra, pero no todas las personas tienen acceso a un agua de calidad o por lo menos un agua potable, la Organización Mundial de la Salud (2022) menciona que alrededor de 368 millones de personas en el mundo consumen y utilizan agua de fuentes no mejoradas, de pozos, superficie y manantiales no protegidos. Según la OMS, el 93% de las personas que consumen estas aguas son aquellas que viven en zonas rurales, y la demanda de agua se incrementa cada día, por ello se busca optar por fuentes alternativas que mejoren la calidad del agua para consumo humano y se busque el tratamiento de aguas que no están destinadas para consumo y se logre potabilizar este recurso hídrico tan fundamental para el ser humano.

Según la Autoridad Nacional del Agua (2022), América del sur es el continente que cuenta con la mayor cantidad de agua dulce en todo el mundo, además, nuestro país es uno de los más privilegiados, ya que cuenta con el 1.89% del agua dulce que hay en el mundo.

En el Perú la principal fuente de agua son los ríos, 1007 ríos distribuidos en todo el país, seguido de las Lagunas, 12201 lagunas, también los glaciares, 3044 que cubren un área de 2041 km<sup>2</sup>, y por último los acuíferos que son reservas divididas en vertiente del pacífico y vertiente del Atlántico (Autoridad Nacional del Agua, 2022).

En muchos lugares del país, mayormente en las zonas rurales, la población no tiene acceso a agua potable, ellos obtienen el agua directamente de la fuente para el uso doméstico y agrícola, antiguamente esas actividades eran normales y nada nocivas, pero con el aumento de la contaminación de las fuentes de agua por las diversas actividades antropogénicas se ha hecho imposible beber agua directa de una fuente natural, esta tiene que hacerse hervir para eliminar contaminantes y/o sedimentos previo a su consumo.

Pedregal es un distrito en crecimiento dedicado en su mayoría a la agricultura porque es una irrigación, el agua que llega a este distrito es proveniente de la represa de Condoroma, La junta de usuarios Pampa de Majes se encarga de suministrar el agua a las 26 comisiones de usuarios que la conforman, estas en conjunto tienen un total de 2687 usuarios, la junta de usuarios se encarga de distribuir el agua a estas familias, en primer lugar capta estas aguas, haciéndolas pasar por un desarenador, luego por canales principales y el canal madre, el agua llega a los vasos reguladores los cuales almacenan el agua y mediante la decantación diaria logran reducir la turbidez, pero por el trayecto y arrastre presenta gran cantidad de sólidos en suspensión. La junta de usuarios logró implementar sistemas de filtrado para minimizar este problema, pero en época de avenida, entre los meses de enero y marzo debido a las precipitaciones pluviales estos procesos son insuficientes para este problema. Al ser esta la única fuente de agua para la población, esta se ve obligada a consumirla y la única manera de potabilizarla es haciéndola hervir (tratamiento térmico), pero no se logra eliminar los sólidos en suspensión con este tratamiento (Junta de usuarios Pampa de Majes, 2018).

Por tal motivo se busca clarificar el agua antes de hervirla, ya que clarificarla es una etapa importante previa a la potabilización del agua y para ello se utiliza un coagulante que ayude en la aglomeración de coloides las cuales se sedimentan y ayuda a la remoción de materia en suspensión causantes de la turbidez y color, así permite que el agua logre obtener un nivel idóneo dentro de sus características físicas y organolépticas (Gurdián y Coto, 2011).

Existen coagulantes primarios como el cloruro de hierro y el sulfato de aluminio que, según Poddar et al. (2017) menciona que estos químicos son asimilados fácilmente por los seres humanos y son potencialmente negativos en cuanto a la salud, y se asocian con enfermedades óseas, Alzheimer y cáncer.

Por ello es que se buscan opciones limpias con coagulantes naturales que aparte de no ser dañinas también son económicas, de esta forma se puedan sustituir los coagulantes primarios, uno de estos coagulantes naturales es el polímero que se extrae de las pencas de la tuna (*Opuntia ficus*) que mayormente

en India y Asia la utilizan para la potabilización de agua para el consumo humano (Almendárez, 2004).

En este proyecto se utilizó como coagulante el *Opuntia ficus*, en el Perú es conocido como Tuna y presenta grandes propiedades que ayudan a la coagulación natural, y es un cultivo abundante en la región.

En base a la problemática establecida se planteó el problema general y los problemas específicos del proyecto de investigación.

El **problema general** es: ¿Cómo evaluar el efecto del coagulante del *Opuntia ficus* para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa?

Los **problemas específicos** son los siguientes: a). ¿Qué características fisicoquímicas tendrá el agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida antes y después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa?, b). ¿Cuál es la composición química del biocoagulante de *Opuntia ficus* para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa?, c). ¿Cuál será la dosis óptima del biocoagulante para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa?, d). ¿Cuáles serán los parámetros de operación para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa?, e). ¿Cuál será la eficiencia del biocoagulante para la remoción de turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa?

El presente proyecto presenta una relevancia ambiental porque buscó minimizar los impactos negativos a la salud generados por el consumo de agua que no cumple con los estándares para el consumo humano.

Así mismo presenta una relevancia económica porque dio una solución de manera ingeniosa al problema que aqueja a la población del Distrito de Majes,

esta solución trata de la utilización de un elemento natural, que se encuentra al alcance de la población, es accesible y no muestra complicaciones al realizarlo.

También presenta una relevancia social porque se logró dar una solución que sea factible para todos los pobladores del Distrito de Pedregal debido al problema presentado por la inexistencia del servicio de agua potable.

Presenta una relevancia teórica ya que acorde al marco teórico este dio el sustento sobre la materia a estudiar, asimismo la metodología a emplear es accesible porque la materia principal que es el biocoagulante pudo ser obtenido en el mismo lugar de estudio.

Esto nos permitió plantear nuestro **objetivo general** que es evaluar el uso del coagulante del *Opuntia ficus* para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa. Los **objetivos específicos** son: a). Evaluar las características fisicoquímicas del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida antes y después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa. b). Evaluar la composición química del biocoagulante de *Opuntia ficus* para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa, c). Determinar la dosis óptima del biocoagulante de *Opuntia ficus* para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa, d). Determinar los parámetros de operación para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa, e). Evaluar la eficiencia del biocoagulante para la remoción de turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal.

La **hipótesis general** del presente proyecto de investigación es: El uso del coagulante natural obtenido de la *Opuntia ficus* permitirá remover el 80% turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa. Las **hipótesis específicas** son: a). El pH, turbidez, conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales en el agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida presentaran mejoras después del

tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa, b). El biocoagulante de *Opuntia ficus* está compuesto químicamente por polisacáridos los cuales permiten aglutinar sólidos y sustancias presentes en el agua, c). La dosis óptima del biocoagulante de *Opuntia ficus* es de 20ml/L. d). El pH, el tiempo de contacto y la velocidad de agitación son los parámetros de operación para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa. e) La eficiencia del biocoagulante será del 80% para la remoción de turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.

## II. MARCO TEÓRICO

Para dar sustento a la investigación se examinaron detalladamente artículos e investigaciones científicas como antecedentes internacionales y nacionales.

Nimesha et al. (2022) en su investigación titulada “Effectiveness of natural coagulants in water and wastewater treatment”, tuvo el objetivo de realizar un análisis basado en estudios y teorías desarrolladas a lo largo del tiempo sobre el uso potencial y la óptima eficacia de biocoagulantes. La metodología usada fue el análisis documental y bibliográfico existente a lo largo del tiempo hasta la actualidad. Se logró concluir que los mejores coagulantes naturales extraídos de plantas para remover turbidez en el agua son la *Moringa oleifera*, el cactus de *Opuntia ficus*, nirmali seeds tanning, potato starch, banana peel, common beans y Tamarind seeds. Teniendo como características principales que son amigables con el medio ambiente, no son tóxicas, la sedimentación se da junto al proceso de coagulación y la formación de lodos es baja, lo que amerita una buena biodegradabilidad. La investigación tuvo un aporte a nivel teórico, realizando una recopilación de estudios los cuales ayudan a mejorar y refinar el conocimiento sobre el uso de coagulantes naturales hechos a base de plantas que tienen un nivel alto en cuanto a remoción de la turbidez en el agua.

Martínez et al. (2021) en su investigación “Leachate treatment: comparison of a bio-coagulant (*Opuntia ficus* mucilage) and conventional coagulants using multi-criteria decision analysis” tuvo como objetivo principal comparar un biocoagulante de *Opuntia ficus*, un coagulante orgánico de poliamina y un coagulante convencional aplicado al tratamiento de lixiviados. La metodología a utilizar fue el análisis de decisión multicriterio. Se utilizó el test de jarras para 6 jarras con 0.5 L de muestra, las pruebas de CFP se realizaron en tres etapas usando diferentes coagulantes-floculantes: Fase 1  $\text{FeCl}_3$ , Fase 2 Poliamina y Fase 3 Mucílago de *Opuntia ficus* (OFM). Las condiciones óptimas para eliminar una cantidad máxima de la demanda química de oxígeno (DQO) fueron determinadas por datos experimentales y Metodología de Superficie de Respuesta. La aplicación de criterios múltiples. Se exploró el análisis de decisión utilizando matriz de criterios múltiples (MCM) mediante la evaluación del proceso de coagulación-floculación. Los resultados

mostraron la máxima remoción de DQO (%) y las mejores puntuaciones de MCM (en una escala de 0 a 100) fueron: Etapa 1:69.20.9 y 48.50, Etapa 2: 37.81.1 y 79.0, y Etapa 3: 71.11.7 y 81.5. Máxima eliminación de DQO usando  $\text{FeCl}_3$  y OFM no fueron estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Se evaluó el proceso de extracción de OFM (rendimiento 0.70 1,17%, contenido de carbohidratos 32,6 1,18%). MCM permite la evaluación de aspectos técnicos adicionales, además eliminación de DQO de oxígeno, así como aspectos económicos, lo que permite un análisis más completo. También las remociones indican que el uso de OFM como coagulante en el tratamiento de lixiviados estabilizados fue efectivo. La investigación tuvo un aporte en cuanto a la comparativa de los 3 coagulantes usados y su capacidad de coagulación lo cual permite mejorar el estudio de estos componentes y en específico del mucílago de la *Opuntia ficus*.

Perico-Granados et al. (2021) realizaron una investigación denominada “Propuesta alternativa de coagulantes naturales” con el objetivo de proponer sustitutos a los coagulantes artificiales como el sulfato de aluminio por coagulantes naturales obtenidos de productos como la moringa y el haba. La metodología usada fueron diferentes ensayos de laboratorio como: el test de jarras, ensayo de probeta y medición de parámetros de pH, conductividad y turbidez. Se comparó un coagulante artificial que fue el sulfato de alumbre y coagulantes naturales como la moringa y el haba, estos productos antes de ser usados como coagulantes primero deben ser molidos, macerados y tamizados, luego son utilizados agregándolos directamente al agua, para el haba se utilizó 6 y 9 gr. en 1000 ml de agua, para la moringa se utilizó 5 gr. en 1000 ml de agua y los dos coagulantes juntos se utilizó una concentración de 6gr. en 1000ml de agua, el agua utilizada fue del lago Tota ubicado en Boyaca. Con esta investigación se concluyó que la moringa ofrece una eficiencia del 70%, pero por sí sola no logra cumplir con los estándares requeridos por lo que no podría ser utilizada a gran escala, también que el coagulante obtenido de las semillas de haba necesita ser tamizada y puesta en solución con agua destilada para poder observar mejor el resultado, finalmente se dio a conocer que la moringa es más eficiente que el haba como coagulante natural. Esta investigación permite que la comunidad científica y estudiantil logre identificar una problemática y solución a la misma, optando por soluciones no convencionales como bio-coagulantes en el tratamiento de aguas.

Martínez-Orjuela et al. (2020) realizaron una investigación titulada “Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal” el objetivo fue el análisis de la turbiedad del agua como parámetro indicador del proceso de potabilización del agua. La metodología usó un nivel correlacional entre turbidez y parámetros de color, conductividad eléctrica, pH, alcalinidad, coliformes totales y fecales. Se tomaron muestras y pruebas al afluente y efluente para determinar la calidad del agua, haciendo uso del coeficiente de Pearson se calculó los coeficientes de correlación dando como conclusión que existe una significativa correlación lineal positiva entre la turbidez y coliformes fecales ( $r=0,70$ ), coliformes totales ( $r=0,40$ ) y color aparente ( $r=0,40$ ). También se determinó que la turbidez del efluente sufre un aumento en temporadas de precipitación, entre marzo y mayo, los valores suben de 50 UNT hasta 282 UNT. La investigación tiene un aporte en cuanto a referencia para el uso de fuentes de agua con calidad similar en donde se debe tener en cuenta el factor de turbidez para el estudio del agua para consumo humano.

Gandiwa et al. (2020) en el desarrollo de su investigación “Optimisation of using a blend of plant based natural and synthetic coagulants for water treatment” busca realizar una comparación de lo eficaz que es mezclar coagulantes naturales vegetales. El método usado fue la extracción de extractos de cactus *Opuntia* y *Moringa oleífera* y sulfato de alumbre (coagulante sintético), en el tratamiento de agua cruda. Para medir la efectividad del coagulante se evaluaron parámetros de turbidez, pH, alcalinidad total y conductividad. Se aplicó el diseño experimental simple usando un software que logró obtener la mezcla óptima de los coagulantes. Los resultados de la optimización mostraron que una combinación de Cactus *Opuntia*, *Moringa oleífera* y sulfato de alumbre, en proporciones de 44.4%, 42.6% y 13% respectivamente con un total de 45 mg/l de dosis dio el mejor resultado general, teniendo 2.7 NTU de turbidez, 6.99 de pH, 308  $\mu\text{S}/\text{cm}$  conductividad y 137.7 mg/l de alcalinidad total. Dichos parámetros fisicoquímicos están dentro de los límites requeridos según directrices de la OMS para agua potable. Se concluyó que el sulfato de alumbre se puede mezclar exitosamente con bio-coagulantes para el tratamiento de agua cruda. Esta investigación permite que la comunidad científica y estudiantil logre obtener respuestas a incógnitas o problemáticas, optando por



soluciones no convencionales como coagulantes naturales en el tratamiento de aguas.

Al-Saati et al. (2019) en su artículo de investigación “Statistical modelling of turbidity removal applied to non toxic natural coagulants in water treatment” tuvo como objetivo demostrar la competencia que ambos coagulantes naturales como el cactus *Opuntia spp* y la okra poseen para la eliminación de la turbidez en el tratamiento de agua. La metodología fue realizando un modelo estadístico de remoción de turbidez aplicando coagulantes naturales que no fueran tóxicos en el tratamiento de aguas, en un caso de estudio, primero se identificaron dos coagulantes que crecen abundantemente en diferentes países como el cactus (*Opuntia spp.*) y okra, este estudio se dio en el Eufrates, se interpretaron y probaron seis modelo estadísticos que concluyeron en dos hechos, el primero fue que controlando el óptimo floculador-velocidad-gradiente del proceso de coagulación-floculación dio la relación de contribución más alta de los modelos, el segundo hecho fue que el parámetro ambiental más significativo fue el de la turbidez inicial, esto se comprobó para los dos coagulantes naturales en estudio, también se destacó que el okra puede lograr una máxima eliminación de turbidez a un pH de 8 para un nivel de turbidez medio de 150 NTU y a un pH de 7 para niveles más altos de turbidez. Es por ello que se concluyó que los dos coagulantes naturales tienen propiedades de coagulación-floculación similares y fueron eficaces para eliminar la turbidez. La investigación aporta bases teóricas para el mejoramiento de la metodología del uso de coagulantes naturales.

Saleem y Bachmann (2019) en su artículo “A contemporary review on plant-based coagulants for applications in water treatment” tiene como objetivo realizar una revisión teórica contemporánea sobre los coagulantes de origen vegetal que se usan para el tratamiento de agua. La metodología usada fue la revisión documental y teórica donde se realizó ensayos a gran escala, destacando los efectos de los coagulantes a base de plantas en físico-bioquímica, propiedades del agua cruda y restricciones de comercialización. Los resultados mostraron que las plantas de origen vegetal son usadas desde hace mucho tiempo en la historia como coagulantes naturales para la clarificación de aguas, estos tienen valores de remoción casi igual a los coagulantes convencionales como el cloruro férrico o el

sulfato de aluminio que son usados en el tratamiento de potabilización de agua, pero no son sostenibles de materia prima para su producción y tienen efectos negativos para el medio ambiente y la salud de los humanos. Mientras que los coagulantes naturales se obtienen principalmente de bacterias, hongos, animales y vegetales y se clasifican en aminopolisacáridos, polisacáridos, polifenoles a base de proteínas, estas sustancias coagulantes son extraídos de *Strychnos potatorum* linn, *Trigonella foenum graecum*, *Moringa oleífera*, *Plantago ovada* y *Opuntia ficus indica*, estos poseen polímeros orgánicos y polielectrolitos que se clasifican como coagulantes catiónicos, aniónicos y no iónicos, todos ellos son posibles sustitutos de los productos químicos. La investigación tuvo un aporte a nivel teórico, realizando una recopilación de estudios los cuales ayudan a mejorar y refinar el conocimiento sobre el uso de coagulantes naturales de origen vegetal que tienen un nivel alto en cuanto a remoción de la turbidez en el agua.

Aguirre et al. (2018) realizó un estudio sobre la búsqueda de alternativas mediante sustancias naturales para tratar el agua del río Magdalena en Palermo, Colombia. El objetivo fue analizar diferentes sustancias naturales entre ellas el Maíz, Neem, Moringa y Cactus para tratar las aguas del río Magdalena que tienen como finalidad el consumo en las comunidades de Palermo en Colombia. El método de investigación fue hallar la dosis óptima de los bio-coagulantes por medio de la prueba de jarras, también se determinó el tiempo y velocidad de floculación. Los resultados mostraron que Moringa ( $2\text{g L}^{-1}$ ) disminuyó en 96.8% la turbidez y 97.8% el color, el Neem ( $0.8\text{g L}^{-1}$ ) redujo coliformes totales en un 99.4% y coliformes fecales en un 99.2%, mientras que el maíz ( $2.5\text{g L}^{-1}$ ) redujo los coliformes totales en 94.4%, usando el tratamiento de *Opuntia ficus-indica* hubo una reducción de 67% en coliformes totales y en coliformes fecales 90%. Por lo cual se concluyó que usar alternativas naturales como coagulantes a partir de la *Moringa*, *A. indica*, *Z. mays*, y *Opuntia ficus-indica* son realmente efectivas para remover turbidez y color del agua del río Magdalena y ninguna de estas especies utilizadas logró alterar el pH del agua de forma significativa, es por ello que usar alternativas naturales para el tratamiento del agua resulta ser una alternativa económicamente viable y sostenible ambientalmente, por lo cual la utilización de dichos materiales vegetales posibilitan una opción para nuevas alternativas en el tratamiento del agua para

mejorar la calidad y lograr potabilizarla, así contar con una fuente hídrica que pueda ser sustentable para el consumo humano de poblaciones aledañas al río Magdalena. La investigación tiene contribuciones teóricas para el mejoramiento de la metodología del uso de coagulantes naturales.

García-Fayos, Arnal y Sancho (2018) en su investigación titulada “Natural coagulants: analysis of potential use for drinking water treatment in developed and developing countries”. El objetivo de la investigación fue realizar un análisis sobre el uso potencial de coagulantes naturales para el tratamiento del agua potable en países desarrollados y en desarrollo, ya que para consumir un agua de calidad esta debe tener un previo tratamiento que consta de la filtración, coagulación-floculación, sedimentación y desinfección, en el proceso de coagulación muchas veces se utilizan coagulantes químicos que son de naturaleza sintética, por lo que presentan un alto costo, difícil acceso en algunas áreas y además estos coagulantes en algunos países son restringidos por los posibles efectos tóxicos y la peligrosidad de los restos del producto en el agua tratada es por ellos que este análisis concluye que el uso de coagulantes naturales da seguridad por la biodegradabilidad de los mismos, estos se convierten en sí en un coagulantes adecuados para tratar y potabilizar el agua. La investigación tuvo un aporte a nivel teórico, realizando una recopilación de estudios los cuales ayudan a mejorar y refinar el conocimiento sobre el uso de biocoagulantes naturales en cuanto a remoción de la turbidez en el agua.

Bouaouine et al. (2018) en su artículo de investigación titulado “Identification of functional groups of *Opuntia ficus-indica* involved in coagulation process after its active part extraction”. Los objetivos de este estudio fueron, proporcionar más información sobre los componentes activos de *Opuntia spp.* y mejorar las condiciones de extracción y uso de las moléculas floculantes para el tratamiento de aguas. Se utilizó un enfoque clásico mediante experimentos de prueba de jarra con material crudo y extraído por solubilización y precipitación. Los resultados mostraron que el valor óptimo de pH para un proceso de coagulación-floculación usando material sólido del nopal fue de 10.0 y una tasa de procesamiento de 35 mg L<sup>-1</sup>. El pH alcalino de la floculación sugiere un mecanismo de adsorción con efecto puente entre partículas por moléculas extraídas solubles en agua, se verificó la gran propiedad floculante de este extracto dando como responsables a la lignina y al

tanino. La investigación tiene contribuciones teóricas para el mejoramiento de la metodología del uso de coagulantes naturales y los activos de la *Opuntia ficus* que son responsables del proceso de coagulación.

Jayalakshmi, Saritha y Dwarapureddi (2017) en su artículo de investigación denominado “A review on native plant based coagulants for water purification”, realizaron una revisión de los coagulantes a base de plantas nativas. El objetivo principal identificar plantas nativas que se puedan utilizar en la purificación de agua para el consumo humano. La metodología usada fue la revisión documental y bibliográfica para conocer los coagulantes naturales usados para el tratamiento del agua. Los resultados de la investigación mostraron que las plantas más usadas para la extracción de coagulantes naturales y que presentan mejores resultados en la clarificación del agua son: *Moringa oleifera*, *Vigna anguiculata*, *Opuntia spp.*, *Opuntia ficus-indica*, *Prosopis laevigata*, *Opuntia dillenii*, entre otros. La investigación concluye que los coagulantes naturales traen consigo las ventajas de ser de bajo costo, son nativos y eficientes para el tratamiento y clarificación de aguas. En esta revisión nos han presentado coagulantes naturales cuya disponibilidad es innata, su eficiencia también es presentada para que puedan ser considerados para estudios posteriores.

Consecuentemente Sunita y Sonal (2014) en su artículo “Use of Tannin based natural coagulants for wáter treatment: An alternative to inorganic chemicals” tuvo como objetivo la incorporación de coagulantes naturales para sustituir productos químicos inorgánicos. La metodología fue usar taninos que se encuentran en hojas, frutos, raíces y cortezas de árboles, estos productos naturales presentan características coagulantes, en su investigación examinaron la planta *Acacia catechu* obteniendo de ella material en polvo de la corteza, esta se utilizó para probar la tasa de coagulación y dosis, midiendo la turbidez y propiedades fisicoquímicas de la muestra de agua superficial antes y después de la evaluación, así se realizó la prueba de jarras usando un medidor de turbidez y un medidor digital de pH, mientras que los sólidos totales en suspensión se analizaron mediante el método gravimétrico, el experimento se realizó con dosis de coagulante de 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 y 5.0 mL con intervalo de 1 mL en cada muestra de agua, dando como resultado que el polvo de *Acacia catechu* logra eliminar en un 91% la turbidez en la

dosificación óptima de 3.0 mL/L. Así también este compuesto natural de polvo de *Acacia catechu* puede lograr eliminar sólidos totales disueltos en un 57.3%. Por lo cual se concluyó que el coagulante natural de *Acacia catechu* presenta un alto nivel de coagulante para la remoción de turbidez y sólidos totales disueltos, siendo este coagulante apto para sustituir a coagulantes químicos inorgánicos. La investigación tiene contribuciones teóricas para el mejoramiento de la metodología del uso de coagulantes naturales.

Muthuraman y Sasikala (2014) en su investigación "Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants" buscaron determinar la capacidad de tres materiales vegetales de la *Moringa oleifera*, *Phaseolus vulgaris* y *Strychnos potatorum* como agentes naturales de coagulación. Se usó agua turbia sintética formulada para parecerse al agua potable, también se usó un método alternativo y mejorado para la extracción del agente de coagulante activo *M.oleifera*, *P. vulgaris*, *S. potatorum* semillas fue desarrollado y comparado con el agua convencional, en el nuevo método las semillas se extrajeron usando diferentes solventes de NaCl y NaOH para extraer el agente coagulante activo de los coagulantes naturales. Los experimentos de coagulación lograron mostrar el desempeño del coagulante extraído, dando como resultado la eliminación óptima de la turbidez a diferentes valores de la turbidez inicial sintética de las aguas. El estudio se realizó para la turbidez inicial de la muestra como 100 NTU (baja), 250 NTU (media) y 500 NTU (alta). Para ello se encontró que la dosis de coagulante natural era de 250 a 1000 mg/l, respectivamente. Concluyendo que la *M. oleifera* es la planta que presenta la mayor remoción de turbidez. La investigación tuvo un aporte a nivel teórico y metodológico ayudando a mejorar el conocimiento sobre el uso de coagulantes naturales y dosificación según el nivel de turbiedad en aguas.

Consecuentemente Villabona, Paz y Martínez (2013) en su artículo donde se caracteriza a la Tuna (*Opuntia ficus-indica*) como un coagulante natural, en esta investigación se logra caracterizar el tallo de la Tuna asimismo el polvo que se obtiene de la misma con el objetivo de conocer el poder coagulante de esta planta, para la obtención del polvo la planta pasó por un proceso de corte, pelado, secado, molienda, tamizado y despigmentación dando como resultado que de cada kilo de tuna se obtuvo 65gr. de coagulante, esto debido a que la mayor parte de la planta

está compuesta de humedad. En la investigación se aplicó una prueba de jarras con la muestra que estuvo compuesta de agua cruda obtenida del canal de Dique del puerto Badel en Arjona Bolívar, se determinó una agitación constante de 30 rpm con tres dosis diferentes de coagulante, 50, 75 y 90 mg/l, midiendo color, turbidez y pH, los porcentajes finales fueron comparados con las propiedades iniciales de la muestra, los resultados mostraron que el coagulante natural proveniente de la *Opuntia ficus* es capaz de remover un 70% de turbidez y 50% del color de las aguas crudas sin alterar de forma significativa su pH. La investigación tuvo un aporte a nivel teórico y metodológico mejorando el conocimiento sobre la extracción de coagulante en polvo, la dosificación y la remoción de turbidez y clarificación del agua con un biocoagulante de *Opuntia ficus*.

Según Olivero, Mercado y Montes (2013) en su investigación titulada “Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*” en la cual el objetivo fue remover la turbidez del río Magdalena en Gambota, Colombia, con el uso del biocoagulante a base de *Opuntia ficus*. La metodología usada fue de manera experimental factorial 2K aleatorizado, donde K son los factores evaluados: primero el tipo de coagulante (*Opuntia ficus* y sulfato de aluminio), la velocidad de agitación (100 y 200 RPM) y la dosificación (35 y 40 mg/L). Para evaluar estos factores se realizó el test de jarras con las muestras extraídas del río Magdalena, también se realizó el análisis estadístico ANOVA donde se concluyó que los coagulantes si tuvieron repercusión en el proceso de clarificación, removiendo la turbidez, pero factores como la velocidad de agitación no tuvo una incidencia relevante, realizando la comparación de ambos coagulantes el sulfato de aluminio removió el 99.80% mientras que el mucílago de la *Opuntia ficus* el 93.25%, logrando un buen promedio capaz de sustituir al coagulante químico. La investigación tuvo un aporte a nivel teórico y metodológico ayudando a mejorar el conocimiento sobre el porcentaje de remoción de turbidez de dos coagulantes.

Según Torres y Carpinteyro-Urban (2012) en su investigación denominada “Use of *Prosopis laevigata* seed gum and *Opuntia ficus-indica* mucilage for the treatment of municipal wastewaters by coagulation-flocculation”. Con el objetivo de evaluar el uso de la semilla de la especie *Prosopis laevigata* y el mucílago de la *Opuntia ficus-*

*indica* para el tratamiento de aguas residuales por coagulación-floculación, ya que estas especies producen polímeros con características de capacidad coagulante, la semilla de *Prosopis laevigata* no fue propuesta antes como coagulante, en cambio La *Opuntia ficus* fue propuesta por varios autores para el uso del mucílago como el cladodio entero en polvo. El uso de estos coagulantes da lugar a beneficios ambientales, ya que se deja de lado a los coagulantes químicos y polímeros sintéticos, además los lodos producidos serían en menor cantidad y con mejor biodegradabilidad, también el uso de estos biopolímeros ayudan a las pequeñas comunidades mejorando sus ingresos al producir productos amigables con el medio ambiente. En conclusión, la *Prosopis laevigata* removió el DQO hasta el 90% (pH 10, dosis de 75 mg/L) y de 60% (pH 7, dosis de 50 y 150 mg/L). En el caso del mucílago de *Opuntia ficus* se eliminó el 65% del DQO inicial a (pH 10, dosis de 50 mg/L), estas cifras son muy prometedoras para el tratamiento de aguas residuales con productos amigables con el medio ambiente. La investigación tuvo un aporte a nivel teórico y metodológico ayudando a mejorar el conocimiento sobre el uso de coagulantes naturales y dosificación.

Šćiban et al. (2009) en su artículo "Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn" se buscó evaluar la capacidad de coagulación y las dosis óptimas de semillas de castaña y bellota, la metodología fue usar agua turbia sintética y extraer los componentes activos de las semillas molidas. Se logró demostrar la capacidad de las semillas de varias especies de castaña y bellota como agentes coagulantes naturales, demostrando que todos los extractos investigados poseen capacidades de coagulación y sus cantidades dependen de los valores de pH y turbidez inicial, las semillas de castaña europea y bellota de roble común fueron las más eficientes expresando valores de coagulación altas de entre 80% y 70% respectivamente, en turbiedades de agua bajas y media la dosis más baja usada fue de 0.5 ml/L de coagulante natural. La investigación tuvo un aporte a nivel teórico y metodológico ayudando a mejorar y refinar el conocimiento para futuras investigaciones.

Por otro lado, Miller et al. (2008) en su artículo titulado "Toward Understanding the Efficacy and Mechanism of *Opuntia spp.* as a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment" en donde pretende comprender la eficacia de la

*Opuntia spp.* Como biocoagulante en la aplicación del tratamiento de agua. En este estudio la *Opuntia spp.* y sus propiedades fueron evaluadas por primera vez cuantitativamente para la eliminación de turbidez usando muestras de agua sintética, se usó un modelo de agua turbia usando caolín, partículas de arcilla a pH 10, donde la *Opuntia spp.* Tuvo una reducción de turbidez de un 98%, también se comparó estos valores con la *M. oleifera*, donde la actividad de coagulación de la *Opuntia spp.* fue mayor en aguas básicas, ya que con el modelo de agua turbia que contenía electrolitos de fondo, *Opuntia spp.* operó con más del 98% de eliminación de turbidez con pH 8-10, este rango es altamente eficaz con un pH 10 si la muestra de agua turbia no contendría electrolitos. Los resultados finales mostraron que para obtener una dosis óptima esta varía según aumenta la turbidez inicial. Miller et al. (2008) sostiene que una vez se optimice la aplicación de coagulantes naturales provenientes de plantas fácilmente se podrá disponer como parte del tratamiento, así la tecnología puede ofrecer soluciones prácticas, económicas y apropiadas para producir agua potable en comunidades en desarrollo. La investigación tiene contribuciones teóricas y metodológicas que contribuyen a refinar el conocimiento de la eficacia y los mecanismos del coagulante a base de *Opuntia spp.* para su potencial aplicación a gran escala.

Samame (2019) en su investigación busca determinar la dosis óptima del mucílago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua del río La Leche, para consumo humano. El método a usar fue de diseño cuasi experimental con muestras no probabilística por conveniencia, donde estas se tomaron de un solo punto del río, también se usó el test de jarras para obtener la dosis óptima del coagulante, se utilizó 4 diferentes dosis y se realizó el análisis pre y post tratamiento, los parámetros analizados fueron turbidez, conductividad eléctrica, pH, DQO y DBO, todos ellos fueron comparados con los ECA del agua potable en el Perú. Los resultados de la investigación mostraron que para 800 ml de muestra se debe usar 100 ml del mucílago de la *Opuntia ficus-indica*, usando parámetros de agitación de 150 rpm por 5 min y 20 min de agitación lenta con 20 rpm, dejando reposar la muestra por 2 horas, esta dosis y estos indicadores de operación fueron los óptimos para lograr mejorar la calidad del agua y ajustando los parámetros a los ECA establecidos, logrando una remoción de turbidez de 91.5%. La investigación tiene



contribuciones teóricas y metodológicas que ayudarán a futuros proyectos de investigación para la obtención de dosis óptima usando el coagulante de *Opuntia ficus*.

También Dávila Paredes et al. (2019) realizó una investigación titulada “Efectividad de especies naturales como ayudante de coagulación para la clarificación de aguas turbias en épocas de avenidas en caseríos y centros poblados de Huaraz y Callejon de Huaylas” en el que su objetivo principal fue identificar qué especies naturales ayudan a mejorar la disminuir la turbidez del agua en temporada de avenida en los ríos Llután, Paria y Chucchun, para ello utilizaron la mashua, papa, tara, penca y trigo como coagulantes, estos mediante la prueba de jarras obtuvieron la dosis óptima de 45mg/l a un pH de 7,5 con concentraciones de 5.3%, así fue como lograron remover la turbidez con un valor de eficiencia de 89,9%, para los coagulantes obtenidos de mashua, papa, tara, penca y trigo, removieron el 89% de sólidos disueltos en la tara y un mínimo de 13,5 en el trigo, es así que se demuestra que es importante utilizar coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales en temporada de lluvias para que al potabilizarse puedan ser aptas para el consumo humano. La investigación tiene contribuciones teóricas y metodológicas que contribuyen a refinar el conocimiento en el uso de coagulantes naturales.

Según Choque-Quispe et al. (2018) en su Investigación “Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua” cuyo objetivo buscó evaluar 3 variedades de cactáceas, *Opuntia ficus*, *Neoraimondia arequipensis* y *Echinopsis pachanoi* en el tratamiento de agua residual artificial. Es así que en la investigación se mencionan que el uso de coagulantes químicos en el tratamiento de agua traen desventajas debido a los altos costos en su adquisición, la alta producción de lodo como resultado del uso de los coagulantes químicos y también afecta al agua alterando el pH, así que evaluaron la capacidad floculante de tres especies de cactáceas, de la *Echinopsis pachonal*, *Neoraimondia Arequipensis* y *Opuntia Ficus* para tratar agua residual artificial, se aplicaron las dosis de 1%, 2% y 3% de coagulante en las 3 especies con los tres solventes de agua residual artificial dando como resultado un incremento significativo ( $p\text{-value} < 0.05$ ) para la clarificación y el porcentaje de remoción al aumentar la dosis del coagulante, el pH se incrementó

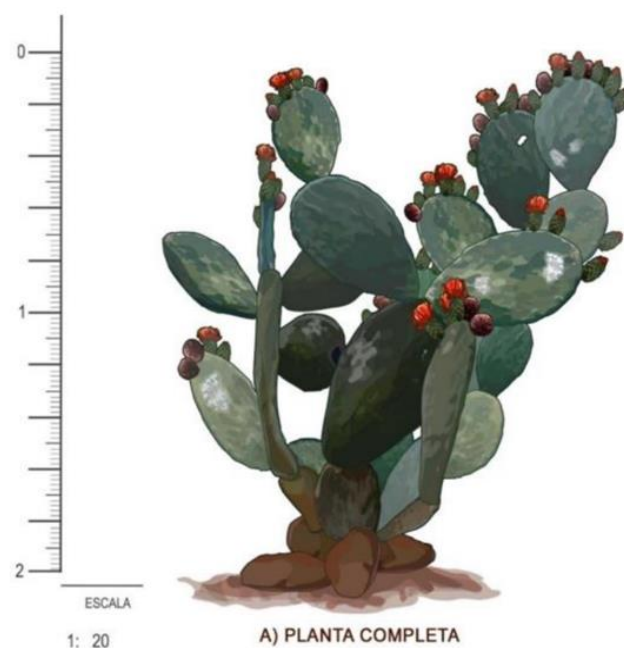
ligeramente de 6.61 a 7.58, mientras que la dureza y la alcalinidad no mostraron diferencia significativa ( $p\text{-value}>0.05$ ), el DBO del agua con coagulante se incrementó con el porcentaje de aplicación. La investigación tiene contribuciones teóricas para el mejoramiento de la metodología del uso de coagulantes naturales.

Según Chulluncuy (2011) en su investigación sobre el “tratamiento de agua para consumo humano” tuvo como objetivo la descripción de los procesos de potabilización del agua, así como la comparación de coagulantes como el sulfato de aluminio y sulfato férrico, también se buscó la dosis óptima mediante la prueba de jarras. Los resultados de la prueba de jarras mostraron que para una turbiedad inicial de 20 NTU con una mezcla rápida de 300 RPM por 3 min y mezcla lenta de 70, 30 y 20 RPM de 6 minutos cada una y un tiempo de sedimentación de 12 minutos, usando el sulfato de aluminio el mejor resultado fue 0,72 ml de coagulante, se obtuvo 18 ppm de coagulación, el tiempo de formación del flóculo se dio a los 80 segundos y la turbiedad residual fue de 0,54 NTU. Mientras que usando el sulfato férrico el mejor resultado fue 1,50 ml de coagulante, se obtuvo 30 ppm de coagulación, el tiempo de formación del flóculo se dio a los 30 segundos y la turbiedad residual fue de 0,84 NTU. Se concluye que ambos coagulantes en dosificaciones diferentes logran cumplir con el resultado deseado, sin embargo el sulfato de aluminio presenta mejores resultados costo-beneficio, ya que se necesita menos coagulante para lograr remover la turbidez requerida, eso comprueba que este coagulante es el más usado y dominante en el mercado, sin embargo si no se controla adecuadamente la dosificación este podría aumentar la concentración de aluminio residual excediendo los LMP (0,2 mg/l) para la calidad de agua potable. La investigación tiene contribuciones teóricas y metodológicas que ayudan a determinar parámetros de control para dosificaciones óptimas con diferentes coagulantes.

### **Características Químicas de la *Opuntia ficus***

#### **La Tuna (*Opuntia ficus-indica*)**

Es una variedad que pertenece a la familia cactácea, normalmente son plantas que se encuentran en lugares cálidos y tierras semiáridas y áridas, pero son adaptables a diferentes climas y altitudes, por ello según el lugar en donde crezcan varía su forma, tamaño y textura. Algunas de ellas pueden medir hasta 5 metros de alto, sus ramas están formadas por cladodios o pencas en forma de areolas y suelen tener un tamaño de entre 30 a 50 cm de ancho y 2cm de espesor. Estas plantas presentan gran cantidad de espinas y a pesar de ser una planta que no requiere mucha agua para vivir, en la mayoría de su estructura se encuentra compuesta de un 90% de agua (Ostolaza, 2014) Figura 1.



Fuente: (Paucara, 2018)

**Figura 1.** *Opuntia ficus-indica*

## **Taxonomía**

La *Opuntia ficus-indica* tiene una taxonomía muy compleja, esto debido a múltiples razones, ya que son plantas que crecen en diferentes condiciones ambientales, en la **Tabla 1** se describe la taxonomía de la planta. Según el Instituto Nacional de

Ecología, hasta la fecha se han precisado 2000 especies y 215 géneros (Reyes-Agüero, Aguirre y Flores, 2005).

**Tabla 1.** *Taxonomía de la Opuntia ficus-indica*

<b>Taxonomía</b>	
Nombre común en Perú	Tuna
Nombre científico	<i>Opuntia ficus-indica</i>
Género	<i>Opuntia ficus-indica</i>
Familia	Cactáceas

Fuente: (Torres, 2019)

### **La tuna (*Opuntia ficus-indica*) en el Perú**

Esta planta cactácea se encuentra distribuida en gran parte del territorio peruano, principalmente en los valles interandinos, la planta es usada en el sector agropastoril en los andes peruanos. El uso más frecuente es el consumo del fruto de esta planta, ya que los pobladores locales lo consumen fresco o también realizan la preparación del fruto en bebidas o mermeladas y muchas veces son comercializadas en el resto del país. En época de sequía los tallos de la Tuna son usados como forraje para el ganado y también al ser una planta espinosa se suele usar como cercos vivos, finalmente al morir la planta es usada como productor de abono orgánico. En el Perú las variedades más predominantes miden alrededor de 1,5 m de altura (Granados y Castañeda, 1991).

Perú es considerado uno de los grandes productores de tuna a nivel mundial, teniendo la mayor concentración de esta planta en el departamento de Ayacucho, contribuyendo entre 85% y 90% de la demanda internacional de este cactáceo (Rodríguez y Pascual, 2004).

Y basado en una gran variedad de investigaciones científicas, en el Perú se está usando el mucílago, en estado líquido o en polvo, como un coagulante natural para el tratamiento de aguas, potable o residual, mejorando la calidad de las mismas, siendo un coagulante que no presenta efectos negativos para la salud (Samame, 2019).

### Composición química del mucílago de la *Opuntia ficus*

Estudios histoquímicos demostraron la gran cantidad de polisacáridos ácidos que contienen las células del mucílago y que estas no contienen proteínas. Según la Tabla 2 el mucílago principalmente está compuesto por oxígeno y carbono en un 51 y 42% respectivamente, y según la Tabla 3 los azúcares se encuentran distribuidas predominando la Arabinosa (Trachtenberg y Mayer, 1981).

**Tabla 2.** *Composición elemental del mucílago de la Opuntia ficus-indica*

Na	Ca	Mg	O	C	H	S	N
-	0.022%	0.013%	51.12%	42.57%	6.31%	-	-

Fuente: (Trachtenberg y Mayer, 1981)

**Tabla 3.** *Azúcares del mucílago de la Opuntia ficus-indica*

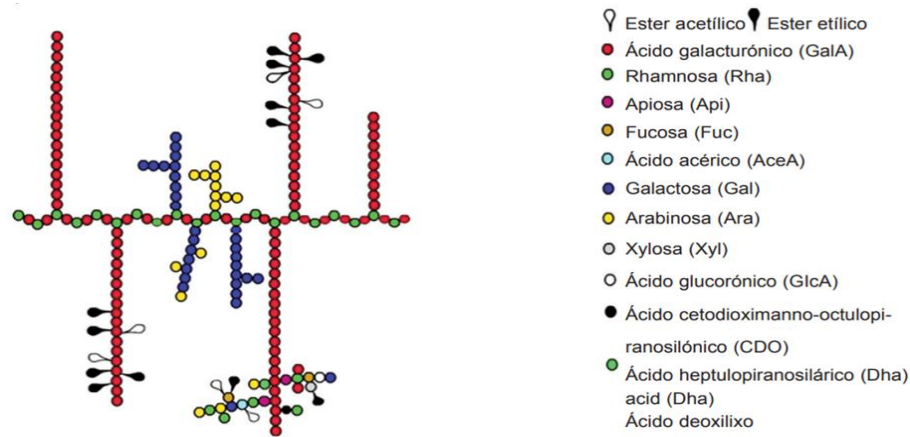
Componente	Porcentaje %
Arabinosa	67.27
Xilosa	20.41
Galactosa	6.27
Ramnosa	5.43

Fuente: (Trachtenberg y Mayer, 1981)

### Pectinas como macromoléculas

La pectina es un polisacárido compuesto por metoxilo, metil esterificado y ácido D-galacturónico, este compuesto se produce a partir de cáscara de diferentes cítricos como mandarina, toronja, naranja, limón, etcétera, así como pulpa de betarraga y melocotón ayuda a lograr la gelificación. Gracias a las múltiples propiedades de este compuesto es utilizado en la industria de cosméticos, farmacéutica y química (Mantilla, 2020).

La pectina gracias a las cadenas formadas por ácido galacturónico, es capaz de formar coloides, esto también gracias a las ramificaciones formadas por polisacáridos como la xiloxa, ramnosa, galactosa entre otros (Chasquibol, Arroyo y Morales, 2008) Figura 2.



Fuente: (Chasquibol, Arroyo y Morales, 2008)

**Figura 2.** Estructura de la pectina

### Mucílago de *Opuntia ficus* como coagulante natural

El mucílago es la baba que se extrae de las pencas de la Tuna, es una sustancia gelatinosa que es un biopolímero con contenido de polisacáridos que son parecidas a las pectinas, esta sustancia permite encapsular y separar sólidos disueltos presentes en el agua (Morejón, 2017).

Según Loza-Cornejo, Terrazas y López-Mata (2012) los azúcares que componen el mucílago como la arabinosa, xiloxa, galactosa y ramnosa, al ser estas sustancias polisacáridos permiten aglutinar sólidos y sustancias presentes en el agua, lo que funcionaría como un coagulante natural.

Existen innumerables estudios realizados para lograr determinar el mejor método de extracción y preparación del coagulante natural a base de *Opuntia ficus*, algunas de las formas de extracción y preparación realizadas son el tamizaje y molienda para la extracción del solvente y obtener un coagulante en polvo, el cual según

estudios no es muy efectivo ya que tiene una coagulación pobre, por ello es que se prefiere usar el mucílago de *Opuntia ficus* en estado líquido (Miller et al., 2008).

### **Eficiencia del *Opuntia ficus* como coagulante natural**

Desde hace muchos años atrás se evidencia el uso de coagulantes naturales para la potabilización del agua. Existen diferentes estudios relacionados a la evaluación de las propiedades coagulantes de la *Opuntia ficus* y su eficaz remoción de sólidos en suspensión que son causantes de la turbidez en el agua, es así que la *Opuntia ficus* tiene una remoción de turbidez de hasta 98% (Miller et al., 2008).

Usar este coagulante natural permite ofrecer una alternativa económica y práctica, logrando producir agua potable en países en desarrollo, si bien es cierto la potabilización del agua incluye procesos como la coagulación, sedimentación, filtración y desinfección, siendo la coagulación un paso fundamental en el tratamiento de agua potable ya que remueve partículas en suspensión y también microorganismos que generalmente se encuentran junto a las partículas, por lo que remover la turbidez ayuda a remover patógenos y mejorar significativamente la calidad del agua y por ende la salud de la población que lo consume (Cáceres y Castiblanco, 2020).

Actualmente existen otras alternativas inorgánicas para la coagulación en el proceso de potabilización del agua, sin embargo, estas sustancias generan consecuencias en la salud humana, producen grandes cantidades de lodos y repercuten en impactos negativos en el ambiente cuando son desechados, por ello es que usar coagulantes naturales es una solución viable para lograr la potabilización del agua, además que la *Opuntia* comúnmente es usada con propósitos medicinales, por ello se descartan efectos negativos en la composición de las aguas tratadas (Cáceres y Castiblanco, 2020).

### **Teoría de coagulación y del coagulante**

#### **Mecanismo de coagulación**

Se denomina coagulación-floculación al proceso en el que las partículas que se encuentran suspendidas en el agua se aglutinan formando masas de diferentes tamaños a los que se llaman flóculos, este proceso de coagulación se utiliza para la remoción de turbidez orgánica e inorgánica presente en el agua, también elimina bacterias, virus y diferentes patógenos que son susceptibles en la separación por coagulación, elimina y destruye algas y plancton y también sustancias que producen olor, sabor y color (Canaza y Mamani, 2020).

La coagulación en la eliminación de turbidez puede darse mediante cuatro mecanismos: a) coagulación por barrido, b) compresión de la doble capa; c) adsorción y unión interpartículas y d) adsorción y neutralización de carga (Miller et al., 2008). Los polímeros asociados a los coagulantes naturales están dentro de los mecanismos (c) y (d) presentado una estructura de cadena larga lo cual logra el incremento de sitios de adsorción desocupados, estos mecanismos son principales para la labor interna de los coagulantes naturales (Chun-Yang, 2010).

### **Etapas de la coagulación**

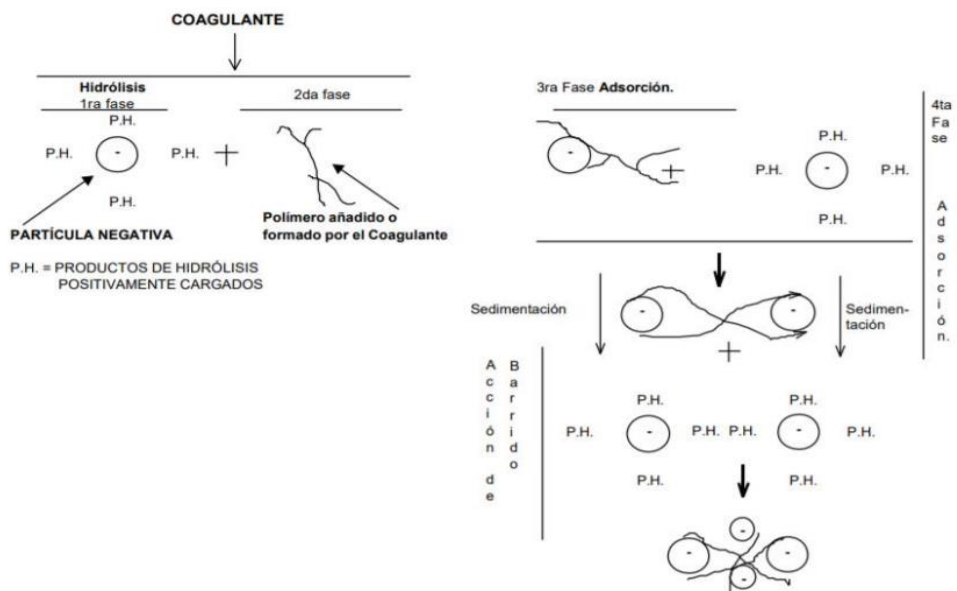
La coagulación es un proceso que se desarrolla en un corto periodo de tiempo, las etapas de este proceso se detallan en la Tabla 4 y Figura 3.

**Tabla 4.** *Etapas de la coagulación*



Etapa	Descripción
Primera	Hidrólisis del coagulante y desestabilización de partículas en suspensión.
Segunda	Formación de compuestos químicos poliméricos.
Tercera	Adsorción de cadenas poliméricas por coloides.
Cuarta	Adsorción mutua de coloides.
Quinta	Acción de barrido.

Fuente: (Inga, 2019)



Fuente: (Inga, 2019)

**Figura 3.** Etapas de la coagulación

## Operadores en el proceso de coagulación

Según Existen factores que influyen el óptimo proceso de coagulación, entre ellos se destacan:

Turbiedad; si la turbiedad es alta la concentración del coagulante debe aumentar, sin embargo, cuando se encuentra una turbiedad demasiado alta el coagulante debe disminuir ya que los coloides podrían colisionar, en caso contrario si la turbidez es muy baja se necesitaría menos coagulante para evitar el choque entre partículas

Tamaño de partículas; cuando las partículas en suspensión son muy grandes es más probable que los flóculos se formen, y si las partículas son muy pequeñas entonces se necesita más coagulante (Domínguez, 2010).

pH; es un factor bastante importante e influyente en el proceso de coagulación, normalmente se maneja un pH de 7.3 a 7.6, si el pH se encuentra fuera de rango entonces la solubilidad del coagulante disminuirá en el agua y se necesitará concentraciones mucho más altas de coagulante, esto ocasionará que los flóculos tomen más tiempo en formarse (Domínguez, 2010).

Temperatura; la diferencia de temperatura en el agua afecta su densidad, las bajas temperaturas en el agua aumentan su viscosidad, lo que provoca que la sedimentación de flóculos se dificulte, por el contrario, si la temperatura del agua aumenta, la energía cinética de las partículas en suspensión se modifica, lo que conlleva a un proceso de coagulación más lento (Flóres y Marlín 2016).

Dosis del coagulante; para obtener la dosis óptima de algún coagulante es necesario realizar el proceso de prueba de jarras, este proceso necesita datos básicos como valores de turbiedad, pH, color y alcalinidad del agua cruda. La prueba de jarras ayuda a delimitar la dosis correcta del coagulante mediante variaciones en las dosis, normalmente se utilizan 6 jarras donde se simula el proceso de coagulación o floculación y la sedimentación, logrando que coloides en suspensión sean eliminados (Navarro, 2015).

Agitación y mezcla; la distribución correcta de un coagulante es determinada por la eficiencia en este proceso, mediante la intensidad y el tiempo de agitación del

coagulante en el agua, logrando que toda la concentración del coagulante sea uniforme en la solución (Acosta, 2006).

### **Prueba de jarras (mezcla rápida, mezcla lenta)**

La prueba de jarras se utiliza para determinar la dosis óptima, la concentración y velocidad de agitación de un coagulante con una muestra de agua en un proceso de coagulación, también la prueba de jarras ayuda a determinar la velocidad y el tiempo de sedimentación de los sólidos suspendidos en la muestra de agua (Torres, 2019).

Es un equipo que se usa a pequeña escala para lograr predecir a gran escala el funcionamiento de una operación, la prueba de jarras ayuda a simular el proceso de coagulación para la eliminación de coloides en suspensión que son responsables de la turbidez en el agua (Torres, 2019).

Mezcla rápida; forma una mayor turbulencia dentro de la jarra que contiene el agua de muestreo, así las partículas que se encuentran en suspensión y al estar en contacto con los reactivos van formando flóculos en un periodo de tiempo más corto. Si no se tuviera una mezcla definida, usualmente se recomienda en la mezcla rápida usar 30 a 100 rpm en 1 a 3 min y de 40 a 60 rpm en 15 a 60 segundos (Acosta, 2006).

Mezcla lenta; en este caso la mezcla no debe superar los 15 minutos de duración, ya que los flóculos podrían destruirse, por eso la mezcla debe estar entre los 3 a 15 min con 20 a 40 rpm, posteriormente esperar aproximadamente 30 min para obtener la sedimentación completa (Acosta, 2006).

### **Agua Cruda**

El agua superficial y subterránea son las fuentes más comunes para la extracción de agua potable, estas aguas normalmente se encuentran en lagos, ríos o presas hechas de forma artificial, sin haber recibido ningún tratamiento. Sin embargo, la calidad de estas aguas se ve afectada por diferentes factores, como los sedimentos suspendidos, los plaguicidas, nutrientes, entre otros, aunque esto no es considerado un problema de mayor alcance, ya que estas aguas pueden ser

sometidas a algún tratamiento para lograr mejorar la calidad de la misma (Montoya et al., 2011).

### **Clarificación del agua**

es un proceso fundamental para la potabilización del agua, la clarificación del agua incluye el proceso de coagulación-floculación, logrando que las partículas en suspensión que se encuentran en el agua cruda se aglomeran formando flóculos de mayor peso que por gravedad se sedimentan, así es cómo ocurre la remoción de estas partículas que son causantes de la turbidez, esto permite que el agua cruda sea apta para el consumo humano, logrando alcanzar los parámetros organolépticos y físicos requeridos según los estándares de salud pública y la normatividad vigente (Rodríguez, García y Muñoz, 2002).

### **Temporada de Avenida en los ríos del Perú**

La temporada de avenidas es el periodo en el cual se registra un incremento en el nivel del agua y caudal de los principales ríos de la vertiente del pacífico y de la vertiente del Titicaca, ocurre principalmente entre los meses de diciembre y abril como consecuencia de la intensificación de las precipitaciones en la zona altoandina (SENAMHI, 2020).

### **Agua de Grifos Domiciliarios en temporada de avenida en el distrito de Pedregal**

El distrito de pedregal se encuentra en las pampas Alta y Baja de Majes, este distrito pertenece a la provincia de Caylloma, de la Región Arequipa, está conformado por diferentes sectores conformado por áreas residenciales, sistema vial, áreas industriales, áreas comerciales, zonas de recreación, etc. (Municipalidad Distrital de Majes, 2013).

El ente encargado de la distribución integral del agua en la Irrigación Majes es la Junta de Usuarios Pampa de Majes, maniobran la infraestructura de la captación del agua compuesta por canales, tuberías, desarenadores y vasos reguladores, así mismo.

Diariamente cumplen con la función de distribuir el agua equitativa y oportunamente a todos los usuarios, el recorrido del agua empieza en la toma de ingreso a la Planta de calidad del agua, luego por el desarenador terminal, sigue por los canales principales y el canal madre, también por los vasos reguladores y finalmente por la válvula de ingreso a las parcelas (Junta de usuarios Pampa de Majes, 2022).

Los vasos reguladores se encargan de almacenar el agua para decantarse diariamente y así poder reducir la turbidez para otorgar a los usuarios el agua con menor rango de partículas, pero durante la temporada de lluvias el agua se torna más turbia, provocando la rápida acumulación de lodos y arcillas por lo que los reservorios deben ser limpiados periódicamente y así mismo, el agua otorgada a los usuarios en esta temporada contiene mayor cantidad de partículas, las cuales no pueden ser sedimentables mediante el uso de los vasos reguladores (Junta de usuarios Pampa de Majes, 2022).

## **Bases conceptuales**

### **Turbidez**

Son las partículas en suspensión que se encuentran en el agua afectando la nitidez de la misma, entre los sólidos presentes se encuentran arcillas, arena, partículas de tierra, fitoplancton y otros materiales que son difíciles de sedimentar. La unidad de medida más usada para la turbidez son las siglas UNT, Unidades Nefelométricas de Turbidez (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013).

### **Sedimentación**

Es el uso de la fuerza de gravedad que hace que las partículas con densidad mayor al del agua desciendan hasta el fondo, este proceso también es conocido como decantación y el proceso es mucho más eficiente cuando las partículas son de tamaño mayor (Arguedas et al., 2016).

### **Conductividad eléctrica**

Es la capacidad de una sustancia acuosa para canalizar corriente eléctrica, esta propiedad de conducir electricidad depende de la temperatura, movilidad, valencia y también de la presencia de iones. Según el sistema internacional de unidades, la

unidad más usada para medir la conductividad eléctrica es el micromhos/cm (Torrelavega, 1996).

### **Potencial de hidrógeno**

Conocido por sus siglas pH, está determinado por la cantidad de iones libre de hidrógeno dentro de una sustancia, la medición del pH es usada a nivel mundial para indicar la acidez de una sustancia. El pH es un factor importante dentro del proceso de potabilización del agua, como la coagulación (Samboni, Carvajal y Escobar, 2007).

## **MARCO LEGAL**

### **Ley general del ambiente (Ley N°28611)**

Artículo 1- Del derecho y deber fundamental: Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

### **DS N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano**

Mediante sus 10 títulos, 81 artículos, 12 disposiciones complementarias, transitorias y finales además de 5 anexos, establece los límites máximos permisibles de la calidad del agua, según parámetros organolépticos, parasitológicos, microbiológicos, orgánicos e inorgánicos y radiactivos, Tabla 5.

**Tabla 5.** Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	$\text{mg L}^{-1}$	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-} \text{ L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4^{-} \text{ L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. Amoniaco	$\text{mg N L}^{-1}$	1,5
12. Hierro	$\text{mg Fe L}^{-1}$	0,3
13. Manganeseo	$\text{mg Mn L}^{-1}$	0,4
14. Aluminio	$\text{mg Al L}^{-1}$	0,2
15. Cobre	$\text{mg Cu L}^{-1}$	2,0
16. Zinc	$\text{mg Zn L}^{-1}$	3,0
17. Sodio	$\text{mg Na L}^{-1}$	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: (DIGESA, 2011)

### Estándares de calidad del agua

Según el MINAM (2017) el ECA es “la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente”. Por ello el ECA del agua no es una unidad de medida de un vertimiento o efluente, si no es el valor que puede determinar la calidad de un cuerpo de agua y por ende el uso que se le puede dar, siempre y cuando no exceda los valores del ECA y no sea riesgosa para el ambiente ni para la salud.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada ya que determinó mediante el conocimiento científico los medios por los cuales cubrir una necesidad específica (CONCYTEC, 2020).

##### Diseño de investigación

Esta investigación tiene un diseño experimental, Hernández Sampieri (2014) menciona que este tipo de investigación posee dos partes, la primera realiza una acción y la segunda es la consecuencia de esta. Por lo tanto, la investigación determina una relación de causa y efecto del uso del biocoagulante en la remoción de turbidez mediante datos y análisis obtenidos en campo y laboratorio, de esta forma se logra validar los resultados aplicando el diseño experimental.

Se aplicó la estadística Paramétrica ya que se utilizaron más de dos tratamientos, es por ello que se realizó un análisis de varianza (Anova), esta es una prueba estadística para determinar si dos grupos tiene diferencia significativa entre sus medias y varianzas (Hernández Sampieri, 2014).

Se aplicó un Diseño Experimental Completamente al Azar (DCA) mediante el software statgraphics, con un factor que fue la dosis del biocoagulante y tres variables respuesta que fueron la turbidez, el pH y la conductividad eléctrica.

Para esta experimentación se tomaron 5 diferentes dosis con 2 repeticiones cada una, dando un total de 15 unidades experimentales, ver Tabla 6 y Tabla 7.

Entre las tablas y gráficos que se usaron para el análisis e interpretación de los resultados, destaca el análisis de varianza o Anova, que según Hernández Sampieri (2014) las pruebas cuantitativas se fundamentan mediante la varianza, por ello es importante tomar en consideración dicho análisis, también se usó la gráfica de medias que logra identificar el mejor tratamiento realizado y la prueba de múltiples



rangos de Tukey para determinar los grupos homogéneos entre los diferentes tratamientos realizados.

**Tabla 6.** *Diseño Experimental al Azar*

<b>Dosis</b>	<b>R0</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>
<b>01</b>	01R0	01R1	01R2
<b>02</b>	02R0	02R1	02R2
<b>03</b>	03R0	03R1	03R2
<b>04</b>	04R0	04R1	04R2
<b>05</b>	05R0	05R1	05R2

Dónde:

Dosis 01: 0 ml/L

R0: Prueba inicial

Dosis 02: 10 ml/L

R1: Primera repetición

Dosis 03: 20 ml/L

R2: Segunda repetición

Dosis 04: 30 ml/L

Dosis 05: 40 ml/L

**Tabla 7.** *Esquema para el análisis de varianza*

<b>Diseño base Factor Categórico Individual</b>	
Nivel de Dosis	5
Repeticiones	2
Variable de respuesta	3
Unidades experimentales	15
Grado de libertad para el error	10

## Nivel de Investigación

El alcance o nivel de la Investigación es explicativo, ya que el estudio no sólo buscó describir fenómenos, también explicar por qué estos ocurren, en qué condiciones se manifiestan y cuál es la causa de que dos o más variables se relacionan entre sí (Hernández Sampieri, 2014).

Enfoque de investigación.

Así mismo el enfoque de esta investigación es de tipo cuantitativo, ya que presenta un conjunto de procedimientos que siguen una secuencia definida y que no puede eludir los pasos (Hernández Sampieri, 2014).

### **3.2. Variables y operacionalización**

Se presenta la operacionalización de variables en la Tabla 8.

Variable dependiente: Remoción de la turbidez del agua

Es un proceso fundamental para la potabilización del agua, la remoción de la turbidez en el agua incluye el proceso de coagulación-floculación, logrando que las partículas en suspensión que se encuentran en el agua cruda se aglomeran formando flóculos de mayor peso que por gravedad se sedimentan, así es cómo ocurre la remoción de estas partículas que son causantes de la turbidez, esto permite que el agua cruda sea apta para el consumo humano, logrando alcanzar los parámetros organolépticos y físicos requeridos según los estándares de salud pública y la normatividad vigente (Rodríguez, García y Muñoz, 2002).

Variable Independiente: Uso del coagulante de *Opuntia ficus*

*Opuntia* es el género más grande dentro de la familia de los cactus y se usa como coagulante natural para el tratamiento de agua potable, varios estudios se han realizado para obtener el mejor método de preparación del coagulante, por ello se prefiere el uso del mucílago en estado líquido por ser más efectivo, las propiedades coagulante de la *Opuntia ficus* logra remover la turbidez y color del agua, siendo una alternativa práctica y económica para la producción de agua potable en países en desarrollo (Wan et al., 2019).

**Tabla 8. Operacionalización de las Variables**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
INDEPENDIENTE Uso del coagulante de <i>Opuntia ficus</i>	<i>Opuntia</i> es el género más grande dentro de la familia de los cactus y se usa como coagulante natural para el tratamiento de agua potable, varios estudios se han realizado para obtener el mejor método de preparación del coagulante, por ello se prefiere el uso del mucilago es estado líquido por ser más efectivo, las propiedades coagulantes de la <i>Opuntia ficus</i> logra remover la turbidez y color del agua, siendo una alternativa práctica y económica para la producción de agua potable en países en desarrollo (Wan et al., 2019).	El uso del coagulante de la <i>Opuntia ficus</i> se medirá teniendo en cuenta la composición química del <i>Opuntia ficus</i> , y los polímeros que son responsables de la coagulación, también se buscará conocer la dosis ideal mediante la prueba de jarras utilizando un agitador digital, también se buscará conocer los parámetros de operación adecuados como el pH óptimo, la velocidad de agitación y el tiempo de sedimentación, para lograr los mejores resultados para la remoción de turbidez del biocoagulante. Estos datos serán registrados con un instrumento de recolección de datos validado.	Composición química de la especie <i>Opuntia ficus</i>	L-Arabinosa	%
				D-Galactosa	
				L-Ramnosa	
				D-Xilosa	
			Dosis óptima	Dosis de 0,10,20,30 y 40 ml/L	ml/L
			Parámetros de operación	pH óptimo.	Valor del pH
Velocidad de agitación.	RPM				
Tiempo de sedimentación	Minutos				
DEPENDIENTE Remoción de la turbidez del agua.	Es un proceso fundamental para la potabilización del agua, la remoción de la turbidez en el agua incluye el proceso de coagulación-floculación, logrando que las partículas en suspensión que se encuentran en el agua cruda se aglomeran formando flóculos de mayor peso que por gravedad se sedimentan, así es cómo ocurre la remoción de estas partículas que son causantes de la turbidez, esto permite que el agua cruda sea apta para el consumo humano, logrando alcanzar los parámetros organolépticos y físicos requeridos según los estándares de salud pública y la normatividad vigente (Rodríguez, García y Muñoz, 2002).	Para conocer si se logró la remoción de turbidez del agua de los grifos domiciliarios se realizará la caracterización mediante un análisis fisicoquímico antes y después de usar el tratamiento de coagulación, estos datos serán comparados con los parámetros obligatorios de Agua de consumo humano establecido por DIGESA y medidos con instrumentos de análisis.	Características del Agua de grifo domiciliario antes y después del tratamiento.(M1 y M2)	Turbidez	UNT
				pH	Valor del pH
				Conductividad Eléctrica	( $\mu$ S/cm)
				Sólidos Disueltos Totales	mg/L
			Eficiencia de remoción de turbidez del biocoagulante	Turbidez inicial	UNT
				Turbidez final	UNT

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población

La población de esta investigación está representada por el agua de los grifos de los 2687 domicilios del distrito de Pedregal, ver Figura 4.

#### Muestra

La muestra de agua fue tomada del sector D-1 Parcela número 27, del distrito de Pedregal, en el departamento de Arequipa, con un volumen de 16 Litros, su cálculo se puede apreciar en la Tabla 9.

**Tabla 9. Cálculo de la muestra**

Evaluación			Repetición	N° Sub-Total de muestra
M1 (muestra sin tratamiento)				1 L
Dosis de biocoagulante	01	0 ml	R0	1 L
			R1	1 L
			R2	1 L
	02	10 ml	R0	1 L
			R1	1 L
			R2	1 L
	03	20 ml	R0	1 L
			R1	1 L
			R2	1 L
	04	30 ml	R0	1 L
			R1	1 L
			R2	1 L
	05	40 ml	R0	1 L
			R1	1 L
			R2	1 L
N° Total de muestra				16 L

## Muestreo

La investigación tuvo un muestreo probabilístico ya que las muestras fueron tomadas de forma aleatoria, todos los elementos de la población tuvieron la misma probabilidad de ser elegidos y medidos (Hernández Sampieri, 2014). El lugar de la toma de muestra fue a criterio del investigador por contar con acceso a la vivienda.



Fuente: (Google Earth, 2022)

**Figura 4.** Visualización satelital del distrito del Pedregal

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

Para la investigación se utilizó la observación como técnica para recolección de datos, ya que al ser una investigación experimental observamos los cambios presentados al manipular las variables.

El instrumento que se utilizó fue una ficha de registro de datos, en esta se registraron todos los cambios observados al manipular las variables, también se usó un cuaderno de campo y una cámara fotográfica.

Las fichas a utilizar son descritas de la siguiente manera, Tabla 10.

**Tabla 10.** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumentos de recolección de datos</b>
Observación	<p><b>Ficha N°1:</b> Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar la calidad del agua antes y después del tratamiento. (Anexo 2).</p> <p><b>Ficha N°2:</b> Ficha de recolección de datos para determinar la caracterización de la <i>Opuntia ficus</i> (Anexo 3).</p> <p><b>Ficha N°3:</b> Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar la dosis óptima (Anexo 4).</p> <p><b>Ficha N°4:</b> Ficha de recolección de datos para determinar el porcentaje de remoción de la turbidez del agua. (Anexo 5).</p>

Para la validación de los instrumentos de recolección de datos de la presente investigación fueron analizados y observados por docentes colegiados especialistas del tema.

### **3.5. Materiales y equipos**

Para determinar los objetivos de la investigación se utilizó los siguientes materiales y equipos.

Protección personal:

- Mascarilla quirúrgica
- Guantes quirúrgicos
- Mandil

Materiales:

- Botellas de primer uso de 1L
- Cooler de 20L de capacidad
- Papel toalla
- Agua destilada
- Pipeta
- Bagueta
- Balanza gramera
- Probeta
- Vasos beaker
- Jarras de plástico
- Colador
- Cuchillo

Equipos:

- Turbidímetro, marca HACH modelo 2100Q
- Multiparámetro marca HACH modelo HQ40d
- Agitador magnético modelo MI0102003
- GPS
- Cámara fotográfica

### 3.6. Procedimiento

#### ETAPA 1 - Toma de muestras de agua cruda

Se tomó la muestra de agua representativa de uno de los grifos domiciliarios del sector D-1 parcela número 27, del distrito de Pedregal, Arequipa, como se observa en la Figura 5. Este procedimiento estuvo sujeto al Protocolo de Procedimiento para la Toma de Muestras para Consumo Humano establecido por el Ministerio de Salud y la DIGESA en la Resolución Directorial N°160-2015.

De acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, se evaluaron los siguientes parámetros de campo: pH, conductividad eléctrica y turbidez, registrando los datos en la Ficha N°1, Anexo 2.



**Figura 5.** Toma de muestras de agua del grifo domiciliario del distrito de Pedregal

#### ETAPA 2 - Análisis de parámetros (turbidez)

La muestra inicial fue trasladada a un laboratorio acreditado por INACAL para la medición de turbidez, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, los resultados de este análisis, descripción y coordenadas del lugar de la toma de muestras mediante un GPS fueron registrados en la Ficha N°1, Anexo 2.



### **ETAPA 3 - Recolección de la *Opuntia ficus***

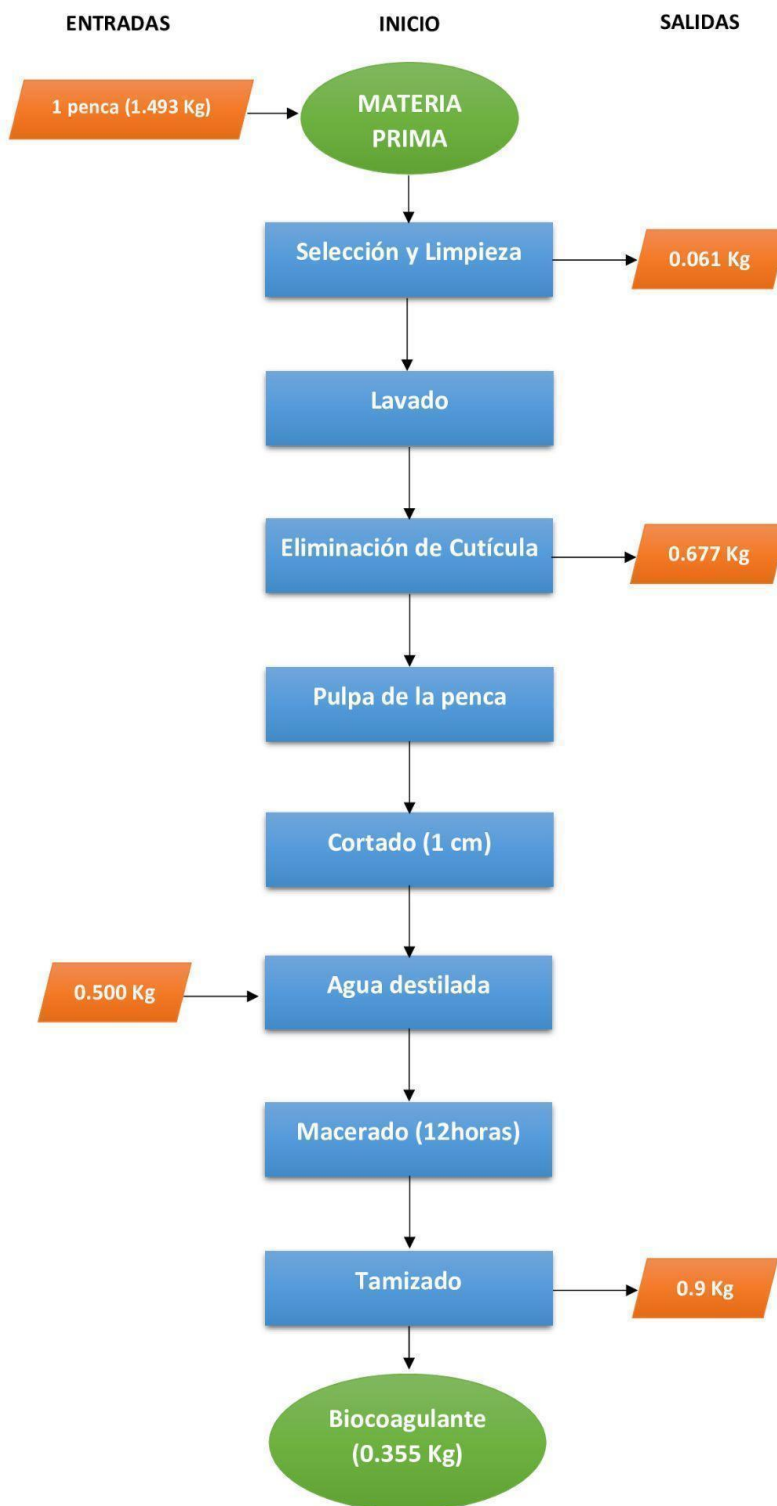
Las plantas de Tuna (*Opuntia ficus*) fueron recolectadas in situ, debido a que la especie es muy abundante y se encuentran en cada parcela, ver Figura 6. Se recolectaron 3 cladodios de tamaño mediano sin daños y de una planta de 1 a 2 años de vida aproximadamente.



**Figura 6.** Recolección de cladodios de la *Opuntia ficus*

### **ETAPA 4 - Elaboración del coagulante de la *Opuntia ficus***

Para la obtención del coagulante se usó el método planteado por Choque-Quispe et al., (2018) es la extracción de mucílago en estado líquido, este proceso se realiza por medio de maceración, a continuación, se describe el proceso para la obtención del biocoagulante y la relación volumétrica en la extracción del mucílago, Figura 7 y Figura 8.



**Figura 7.** Diagrama de flujo del proceso de extracción del biocoagulante y su relación volumétrica

- Materia prima: Se utilizó una penca de tuna de tamaño regular cuyo peso fue de 1.493 Kg.
- Limpieza: Se procedió a retirar las espinas e impurezas, también se removió las partes que se unen al tronco de la planta, este proceso obtuvo una pérdida de 0.061 Kg, obteniendo un cladodio de 1.432 Kg.
- Lavado: La penca de la tuna fue lavada con abundante agua removiendo el resto de impurezas presentes en la cutícula de la planta.
- Eliminación de cutícula: Se procedió a pelar la cáscara de la penca de tuna con mucho cuidado para lograr obtener en gran medida la pulpa de esta, los residuos de este proceso fueron de 0.677 Kg.
- Pulpa de la penca: Se obtuvo 0.755 Kg de pulpa de la penca de tuna.
- Cortado: La pulpa obtenida se trozó en pequeños fragmentos de 1 a 2 cm aproximadamente.
- Agua destilada: Para la obtención del mucílago como biocoagulante se agregó 0.500 Kg de agua destilada cubriendo toda la pulpa de la penca de tuna.
- Macerado: El proceso de maceración fue de 12 horas.
- Tamizado: Posteriormente a la maceración la mezcla fue tamizada y filtrada logrando obtener una sustancia viscosa formada por las sustancias orgánicas de la pulpa de la penca de tuna, este proceso tuvo un residuo de 0.900 Kg.
- Biocoagulante: Después del tamizado y filtración se obtuvo una sustancia viscosa que logra la extracción del mucílago, el cual presenta las propiedades de un coagulante natural, como resultado final se obtuvo un total de 0.355 Kg de biocoagulante listo para ser usado.

### Proceso de elaboración del biocoagulante de *Opuntia ficus*



Penca de tuna o cladodio limpio y sin espinas con un peso total de 1.432 Kg.



Eliminación de cutícula para la obtención de pulpa.

Cortado de la pulpa en trozos de 1 a 2 cm obteniendo un total de 0.845 Kg.



Incorporación de agua destilada para la extracción de mucílago.

Obtención total de 0.355 Kg de mucílago como biocoagulante



**Figura 8.** Proceso de elaboración del biocoagulante de *Opuntia ficus*

## **ETAPA 5 - Determinación de la dosis óptima**

Para determinar la dosis óptima del biocoagulante se utilizó la técnica de la prueba de jarras, utilizando un agitador digital, donde se evaluó el proceso de coagulación-floculación, al ser este un método a escala de laboratorio se pudo determinar el comportamiento del agua estudiada con las diferentes dosificaciones.

Según Samame (2019) se utilizó un rango de agitación rápida de 150 rpm por 5 minutos y lenta de 20 rpm por 20 minutos en una capacidad de 5 jarras de 800 ml c/u. Según Morejón (2017) tuvo resultados adecuados usando 150 rpm por 5 minutos y 20 rpm por 20 minutos en jarras de 500 ml de capacidad.

Los parámetros usados en la prueba de jarras fueron determinados según experiencias pasadas de investigadores cuyas investigaciones proponen resultados similares usando el mismo biocoagulante en el tratamiento de agua de consumo humano (Morejón, 2017).

Para determinar el rango de dosificación a utilizar se realizó en forma preliminar una prueba de agitación con la muestra de agua, para ello se usó vasos de precipitación de 500 ml y se inició con la dosificación más baja y esta fue aumentando hasta obtener resultados visibles en cuanto a la formación de flóculos, sin embargo, al ir aumentando mayor dosificación se pudo notar el efecto contrario, con una mayor turbidez visible.

Por lo tanto, según antecedentes relacionados a la investigación y la prueba preliminar realizada se pudo establecer un rango de dosificación para la prueba de jarras. Determinando 5 diferentes dosis del biocoagulante incluyendo la muestra control, ver Tabla 11.

**Tabla 11. Dosis utilizadas**

<b>Dosis</b>	<b>Unidad</b>
01	0 ml/L
02	10 ml/L
03	20 ml/L
04	30 ml/L
05	40 ml/L

Posteriormente se procedió a realizar la prueba de jarras utilizando un agitador magnético modelo MI0102003 para el control de las revoluciones por minuto, también se usaron 5 jarras que fueron vasos de precipitación de 500 ml de capacidad, ver Figura 9.



**Figura 9.** Agitador magnético modelo MI0102003

Para iniciar con la prueba de jarras, se procedió a llenar cada jarra con 500 ml de la muestra de agua extraída mediante el uso de una probeta graduada.

Usando una pipeta se añadió el biocoagulante en proporciones crecientes según el rango de dosificación establecido.

Se anotó en el instrumento de recolección de datos, Ficha N°2, la cantidad de biocoagulante añadido en cada una de las jarras.

Se procedió a colocar la barra magnética dentro de la primera jarra y operar durante el tiempo establecido, 150 rpm en un periodo de 5 minutos seguido de 20 rpm por 1 minuto, así sucesivamente con todas las jarras.

Posteriormente se anotó el tiempo transcurrido al formarse los primeros flóculos y también el tiempo que transcurrió para que estos sedimenten en el fondo del recipiente.

Se dejó en reposo por un periodo de 30 minutos para que los flóculos terminen de sedimentarse.

Finalmente se filtró el agua clarificada y en la muestra resultante se procedió a realizar las mediciones finales determinando así la turbiedad, pH y conductividad eléctrica, ver Figura 10.



**Figura 10.** Determinación de la dosis óptima

#### **ETAPA 6 - Análisis final de la muestra de agua con tratamiento de coagulación**

Posteriormente al filtrado del agua con el tratamiento del biocoagulante, tomando en consideración dos repeticiones por cada dosis, se procedió a la medición de los parámetros establecidos. Para medir la turbidez se usó un turbidímetro marca HACH modelo 2100Q, también se realizaron las mediciones de pH y conductividad eléctrica con un multiparámetro marca HACH modelo HQ40d, verificando que ambos instrumentos se encuentren debidamente calibrados y acreditados, ver Figura 11.



**Figura 11.** Análisis de parámetros de la prueba de jarras

Posteriormente al determinar la dosis óptima del biocoagulante se procedió a colocar el agua tratada en un envase de polietileno de primer uso la cantidad de 1L y fue trasladado a un laboratorio acreditado por INACAL.

Finalmente, con los resultados finales de laboratorio se analizaron y compararon los resultados de la muestra inicial (M1) y la muestra final (M2), para la determinación de la eficacia de la *Opuntia ficus* como coagulante natural en la remoción de turbidez del agua de grifos domiciliarios en el sector D 1 del distrito de Pedregal, Arequipa.

### **3.7. Método de análisis de datos**

La investigación usó softwares como Microsoft Excel y Statgraphics, los mismos que sirvieron para la presentación de tablas y gráficos con los resultados obtenidos.

Entre las tablas y gráficos que se usaron para el análisis e interpretación de los resultados, destaca el análisis de varianza o Anova, que según Hernández Sampieri (2014) las pruebas cuantitativas se fundamentan mediante la varianza, por ello es



importante tomar en consideración dicho análisis, también se usó la gráfica de medias que logra identificar el mejor tratamiento realizado y la prueba de múltiples rangos de Tukey para determinar los grupos homogéneos entre los diferentes tratamientos realizados.

### **3.8. Aspectos éticos**

La investigación se sometió a un proceso experimental el cual demostró la eficiencia metodológica, los resultados de la investigación son de acceso público para consulta y ser utilizado como precedente de estudios a futuro, es así que los datos de la investigación son reales sin ninguna manipulación.

Así mismo las bases teóricas y metodológicas utilizadas en la investigación fueron obtenidas mediante recopilación bibliográfica según el objetivo del estudio, respetando la autoría, por lo cual la investigación cumple con los principios estipulados en el código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo poniendo énfasis en el artículo 15, el cual busca y promueve el respeto por las personas en su integridad y autonomía, busca el bienestar, justicia, honestidad, rigor científico, competencia profesional y científica con responsabilidad (Resolución de Consejo Universitario N°0126-2017/UCV, 2017).

## IV. RESULTADOS

Se presenta los resultados de la investigación según los objetivos planteados:

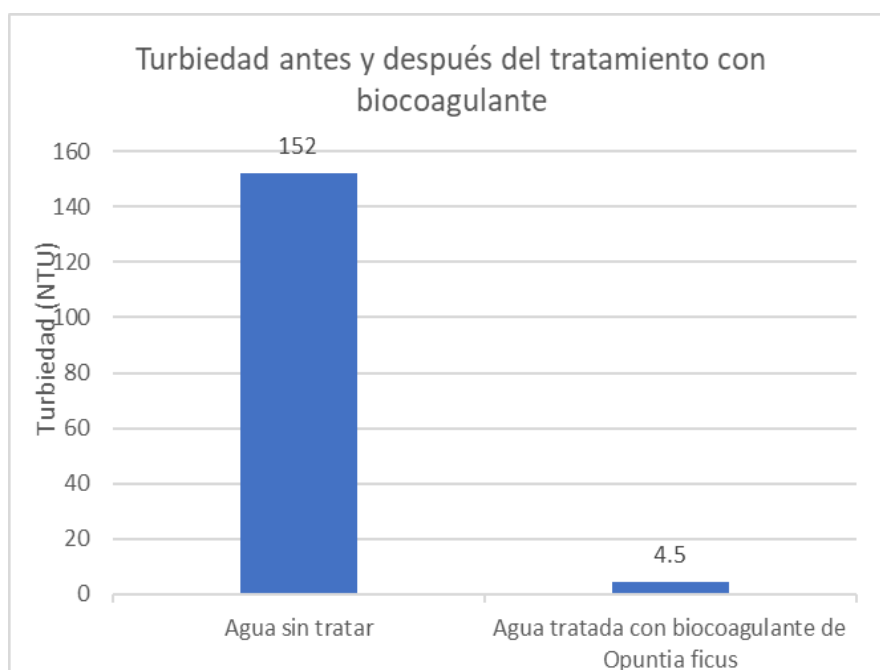
El uso del coagulante de *Opuntia ficus* dio resultados significativos al momento de remover la turbidez del agua, logrando clarificarla significativamente, pasando de un agua que sobrepasa la normativa de Calidad de Agua de Consumo Humano del D.S. 031-2010-SA establecido por DIGESA, con 152 NTU a disminuir hasta llegar a 4.5 NTU, siempre y cuando se utilice la dosificación óptima y se someta a los parámetros adecuados de operación para el proceso de coagulación-floculación, así los resultados finales se encuentran dentro del límite de 5 NTU establecido por la ya mencionada normativa. Ver Tabla 12.

**4.1.** Características fisicoquímicas del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida antes y después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa.

En la Tabla 12 se puede observar la calidad del agua antes y después del tratamiento según sus parámetros físicos. El agua sin tratamiento presenta una turbidez alta y no cumple el reglamento de la calidad del agua para consumo humano, el pH es de 7,64 lo que indica que es un pH neutro y si cumple con la normativa, la conductividad es de 485 cumpliendo con la normativa y los sólidos totales disueltos son de 268 el cual no sobrepasa el LMP de la normativa. La turbidez del agua tratada con biocoagulante es de 4.5 NTU cumpliendo con la normativa (Figura 12), el pH es de 6.75 lo que indica que es neutro, la conductividad es de 587 y cumple con el reglamento y por último los sólidos totales son de 260 el cual cumple con la normativa. Ver Anexo 7 y Anexo 8.

**Tabla 12.** Características fisicoquímicas antes y después del tratamiento con biocoagulante

Parámetro	Agua sin tratamiento (M1)	Agua tratada con biocoagulante de <i>Opuntia ficus</i> (M2)	D.S. 031-2010-S.A
Turbidez (NTU)	152	4.5	5
pH	7.5	6.75	6.5 a 8.5
Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	503	587	1500
Sólidos totales disueltos (mg/L)	268	260	1000



**Figura 12.** Características fisicoquímicas antes y después del tratamiento con biocoagulante

**4.2.** Composición química del biocoagulante de *Opuntia ficus* para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.

En la Tabla 13 se observa el análisis del porcentaje total de azúcares presentes en la muestra del mucílago que se utilizó en la investigación. Los resultados mostraron un valor de <0.5 g/100ml como porcentaje de azúcares totales, Anexo 9.

**Tabla 13.** *Determinación de azúcares totales en la muestra de biocoagulante*

MUESTRA	CANTIDAD DE AZÚCARES TOTALES
Mucílago de <i>Opuntia ficus</i>	<0.5 g/100ml

Según Trachtenberg y Mayer (1981) en 100ml de mucílago de *Opuntia ficus* se encuentran distribuidos los azúcares encargados de la coagulación de la siguiente manera: la Arabinosa con 67.27%; Xilosa con 20.41%; Galactosa con 6.27% y Ramnosa con 5.47%. Tabla 14.

**Tabla 14.** *Azúcares del mucílago de la Opuntia ficus-indica*

COMPONENTES (AZÚCARES)	PORCENTAJE %
Arabinosa	67.27
Xilosa	20.41
Galactosa	6.27
Ramnosa	5.43

Fuente: (Trachtenberg y Mayer, 1981)

**4.3.** Dosis óptima del biocoagulante de *Opuntia ficus* para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.

En la Tabla 15 se muestran los valores encontrados mediante los análisis para identificar la dosis ideal, según el reglamento de la calidad de agua para consumo humano el LMP de turbidez es 5 NTU, siendo 20ml/L la dosis ideal. Ver anexo 10.

**Tabla 15.** Tabla de valores de los parámetros analizados para determinar la dosis óptima.

RECOLECCIÓN DE DATOS					
<i>Repetición</i>	<i>Jarra N°</i>	<i>Dosis (ml/L) Biocoagulante</i>	<i>Turbidez (NTU)</i>	<i>pH</i>	<i>Conductividad eléctrica (uS/cm)</i>
<i>R0 (Prueba inicial)</i>	1	0	35.9	7.31	473
	2	10	6.42	6.66	544
	3	20	4.98	6.71	600
	4	30	25.9	6.73	695
	5	40	32.6	6.72	761
<i>R1 (Primera repetición)</i>	1	0	37.8	7.89	489
	2	10	5.46	7.0	542
	3	20	4.58	6.89	623
	4	30	22.9	6.83	699
	5	40	31.0	6.87	790
<i>R2 (Segunda repetición)</i>	1	0	42.2	7.64	485
	2	10	6.85	7.07	545
	3	20	4.98	6.67	635
	4	30	28.3	6.53	693
	5	40	37.6	6.45	766

## Turbidez

Utilizando un agitador digital se logró conocer la dosificación correcta del biocoagulate del *Opuntia ficus* en las dosificaciones de 0 ml/L, 10 ml/L, 20 ml/L, 30 ml/L y 40 ml/L en las muestras del agua de grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D 1 del distrito de Pedregal, junto a las 2 repeticiones realizadas dieron como resultado en el análisis de varianza para la turbidez (Tabla 16), donde la razón-F es igual a 120.59 dando como valor-P un número menor que 0.05, mostrando de esa forma diferencia significativa entre la media de las diferentes dosificaciones de biocoagulante y la turbidez del agua.

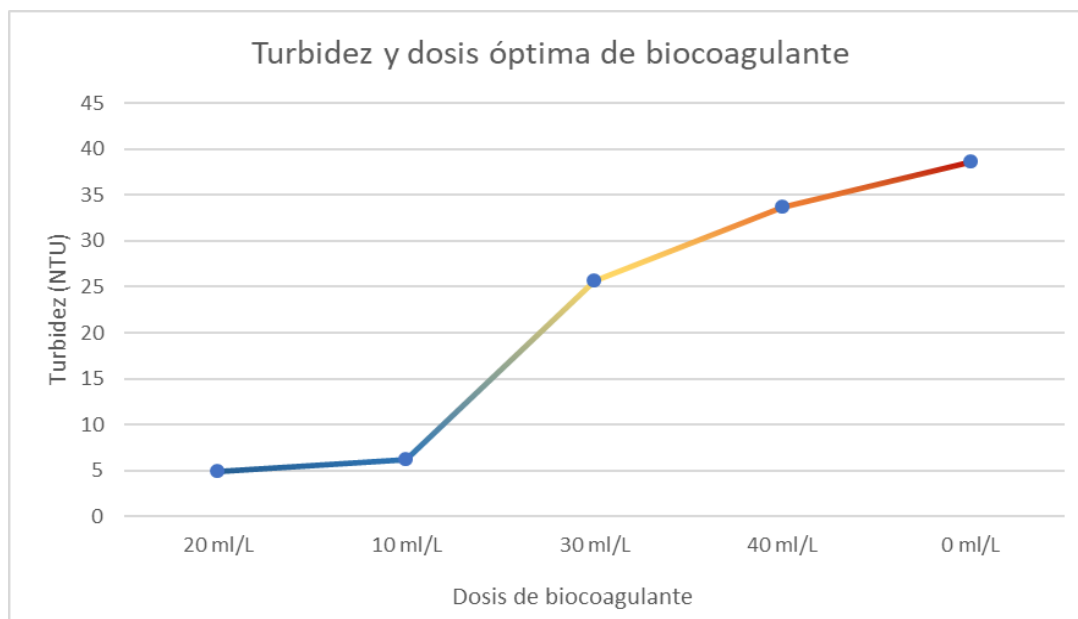
**Tabla 16.** Análisis de varianza para turbidez por dosis de biocoagulante

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2911.19	4	727.797	120.59	0.0000
Intra grupos	60.3529	10	6.03529		
Total (Corr.)	2971.54	14			

Existiendo diferencia significativa entre las dosificaciones de biocoagulante a partir del mucílago de tuna y según la prueba de Múltiples Rangos con un 95.0% de confianza, se detectó tres rangos diferentes, el primero a las dosificaciones de 20 ml/L y 10 ml/L de biocoagulante con 4.84 y 6.24 NTU; el segundo a la dosificación de 30 ml/L de biocoagulante con 25.7 NTU y el tercero a las dosificaciones de 40 ml/L y 0 ml/L de biocoagulante con 33.73 y 38.63 NTU, respectivamente, (Tabla 17 y Figura13).

**Tabla 17.** Prueba de múltiples rangos para turbidez por dosis de biocoagulante

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD			
Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
20	3	4.84667	X
10	3	6.24333	X
30	3	25.7	X
40	3	33.7333	X
0	3	38.6333	X



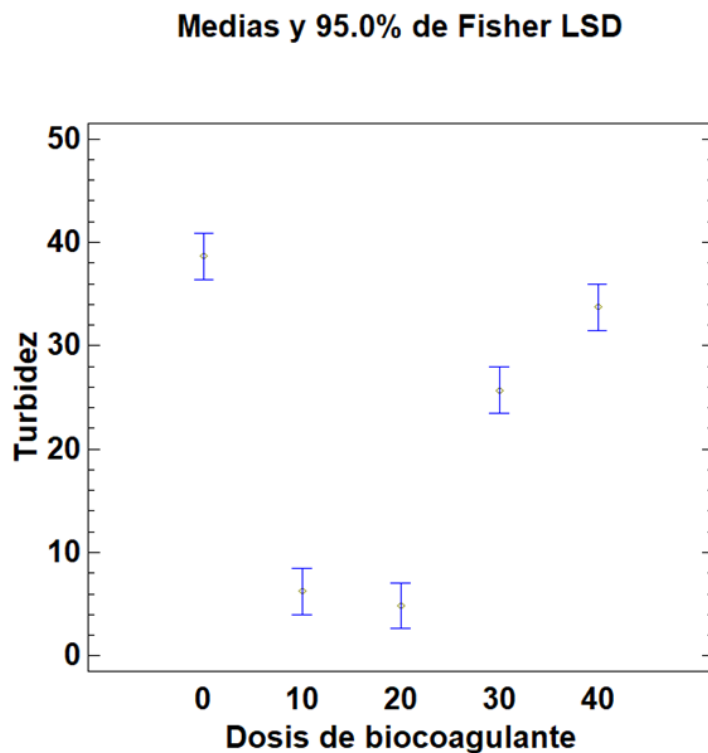
**Figura 13.** Prueba de múltiples rangos para turbidez por dosis de biocoagulante

Según la Tabla 18 sobre las medias para la turbidez por las diferentes dosificaciones de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0% se puede observar los 5 niveles de dosificaciones cada uno con una corrida y dos repeticiones, dando un total de 3 casos para cada una de ellas, es así que la media de cada nivel es el siguiente: para la dosis de 0 ml/L la turbidez fue de 38.63 NTU; para la dosis de 10 ml/L la turbidez fue de 6.24 NTU; para 20 ml/L la turbidez fue de 4.84 NTU; para 30 ml/L la turbidez fue 25.7 NTU y finalmente para 40 ml/L la turbidez fue de 33.73 NTU.

**Tabla 18.** Tabla de medias para la turbidez por dosis de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0%

			<i>Error Est.</i>		
<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>(s agrupada)</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
0	3	38.6333	1.41837	36.3986	40.868
10	3	6.24333	1.41837	4.00865	8.47802
20	3	4.84667	1.41837	2.61198	7.08135
30	3	25.7	1.41837	23.4653	27.9347
40	3	33.7333	1.41837	31.4986	35.968
Total	15	21.8313			

Según el gráfico de medias y del 95 % de Fisher LSD se observa estadísticamente tres grupos diferentes según las diferentes dosificaciones del biocoagulante, entre el primer grupo se encuentran las dosificaciones de 10 y 20 ml/L que no tienen diferencia significativa, ambas presentan resultados similares con una clara disminución de turbidez en el agua; el segundo grupo es la dosificación de 30 ml/L la cual si presenta diferencia significativa entre las demás dosificaciones; por último el tercer grupo con las dosificaciones de 40 y 0 ml/L que estadísticamente y según el gráfico los bordes de estos si se llegan a conectarse por lo cual presentan resultados similares sin tener mayor diferencia (Ver Figura 14).



**Figura 14.** Medias para la turbidez por dosis de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0%



## pH

La aplicación de biocoagulante del *Opuntia ficus* en las dosificaciones de 0 ml/L, 10 ml/L, 20 ml/L, 30 ml/L y 40 ml/L en las muestras del agua de grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D1 del distrito de Pedregal, junto a las 2 repeticiones realizadas dieron como resultado en el análisis de varianza para el pH (Tabla 19), que la razón-F es igual a 10.71 dando como valor-P un número menor que 0.05, por lo tanto existe una diferencia significativa entre la media de las diferentes dosificaciones de biocoagulante y el pH del agua.

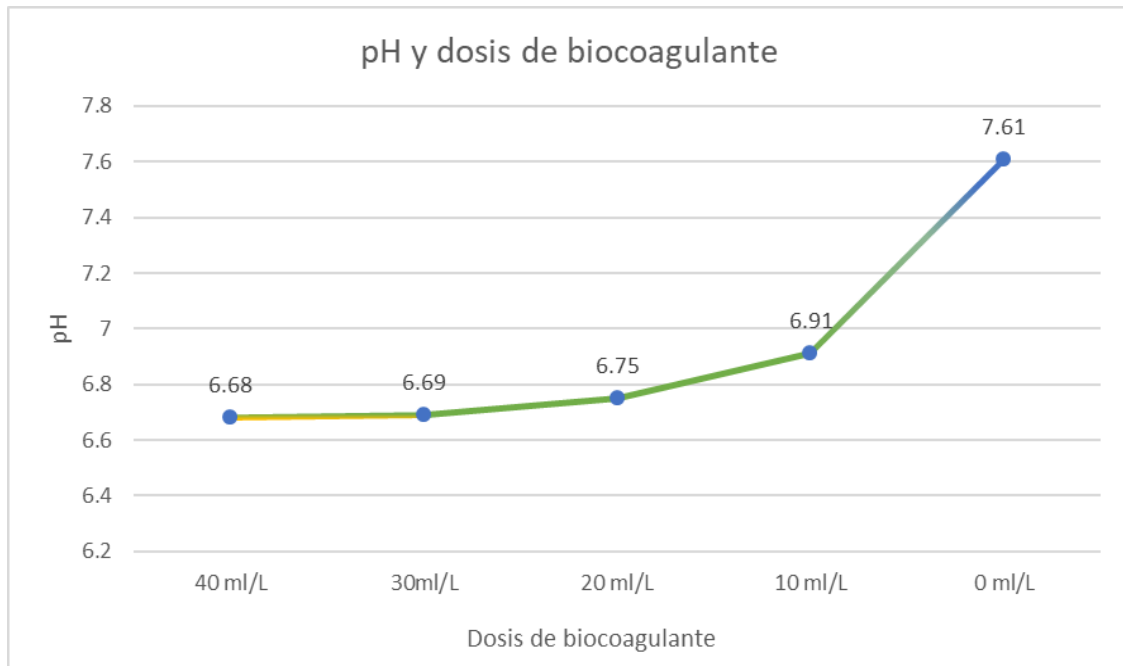
**Tabla 19.** Análisis de varianza para pH por dosis de biocoagulante

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.84297	4	0.460743	10.71	0.0012
Intra grupos	0.4302	10	0.04302		
Total (Corr.)	2.27317	14			

Según la prueba de Múltiples Rangos con un 95.0% de confianza, se detectó dos rangos diferentes, el primero a las dosificaciones de 40 ml/L, 30 ml/L, 20 ml/L y 10 ml/L de biocoagulante con 6.68, 6.69, 6.75 y 6.91; de esta forma los tratamientos de 10 ml/L y 20 ml/L mantienen su neutralidad, mientras que las dosificaciones de 30 ml/L y 40 ml/L tienden a acidificar el agua; el segundo rango a la dosificación es de 0 ml/L de biocoagulante con 7.61 haciendo el agua sin tratamiento ligeramente alcalino (Tabla 20 y Figura15).

**Tabla 20.** Prueba de múltiples rangos para pH por dosis de biocoagulante

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD			
Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
40	3	6.68	X
30	3	6.69667	X
20	3	6.75667	X
10	3	6.91	X
0	3	7.61333	X



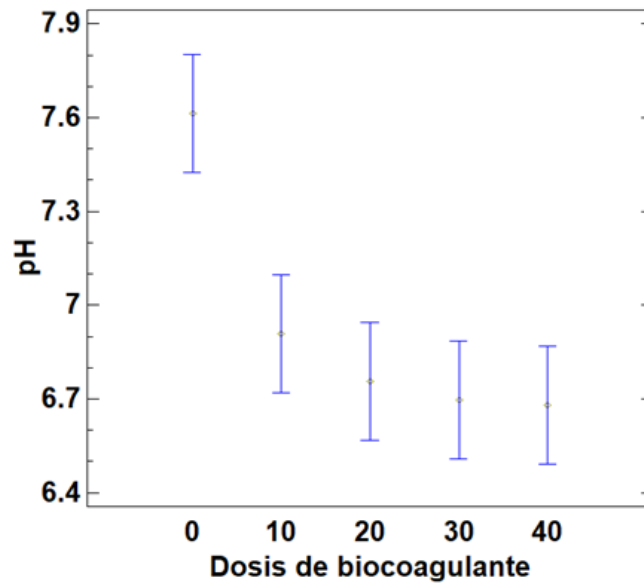
**Figura 15.** Prueba de múltiples rangos para pH por dosis de biocoagulante

Existiendo dos grupos de rangos diferentes y según la gráfica de medias y del 95% de Fisher LSD se observa estadísticamente la diferencia entre dos grupos, el primero a la muestra control con 0 ml/L de biocoagulante con un pH de 7.61 ligeramente alcalino; el segundo grupo de rangos comprenden las dosificaciones de 10, 20, 30 y 40 ml/L con pH de 6.91, 6.75, 6.69 y 6.68 que estadísticamente y según el gráfico los bordes de estos se conectan por lo cual presentan resultados similares sin tener mayor cambio o diferencia (Tabla 21 y Figura 16).

**Tabla 21.** Tabla de medias para pH por dosis de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0%

Nivel	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
0	3	7.61333	0.11975	7.42466	7.802
10	3	6.91	0.11975	6.72133	7.09867
20	3	6.75667	0.11975	6.568	6.94534
30	3	6.69667	0.11975	6.508	6.88534
40	3	6.68	0.11975	6.49133	6.86867
Total	15	6.93133			

**Medias y 95.0% de Fisher LSD**



**Figura 16.** Medias para pH por dosis de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0%

### Conductividad eléctrica

Los resultados de la aplicación de las diferentes dosificaciones de biocoagulante de *Opuntia ficus* en las muestras de agua, mostraron que el análisis de la varianza en la conductividad eléctrica tiene una razón-F de 138.53 y un valor-P menor que 0.05 por lo que existe una diferencia significativa entre los valores de conductividad eléctrica en las diferentes dosificaciones de biocoagulante (ver Tabla 22).

**Tabla 22.** Análisis de varianza para conductividad eléctrica por dosis de biocoagulante

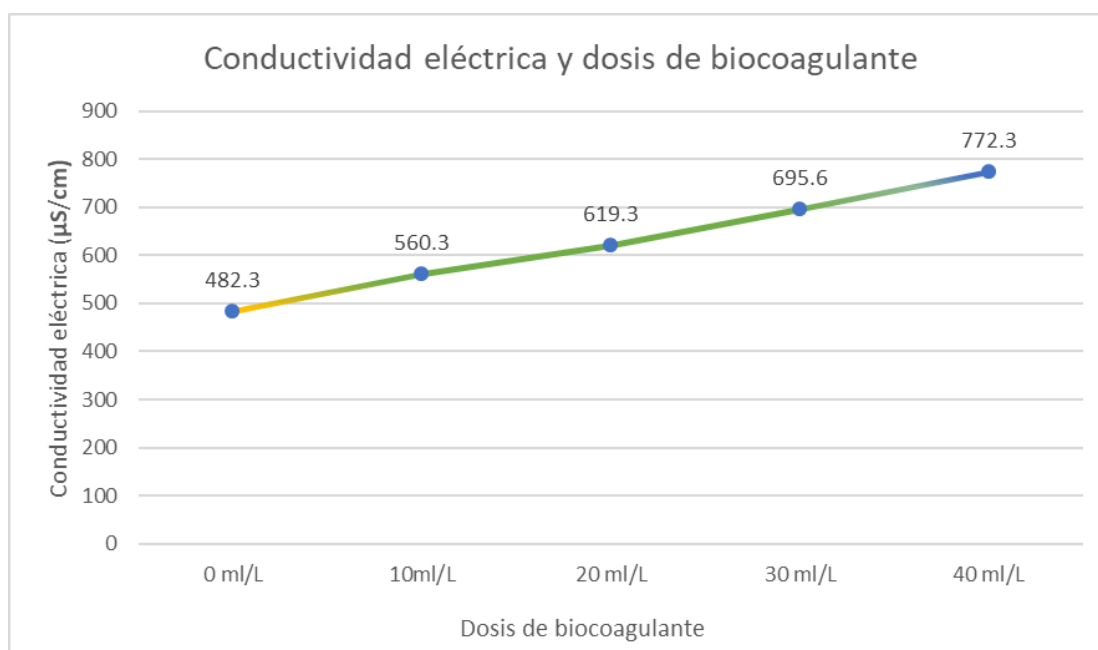
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	153791.	4	38447.7	138.53	0.0000
Intra grupos	2775.33	10	277.533		
Total (Corr.)	156566.	14			

Según la prueba de Múltiples Rangos, se determinó las medias que son significativamente diferentes de otras, con un nivel del 95.0% de confianza se identificaron 5 grupos homogéneos según la alineación de las X's. El método

empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey (Tabla 23 y Figura17).

**Tabla 23.** Prueba de múltiples rangos para conductividad eléctrica por dosis de biocoagulante

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD			
Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	482.333	X
10	3	560.333	X
20	3	619.333	X
30	3	695.667	X
40	3	772.333	X



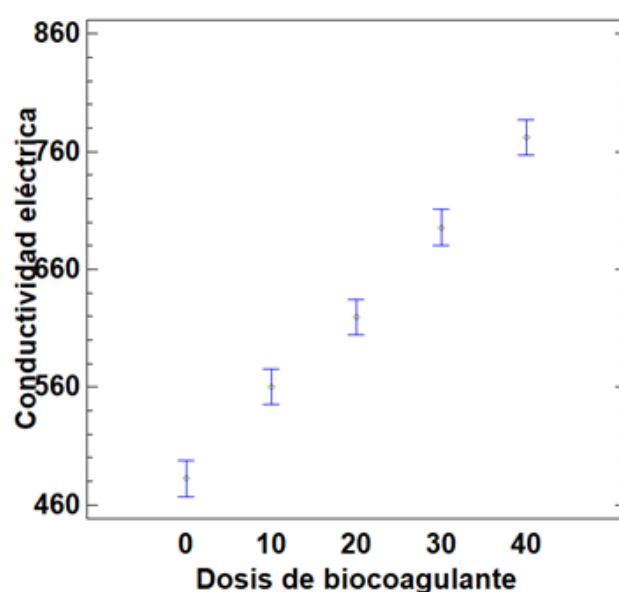
**Figura 17.** Prueba de múltiples rangos para conductividad eléctrica por dosis de biocoagulante

Existiendo cinco grupos de rangos y según la gráfica de medias y del 95% de Fisher LSD se observa estadísticamente la diferencia entre los cinco grupos, ya que los valores de conductividad eléctrica van de forma ascendente según el aumento de dosificación (ver Tabla 24 y Figura 18).

**Tabla 24.** Tabla de medias para conductividad eléctrica por dosis de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0%

			Error Est.		
Nivel	Casos	Media	(s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
0	3	482.333	9.61827	467.179	497.487
10	3	560.333	9.61827	545.179	575.487
20	3	619.333	9.61827	604.179	634.487
30	3	695.667	9.61827	680.513	710.821
40	3	772.333	9.61827	757.179	787.487
Total	15	626.0			

**Medias y 95.0% de Fisher LSD**



**Figura 18.** Medias para conductividad eléctrica por dosis de biocoagulante con intervalos de confianza del 95.0%

**4.4.** Parámetros de operación para remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.

Según la prueba de jarras se determinó los parámetros de operación adecuados para la remoción de la turbidez (Tabla 25), los parámetros en consideración fueron la velocidad de agitación y mezcla ya que la distribución correcta de un coagulante es determinada por la eficiencia en este proceso, por ello se usó una mezcla rápida de 150 RPM por 5 minutos y una mezcla lenta de 20 RPM por 1 minuto, la sedimentación fue de 30 minutos, pasado el tiempo la muestra de agua fue filtrada

para la obtención de los datos finales. Dentro de los parámetros de operación se consideró el pH óptimo, según el reglamento es de 6.5 a 8.5 (DIGESA, 2011).

**Tabla 25.** *Parámetros de operación*

<i>Parámetros de operación</i>				
Mezcla rápida	Velocidad (RPM)	150	Tiempo (min)	5
Mezcla lenta	Velocidad (RPM)	20	Tiempo (min)	1
Sedimentación			Tiempo (min)	30
pH óptimo			6.5 a 8.5	

**4.5.** Eficiencia del biocoagulante para la remoción de turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal.

En la Tabla 26 podemos observar y comparar los resultados luego de identificar la mejor dosis, se procedió a comparar los resultados de turbidez del agua sin tratamiento (M1) y la muestra de agua con tratamiento (M2) dando como resultado un 97 % de eficiencia en la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios.

**Tabla 26.** *Porcentaje de remoción de turbidez del agua de los grifos domiciliarios*

<b>Parámetro</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>% REMOCIÓN</b>
TURBIDEZ	150 NTU	4.5 NTU	97 %

### **Contrastación de la Hipótesis**

Ho: El uso del coagulante natural obtenido de la *Opuntia ficus* no permitirá remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.

Ha: El uso del coagulante natural obtenido de la *Opuntia ficus* permitirá remover más del 79% remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.

## V. DISCUSIÓN

Se presenta la discusión según los objetivos planteados.

Usar el coagulante de *Opuntia ficus* para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida en el sector D1, Pedregal, Arequipa, fue eficiente con cambios significativos entre la muestra inicial (M1) y final (M2) removiendo hasta el 98% de turbidez del agua, logrando establecerse dentro de la normativa para la calidad de agua de consumo humano, haciendo al mucílago del *Opuntia ficus* un poderoso coagulante natural, estando al nivel de coagulantes sintéticos o químicos. Estos resultados tienen similitud con Al-Saati et al. (2019) quien propone cambiar coagulantes químicos por coagulantes naturales como el de *Opuntia ficus* que son eficaces para la eliminación de la turbidez en agua de consumo humano. También Dávila et al. (2018) apoya el uso de biocoagulantes ya que en su investigación usó el coagulante de la penca de la tuna (*Opuntia ficus*) en época de avenida en los ríos de Llután, Paria y Chucchun, obteniendo una eficiencia de 89.9% de remoción de turbidez, resultados que se asemejan a Samame (2019) quien obtuvo una remoción de turbidez del 91.5% usando el mucílago de la *Opuntia ficus* en la clarificación del agua del río La Leche.

5.1. Características fisicoquímicas del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida antes y después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa.

Para la caracterización fisicoquímica del agua antes y después del tratamiento con biocoagulante, se obtuvo una mejora notable en cuanto a la calidad de agua y la remoción de turbidez, la muestra de agua sin tratamiento (M1) obtuvo como valor de turbidez 152 NTU excediendo la normatividad de los ECA que establecen un LMP de 5 NTU para el agua de consumo humano según el DS N°031-2010-SA. Para la muestra (M2) después de la aplicación del biocoagulante, se obtuvo como resultado 4.5 NTU, presentando una diferencia significativa en cuanto a la remoción de turbidez y sujetándose a la normatividad requerida. Según Miller et al. (2008) el mecanismo de la *Opuntia ficus* y sus propiedades coagulantes-floculantes logran

una eficacia para la remoción de turbidez, haciéndolo un poderoso coagulante natural en la aplicación del tratamiento de agua.

El pH tuvo un cambio ligero de 7.5 a 6.75 entre ambas muestras (M1) y (M2), esto debido a que el biocoagulante está compuesto por un pH ácido, según Trachtenberg y Mayer (1981) estudios histoquímicos demostraron que el mucílago de la *Opuntia ficus* está compuesta de gran cantidad de polisacáridos ácidos, lo que hace que presente un pH ácido, el cual hizo que la muestra con tratamiento de biocoagulante (M2) se acidifique ligeramente, sin embargo ambos valores se encuentran dentro de los LMP de 6.5 a 8.5 establecido por el DS N°031-2010-SA.

La conductividad eléctrica aumentó de 503 a 587  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ya que este biocoagulante se caracteriza por su alta conductividad, aun así, ambas muestras (M1) y (M2) cumplen con los LMP de la normativa que es de 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Según Samame (2019) en su investigación para mejorar la calidad del agua del río la leche en Lambayeque, usando el mucílago de la *Opuntia ficus* como coagulante, la conductividad eléctrica de la muestra control fue de 401  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y de la muestra con tratamiento fue de 495  $\mu\text{S}/\text{cm}$  incrementando su valor, la muestra control presenta baja cantidad de iones y mientras se va aplicando mayor cantidad de coagulante de *Opuntia ficus* la conductividad eléctrica tiende a incrementarse debido a que los iones se van saturando.

Los sólidos totales disueltos (SDT) disminuyeron ligeramente, la muestra sin tratamiento (M1) con 268 mg/L y la muestra con tratamiento de biocoagulante (M2) con 260 mg/L, según el DS N°031-2010-SA. Ambas muestras cumplen con los LMP el cual es apto hasta los 1000 mg/L. Los resultados tienen congruencia con Dávila-Paredes et al. (2019) que concluye que usar coagulantes naturales como el mucílago de *Opuntia ficus* ayudan a remover los sólidos disueltos hasta un 89.9% en aguas superficiales en temporada de avenida en caseríos y centros poblados de Huaraz y Callejón de Huaylas.



5.2. Composición química del biocoagulante de *Opuntia ficus* para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.

Se realizó el cálculo de contenido de azúcares totales en alimentos al mucílago extraído de la *Opuntia ficus* dando como resultado un valor de <0.5 g/100ml, este valor según DIGESA se encuentra dentro de los límites de contenido de azúcares en alimentos para consumo humano. Según Cornejo et al. (2012) los azúcares del mucílago de la *Opuntia ficus* son los responsables de la coagulación, ya que forman un biopolímero lineal que está compuesto por polisacáridos, que son precisamente los azúcares como la Arabinosa, Xilosa, Galactosa y Ramnosa, teniendo un rol similar a las pectinas, sustancia que permite encapsular y separar sólidos disueltos presentes en el agua, lo que funciona como un coagulante natural. Consecuentemente Miller et al. (2008) menciona que usar el mucílago en estado líquido es mucho más favorecedor y presenta mejores resultados que usar el coagulante de *Opuntia ficus* en polvo, ya que este solvente suele presentar una coagulación mínima en comparación del mucílago líquido.

Por lo tanto, de los análisis realizados se encontró en un valor de <0.5 g/100ml la presencia de azúcares totales como polisacáridos, según Agrocalidad (2015) en 100ml de mucílago de *Opuntia ficus* se detectó el porcentaje de azúcares de la siguiente manera: Arabinosa 46.20%; Xilosa 24.01%; Galactosa 19.17%; Ramnosa 6.72% y Ácido galacturónico 7.10%, todas ellas azúcares responsables de la coagulación-floculación.

5.3. Dosis óptima del biocoagulante de *Opuntia ficus* para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.

Para determinar la dosis óptima del biocoagulante de *Opuntia ficus* se usaron cinco dosificaciones con dos repeticiones cada una, las dosificaciones fueron 0 ml/L, 10 ml/L, 20 ml/L, 30 ml/L y 40 ml/L, incluida la muestra control, los resultados de turbidez para cada dosificación fueron de 38.63, 6.24, 4.84, 25.7 y 33.73 NTU

respectivamente. Los resultados evidenciaron que la muestra control con 0 ml/L de biocoagulante y posterior al proceso de sedimentación y filtración tiene un valor de 38.63 NTU, seguidamente al ir añadiendo biocoagulante se puede notar que la turbidez va disminuyendo, sin embargo, al aumentar más biocoagulante se observa que la capacidad de remoción disminuye notablemente, hasta lograr una turbidez similar a la muestra control. Estos resultados guardan relación con Morejón (2017) en su investigación usó el mucílago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua de consumo humano en Pusir Grande – Ecuador, el autor en mención utilizó cinco dosis de biocoagulante de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%, sus resultados fueron de 11.46, 5.89, 21.97, 60.58 y 111.24 NTU, evidenciado de esta forma que al ir incrementando la dosis de biocoagulante de *Opuntia ficus* puede tener el efecto reverso e ir añadiendo más turbidez al agua conforme la dosis es mayor.

Considerando los resultados obtenidos, las dosificaciones de 10 ml/L y 20 ml/L fueron las dosis que mejores resultados obtuvieron, con valores de 6.24 y 4.84 NTU, estadísticamente ambos tratamientos no presentan diferencia significativa, por lo cual la dosis de 10 ml/L al usar menos cantidad de biocoagulante podría ser considerada la dosis óptima, sin embargo, teniendo en cuenta la normativa según el D.S N°031-2010-SA. El LMP para la turbidez en agua de consumo humano es de 5 NTU, por ello la dosificación óptima que se establece es la de 20 ml/L con un valor de 4.85 NTU cumpliendo así con el LMP establecido por DIGESA.

Para los valores de pH de las diferentes dosificaciones de 0 ml/L, 10 ml/L, 20 ml/L, 30 ml/L y 40 ml/L, se tuvo como resultado que el pH se mantuvo neutro en la muestra control de 0 ml/L (7.61), posterior los demás tratamientos tuvieron una ligera tendencia a acidificar, para la dosis óptima de 20 ml/L el pH fue de 6.75 cumpliendo con el rango de LMP (6.5 - 8.5). Según Morejón (2017) estos resultados guardan relación a su investigación, ya que en las dosificaciones que usó de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de biocoagulante el pH de la muestra control se mantuvo neutro y posteriormente las muestras de agua de las siguientes dosificaciones se acidificaron ligeramente, según Trachtenberg y Mayer (1981) esta ligera acidificación se da debido a que el mucílago de tuna presenta polisacáridos ácidos,

por tanto, mientras más concentración de biocoagulante se use en el agua, ésta tiende a acidificar.

La conductividad eléctrica para las dosificaciones de 0 ml/L, 10 ml/L, 20 ml/L, 30 ml/L y 40 ml/L, fueron en aumento con valores de 482, 560, 619, 695 y 772  $\mu\text{S/cm}$ , se puede observar que al ir añadiendo biocoagulante la conductividad eléctrica va en ascenso. Para la dosis óptima de 20 ml/L el valor de conductividad eléctrica fue de 619.33  $\mu\text{S/cm}$  encontrándose dentro de los LMP. Consecuentemente Samame (2019) para determinar la dosis óptima del mucílago de *Opuntia ficus* utilizó cinco dosificaciones las cuales van desde 0ml hasta 100ml, dando como resultado que los valores de la conductividad eléctrica van en aumento de 306 a 495  $\mu\text{S/cm}$ , por lo que a mayor cantidad de mucílago como biocoagulante, mayor el valor de conductividad.

5.4. Parámetros de operación para remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.

Para determinar los parámetros de operación adecuados se realizó una revisión de literatura e investigaciones pasadas, las cuales mostraron que usando el mismo biocoagulante se lograba obtener resultados óptimos, Morejón (2017) usó tres velocidades rápidas 100, 120 y 150 revoluciones por minuto (rpm) por 5 minutos, obteniendo los mejores resultados con 150 rpm, para la velocidad lenta usó 20 rpm por 20 minutos y un tiempo de sedimentación de 2 horas. Consecuentemente Samame (2019) usó el mismo biocoagulante para mejorar la calidad del agua del río la Leche, en su investigación se usó revolución rápida de 150 rpm durante 5 minutos y revolución lenta de 20 rpm por 20 minutos y un tiempo de sedimentación de 2 horas.

Según Acosta (2006) el tiempo de agitación y las revoluciones por minuto son cruciales para determinar una coagulación adecuada para la formación de flóculos. Por lo tanto, guiándonos de experiencias pasadas de diferentes investigadores y después de realizar pruebas de práctica, se determinó las revoluciones necesarias para lograr la coagulación, obteniendo como resultados a los parámetros de

operación adecuados a la velocidad de agitación con 150 rpm por 5 minutos y 20 rpm por 1 minuto, esto para no romper los flóculos formados, el tiempo de sedimentación fue de 30 minutos. Por lo tanto, usar estos parámetros de operación hizo que se obtuvieran mejores resultados en cuanto a la remoción de turbidez del agua y también se buscó obtener el pH óptimo que fue de 6.5 a 8.5, por ello las muestras de agua no podían superar esos límites.

#### 5.5. Eficiencia del biocoagulante para la remoción de turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal.

Los resultados mostraron que la muestra sin tratamiento (M1) presentó 150 NTU y la muestra con tratamiento de biocoagulante obtuvo 4.5 NTU, obteniendo un 97% de remoción de turbidez, logrando con el objetivo de remoción de turbidez del agua de consumo humano de los grifos domiciliarios del sector D1 Pedregal-Arequipa. Estos resultados tienen sustento teórico, según Montenegro (2019) sostiene que usar el mucílago de la tuna (*Opuntia ficus indica*) para la remoción de turbidez de agua, según la determinación de la dosis óptima tuvo un porcentaje de hasta un 96% y 98% de remoción de turbidez. Consecuentemente Samame (2019) obteniendo la dosificación óptima obtuvo un total de 91.5% de remoción de turbidez logrando así la mejora de la calidad del agua de consumo humano. Para finalizar Nimesha et al. (2022) en su investigación sobre la efectividad de los coagulantes naturales como la *Opuntia ficus* para el tratamiento de agua menciona que el uso de este biocoagulante tiene un porcentaje muy alto de remoción de turbidez que suele estar al nivel de coagulantes sintéticos como el sulfato de aluminio.

## VI. CONCLUSIONES

Se evaluó el uso del coagulante del *Opuntia ficus* para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa, logrando cambios significativos en la turbidez y evidenciando la mejora en la calidad de agua de consumo humano.

Se caracterizó fisicoquímicamente el agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida antes y después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa. Los parámetros analizados fueron la turbidez, conductividad eléctrica, pH y sólidos totales disueltos, todos los datos fueron comparados con el reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. 031-2010-S.A.

Se identificó la composición química del biocoagulante de *Opuntia ficus* para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa. Mediante el análisis de laboratorio del biocoagulante se identificó el porcentaje total de azúcares con un valor de <5gr/100ml los cuales son los encargados de la coagulación.

Se determinó la dosis óptima del biocoagulante de *Opuntia ficus* para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa. Se usaron 5 dosis con 2 repeticiones dando un total de 15 unidades experimentales, dando como resultado la dosis de 20ml/L de biocoagulante como dosis óptima.

Se identificaron los parámetros de operación para remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa. Estos fueron el pH óptimo, que se midió de 6.5 a 8.5 de acuerdo al D.S. 031-2010-S.A.; la mezcla rápida que fue de 150 rpm por 5 minutos; la mezcla lenta que fue de 20 rpm por 1 minuto y el tiempo de sedimentación que fue de 30 minutos. Con estos parámetros de operación logramos obtener la dosis óptima.

Se identificó la eficiencia del biocoagulante para la remoción de turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, la cual fue del 97%.

## VII. RECOMENDACIONES

Analizar varias muestras de agua en los diferentes meses de avenida ya que la turbidez varía de acuerdo a las lluvias, así se podría obtener valores de turbidez promedio del agua de los grifos domiciliarios.

Realizar una caracterización completa del mucílago de *Opuntia ficus*, realizando una identificación del porcentaje de los azúcares encargados de la coagulación los cuales son; Arabinosa, Ramnosa, Galactosa y Xilosa.

Para un mejor trabajo en el mezclador digital se utilizaron muestras de 500 ml, se debe usar muestras de 1L para utilizar la dosis completa señalada en la metodología.

Cambiar los parámetros de operación para diferentes muestras de agua con diferentes dosis, ya que este no podría clarificar correctamente el agua.

Usar ese biocoagulante obtenido del mucílago de la *Opuntia ficus* y sustituir los coagulantes químicos, ya que este presentó un 97% de eficiencia.

## REFERENCIAS

- ACOSTA, 2006. Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *ICIDCA* [en línea], vol. XL, no. 2, pp. 10–17. [Consulta: 14 February 2022]. ISSN 0138-6204. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120664002>.
- AGUIRRE, S.E., PIRANEQUE, N. y CRUZ, R.K., 2018. Natural Substances: Alternative for the Treatment of Magdalena River's Water in Palermo Colombia. *Información tecnológica* [en línea], vol. 29, no. 3, pp. 59–70. [Consulta: 14 January 2022]. ISSN 0718-0764. DOI 10.4067/S0718-07642018000300059. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300059>.
- ALMENDÁREZ, N., 2004. Comprobación de la efectividad del coagulante (Cochifloc) en aguas del lago de Managua "Piedras Azules." *Revista Iberoamericana de Polímeros* [en línea], vol. 5, no. 1. [Consulta: 13 January 2022]. ISSN 0121-6651. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/28077390\\_Comprobacion\\_de\\_la\\_efectividad\\_del\\_coagulante\\_Cochifloc\\_en\\_aguas\\_del\\_lago\\_de\\_Managua\\_Piedras\\_Azules/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/28077390_Comprobacion_de_la_efectividad_del_coagulante_Cochifloc_en_aguas_del_lago_de_Managua_Piedras_Azules/citation/download).
- AL-SAATI, N.H., HUSSEIN, T.K., ABBAS, M.H., HASHIM, K., AL-SAATI, Z.N., KOT, P., SADIQUE, M., ALJEFERY, M.H. and CARNACINA, I., 2019. Statistical modelling of turbidity removal applied to non-toxic natural coagulants in water treatment: A case study. *Desalination and Water Treatment* [en línea], vol. 150, pp. 406–412. [Consulta: 1 February 2022]. ISSN 19443986. DOI 10.5004/DWT.2019.23871. Disponible en: <http://researchonline.ljmu.ac.uk/id/eprint/10077/>.
- ARGUEDAS, N., VETRANI, K., MURRELL, M. and BERMÚDEZ, L., 2016. Propuesta de remodelación del sistema de sedimentación del quebrador de materiales de la empresa CONCREPAL, Barranca, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales* [en línea], vol. 50, no. 1, pp. 53–74. [Consulta: 13 February 2022]. ISSN 2215-3896. DOI 10.15359/RCA.50-1.4. Disponible en: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/8650/9958>.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, 2022. El agua en cifras. [en línea]. [Consulta: 25 May 2022]. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>.
- BOUAOUINE, O., BOURVEN, I., KHALIL, F. and BAUDU, M., 2018. Identification of functional groups of *Opuntia ficus-indica* involved in coagulation process after its active part extraction. *Environmental Science and Pollution Research* 25:11 [en línea], vol. 25, no. 11, pp. 11111–11119. [Consulta: 13 February 2022]. ISSN 1614-7499. DOI 10.1007/S11356-018-1394-7. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-1394-7>.
- CÁCERES DURAN, L.G. and CASTIBLANCO MOLINA, L.X., 2020. *Evaluación de la opuntia ficus indica (cactus) como coagulante natural para el tratamiento de agua potable de la empresa Emservilla en el municipio de Ubaté* [en línea]. Bogotá - Colombia: Universidad de América. [Consulta: 14 February 2022]. Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8103?locale=es>.



- CANAZA, G.J. and MAMANI, Y., 2020. *Revisión del uso de coagulantes naturales para remoción de turbidez del agua* [en línea]. Juliaca - Perú: Universidad Peruana Unión. [Consulta: 14 February 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3334>.
- CHASQUIBOL SILVA, N., ARROYO BENITES, E. and MORALES GOMERO, J.C., 2008. Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial* [en línea], vol. 26, pp. 175–199. [Consulta: 14 February 2022]. ISSN 1025-9929. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428492010>.
- CHOQUE-QUISPE, D., CHOQUE-QUISPE, Y., SOLANO-REYNOSO, A.M. and RAMOS-PACHECO, B., 2018. Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Tecnología Química* [en línea], vol. 38, no. 2. [Consulta: 14 January 2022]. ISSN 2224-6185. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852018000200008&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000200008&lng=es&nrm=iso).
- CHULLUNCUY CAMACHO, N.C., 2011. Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial* [en línea], vol. 29, pp. 153–170. [Consulta: 14 February 2022]. ISSN 1025-9929. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428495008>.
- CHUN-YANG, Y., 2010. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry* [en línea], vol. 45, no. 9, pp. 1437–1444. [Consulta: 19 January 2022]. ISSN 1359-5113. DOI 10.1016/J.PROCBIO.2010.05.030. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359511310002114>.
- CONCYTEC, 2020. Tipos de investigación. *Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica*.
- DÁVILA PAREDES, C.M., HUAMÁN CARRANZA, M.M., FLORES ALBORNOZ, J.I., POLO SALAZAR, R.A. and ARAUJO JAMANCA, N.F., 2019. Efectividad de especies naturales como ayudantes de Coagulación, para la clarificación de aguas turbias en épocas de avenidas en caseríos y centros poblados de Huaraz y Callejón de Huaylas. *Aporte Santiaguino* [en línea], vol. 11, no. 2, pp. pág. 299-310. [Consulta: 31 January 2022]. ISSN 2070-836X. DOI 10.32911/as.2018.v11.n2.583. Disponible en: [http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte\\_Santiaguino/article/view/583](http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/583).
- DIGESA, 2011. *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA*. Lima: Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental.
- DOMÍNGUEZ, M.F., 2010. *Optimización de la coagulación - floculación en la planta de tratamiento de agua potable de la sede recreacional campoalegre - Cajasan* [en línea]. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. [Consulta: 19 January 2022]. Disponible en:

[https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/848/digital\\_19174.pdf?sequen%20ce=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/848/digital_19174.pdf?sequen%20ce=1&isAllowed=y).

- FLÓRES, G.A. and MARLÍN, M.M., 2016. Remoción de materia orgánica en aguas residuales municipales a partir de procesos de coagulación-floculación. - Dialnet. *Dialnet* [en línea], vol. 1, no. 4, pp. 33. [Consulta: 19 February 2022]. ISSN 2445-1711. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6379637>.
- GANDIWA, B.I., MOYO, L.B., NCUBE, S., MAMVURA, T.A., MGUNI, L.L. and HLABANGANA, N., 2020. Optimisation of using a blend of plant based natural and synthetic coagulants for water treatment: (Moringa Oleifera-Cactus Opuntia-alum blend). *South African Journal of Chemical Engineering* [en línea], vol. 34, pp. 158–164. [Consulta: 31 January 2022]. ISSN 1026-9185. DOI 10.1016/J.SAJCE.2020.07.005. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2020.07.005>.
- GARCÍA-FAYOS, B., ARNAL, J.M. and SANCHO, M., 2018. Natural coagulants: analysis of potential use for drinking water treatment in developed and developing countries. *Desalination and Water Treatment* [en línea], vol. 103, pp. 307–314. [Consulta: 31 January 2022]. ISSN 1944-3994. DOI 10.5004/DWT.2018.22005. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/121090>.
- GRANADOS SÁNCHEZ, Diodoro. and CASTAÑEDA P., A.Dunia., 1991. *El nopal: historia, fisiología, genética e importancia frutícola* [en línea]. 1. ed. México D.F.: Editorial Trillas. [Consulta: 13 February 2022]. ISBN 9789682438509. Disponible en: <https://www.worldcat.org/title/nopal-historia-fisiologia-genetica-e-importancia-fruticola/oclc/30397560>.
- GURDIÁN LÓPEZ, R. and COTO CAMPOS, J.M., 2011. Estudio preliminar del uso de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) en la coagulación-floculación de aguas residuales. *Tecnología en Marcha* [en línea], vol. 24, no. 2, pp. 18–26. [Consulta: 13 January 2022]. Disponible en: [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/138](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/138).
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. and BAPTISTA LUCIO, M. del P., 2014. *Metodología de la Investigación* [en línea]. 6. S.I.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. [Consulta: 19 February 2022]. ISBN 978-1-4562-2396-0. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
- INGA DIAZ, G., 2019. *Disminución de coliformes totales y turbidez mediante coagulantes naturales (Opuntia ficus indica) del río cunas, provincia de Chupaca* [en línea]. Huancayo - Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. [Consulta: 19 January 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5540/Inga%20Diaz%20C%20Gilmer.pdf?sequence=1>.
- JAYALAKSHMI, G., SARITHA, V. and DWARAPUREDDI, B.K., 2017. A Review on Native Plant Based Coagulants for Water Purification. *International Journal of*

*Applied Environmental Sciences* [en línea], vol. 12, no. 3, pp. 469–487. [Consulta: 13 February 2022]. ISSN 0973-6077. Disponible en: <http://www.ripublication.com>.

JUNTA DE USUARIOS PAMPA DE MAJES, 2022. Agua para las junta de usuarios Pampa de Majes. Pedregal-Arequipa:

LOZA-CORNEJO, S., TERRAZAS, T. and LÓPEZ-MATA, L., 2012. FRUITS, SEEDS AND GERMINATION IN FIVE SPECIES OF GLOBOSE CACTEAE (CACTACEAE). *Interciencia* [en línea], vol. 37, no. 3, pp. 197–203. [Consulta: 13 February 2022]. ISSN 0378-1844. Disponible en: <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/197-c-TERRAZAS-7.pdf>.

MANTILLA, M.R., 2020. *CARACTERIZACIÓN DE PECTINA EXTRAÍDA A PARTIR DE RESIDUOS DE FRUTA* [en línea]. Bogotá - Colombia: Universidad de los Andes. [Consulta: 14 February 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/49095/u833818.pdf?sequence=1>.

MARTÍNEZ CRUZ, A., ROJAS VALENCIA, M.N., ARAIZA AGUILAR, J.A., NÁJERA AGUILAR, H.A. and GUTIÉRREZ HERNÁNDEZ, R.F., 2021. Leachate treatment: comparison of a bio-coagulant (*Opuntia ficus mucilage*) and conventional coagulants using multi-criteria decision analysis. *Heliyon* [en línea], vol. 7, no. 7. [Consulta: 31 January 2022]. ISSN 24058440. DOI 10.1016/J.HELIYON.2021.E07510/ATTACHMENT/E2A8280F-5A31-4588-8BD0-83FB67700BCF/MMC1. Disponible en: <http://www.cell.com/article/S2405844021016133/fulltext>.

MARTÍNEZ-ORJUELA, M., MENDOZA-CORONADO, Y., MEDRANO-SOLÍS, B., GÓMEZ-TORRES, L. and ZAFRA-MEJÍA, A., 2020. Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal. *Revista UIS Ingenierías* [en línea], vol. 19, no. 1, pp. 15–24. [Consulta: 31 January 2022]. ISSN 2145-8456. DOI 10.18273/REVUIN.V18N4-2020001. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/9929>.

MILLER, S.M., FUGATE, E.J., SMITH, J.A. and ZIMMERMAN, J.B., 2008. Toward Understanding the Efficacy and Mechanism of *Opuntia* spp. as a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment. *Environmental Science Technology* [en línea], vol. 42, no. 12, pp. 4274–4279. [Consulta: 14 February 2022]. DOI 10.1021/es7025054. Disponible en: [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/MILLER%20ET%20AL%202008%20Toward%20Understanding%20the%20Efficacy%20and%20Mechanism%20of%20Opuntia%20spp.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/MILLER%20ET%20AL%202008%20Toward%20Understanding%20the%20Efficacy%20and%20Mechanism%20of%20Opuntia%20spp.pdf).

MINAM, 2017. Decreto Supremo N° 015-2015.

MOJERÓN DÍAZ, B.J., 2017. *Utilización del mucílago de tuna (opuntia ficus-indica) en el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano, en la comunidad de Pusir Grande, provincia del Carchi* [en línea]. Ecuador: Universidad Técnica del

Norte. [Consulta: 14 February 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6621>.

MONTOYA, C., LOAIZA, D., TORRES, P., CRUZ, C.H. and ESCOBAR, J.C., 2011. EFECTO DEL INCREMENTO EN LA TURBIEDAD DEL AGUA CRUDA SOBRE LA EFICIENCIA DE PROCESOS CONVENCIONALES DE POTABILIZACIÓN. *Revista EIA* [en línea], no. 16, pp. 137–148. [Consulta: 19 February 2022]. ISSN 1794-1237. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372011000200011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372011000200011).

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MAJES, 2013. El distrito de Majes. [en línea]. [Consulta: 19 February 2022]. Disponible en: <https://munimajes.gob.pe/anterior/>.

MUTHURAMAN, G. and SASIKALA, S., 2014. Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* [en línea], vol. 20, no. 4, pp. 1727–1731. [Consulta: 31 January 2022]. ISSN 1226-086X. DOI 10.1016/J.JIEC.2013.08.023. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1226086X13003869?via%3Dihub>.

NAVARRO, N., 2015. Ingeniería y servicios ambientales - ISA. [en línea]. [Consulta: 14 February 2022]. Disponible en: <http://www.isa.ec/index.php/va-viene/entry/prueba-de-jarras>.

NIMESHA, S., HEWAWASAM, C., JAYASANKA, D.J., MURAKAMI, Y., ARAKI, N. and MAHARJAN, N., 2022. Effectiveness of natural coagulants in water and wastewater treatment. *Global Journal of Environmental Science and Management* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 101–116. [Consulta: 31 January 2022]. ISSN 2383-3572. DOI 10.22034/GJESM.2022.01.08. Disponible en: [https://www.gjesm.net/article\\_244726.html](https://www.gjesm.net/article_244726.html).

OLIVERO VERBEL, R.E., MERCADO MARTÍNEZ, I.D. and MONTES GAZABÓN, L.E., 2013. Removing turbidity from Magdalena river by the use of opuntia ficus-indica cactus mucilage. *Producción + Limpia* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 19–27. [Consulta: 14 January 2022]. ISSN 1909-0455. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v8n1/v8n1a03.pdf>.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2022. Agua para consumo humano. [en línea]. [Consulta: 25 May 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.

OSTOLAZA NANO, C., 2014. *Todos los cactus del Perú* [en línea]. 1. Lima Perú: Editorial Franco EIRL. [Consulta: 19 January 2022]. ISBN 978-612-4174-16-2. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/document.pdf>.

PAUCARA CONDORI, C.M., 2018. *Caracterización física y química de la tuna (Opuntia ficus indica) en el municipio de Luribay provincia Loayza del departamento de la Paz* [en línea]. La Paz Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. [Consulta: 9

- February 2022]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/13345>.
- PERICO-GRANADOS, N.R., MONTAÑA, A.F., URICOECHEA, M.J., VARGAS, M.A. and ARÉVALO ALGARRA, H., 2021. Propuesta alternativa de coagulantes naturales. *L'esprit Ingénieux* [en línea], vol. 10, no. 1, pp. 127–142. [Consulta: 31 January 2022]. Disponible en: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/2125>.
- PODDAR, S., TALUKDER, G. and SHARMA, A., 2017. Chromosome Damage Induced by Ferric Chloride in Human Peripheral Lymphocytes. *Kamla Raj Enterprises* [en línea], vol. 4, no. 4, pp. 261–264. [Consulta: 25 May 2022]. ISSN 0972-3757. DOI 10.1080/09723757.2004.11885904. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09723757.2004.11885904>.
- RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N°0126-2017/UCV, 2017. *Código de ética en investigación*. 2017. S.l.: Universidad César Vallejo.
- REYES-AGÜERO, J.A., AGUIRRE RIVERA, J.R. and FLORES FLORES, J.L., 2005. Variación morfológica de *Opuntia* (cactaceae) en relación con su domesticación en la altiplanicie meridional de México. *Interciencia* [en línea], vol. 30, no. 8, pp. 476–484. [Consulta: 13 February 2022]. ISSN 0378-1844. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33910706.pdf>.
- RODRÍGUEZ, C.L. and PASCUAL, U., 2004. Land clearance and social capital in mountain agro-ecosystems: The case of *Opuntia* scrubland in Ayacucho, Peru. *Science Direct* [en línea], vol. 49, pp. 243–252. [Consulta: 13 February 2022]. ISSN 0921-8009. DOI 10.1016/j.ecolecon.2004.03.023. Disponible en: <http://www.researchgate.net/publication/222511575>.
- RODRÍGUEZ, S., GARCÍA, O. and MUÑOZ, R., 2002. Una solución para la clarificación de aguas para consumo humano. *Noticias Técnicas de Laboratorio*, vol. 1, pp. 21–22.
- SALEEM, M. and BACHMANN, R.T., 2019. A contemporary review on plant-based coagulants for applications in water treatment. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* [en línea], vol. 72, pp. 281–297. [Consulta: 31 January 2022]. ISSN 1226-086X. DOI 10.1016/J.JIEC.2018.12.029. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.12.029>.
- SAMAME TORO, Y.Y., 2019. *Dosis óptima del mucílago de Opuntia ficus-indica para mejorar la calidad del agua del río la Leche, Lambayeque* [en línea]. Chiclayo: Universidad César Vallejo. [Consulta: 14 January 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35380>.
- SAMBONI, N., CARVAJAL, Y. and ESCOBAR, J.C., 2007. A review of physical-chemical parameters as water quality and contamination indicators. *DICIEMBRE DE* [en línea], vol. 27, no. 3, pp. 172–181. [Consulta: 1 February 2022]. ISSN 0120-5609. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092007000300019&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092007000300019&script=sci_abstract&tlng=es).

- ŠĆIBAN, M., KLAŠNJA, M., ANTOV, M. and ŠKRBIĆ, B., 2009. Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 100, no. 24, pp. 6639–6643. [Consulta: 31 January 2022]. ISSN 09608524. DOI 10.1016/J.BIORTECH.2009.06.047. Disponible en: [https://www.academia.edu/29238577/Removal\\_of\\_water\\_turbidity\\_by\\_natural\\_coagulants\\_obtained\\_from\\_chestnut\\_and\\_acorn?auto=citations&from=cover\\_page](https://www.academia.edu/29238577/Removal_of_water_turbidity_by_natural_coagulants_obtained_from_chestnut_and_acorn?auto=citations&from=cover_page).
- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ - SENAMHI, 2020. Condiciones secas y húmedas en el Perú - año hidrológico 2019-2020. [en línea]. [Consulta: 19 February 2022]. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/reporte-condiciones-secas-2019-2020%20DMA-DHI-DAM.pdf>.
- SEVERICHE, C.A., CASTILLO, M.E. and ACEVEDO, R.L., 2013. *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*. Cartagena de Indias - Colombia: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.
- SUNITA, S. and SONAL, C., 2014. Use of Tannin based natural coagulants for water treatment: An alternative to inorganic chemicals. *International Journal of ChemTech Research* [en línea], vol. 6, no. 7, pp. 3628–3634. [Consulta: 31 January 2022]. ISSN 974-4290. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/278961713\\_Use\\_of\\_Tannin\\_based\\_natural\\_coagulants\\_for\\_water\\_treatment\\_An\\_alternative\\_to\\_inorganic\\_chemicals](https://www.researchgate.net/publication/278961713_Use_of_Tannin_based_natural_coagulants_for_water_treatment_An_alternative_to_inorganic_chemicals).
- TORRELAVEGA, 1996. *Jornada Técnica sobre Responsabilidad Civil por Daños al Medio Ambiente*. Madrid: s.n.
- TORRES, J.D., 2019. *Evaluación de remoción de turbiedad de agua del canal de riego mediante tratamiento químico por coagulación-floculación con dos métodos de extracción de coagulante de mucílago de Opuntia ficus-indica a escala laboratorio* [en línea]. Juliaca - Puno Perú: Universidad Peruana Unión. [Consulta: 13 February 2022]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2824533>.
- TORRES, L.G. and CARPINTEYRO-URBAN, S.L., 2012. Use of Prosopis laevigata Seed Gum and Opuntia ficus-indica Mucilage for the Treatment of Municipal Wastewaters by Coagulation-Flocculation. *Natural Resources* [en línea], vol. 3, no. 2, pp. 35–41. [Consulta: 31 January 2022]. ISSN 2158-706X. DOI 10.4236/NR.2012.32006. Disponible en: [http://www.scirp.org/Html/2-2000109\\_20218.htm](http://www.scirp.org/Html/2-2000109_20218.htm).
- TRACHTENBERG, S. and MAYER, A.M., 1981. Composition and properties of Opuntia ficus-indica mucilage. *Phytochemistry* [en línea], vol. 20, no. 12, pp. 2665–2668. [Consulta: 13 February 2022]. ISSN 0031-9422. DOI 10.1016/0031-9422(81)85263-6. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0031942281852636?via%3Dihub>.
- VILLABONA ORTIZ, Á., PAZ ASTUDILLO, I. and MARTÍNEZ GARCÍA, J., 2013. Caracterización de Opuntia ficus-indica para coagulante natural. *Rev. Colomb.*

*Biotechnol* [en línea], no. 1, pp. 137–144. [Consulta: 13 February 2022]. ISSN 0137-0144. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v15n1/v15n1a14.pdf>.

WAN, J., CHAKRABORTY, T., XU, C. (Charles) and RAY, M.B., 2019. Treatment train for tailings pond water using *Opuntia ficus-indica* as coagulant. *Separation and Purification Technology* [en línea], vol. 211, pp. 448–455. [Consulta: 17 January 2022]. ISSN 1383-5866. DOI 10.1016/J.SEPPUR.2018.09.083. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586618325437>.

## **ANEXOS**



**ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA “Uso del coagulante *Opuntia ficus* para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D 1, Distrito de Pedregal, Arequipa – 2022”**

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVO	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL V+D+IN+NS	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	
<b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Cómo evaluar el efecto del coagulante del opuntia ficus para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa?	<b>HIPOTESIS GENERAL</b> El uso del coagulante natural obtenido de la <i>Opuntia ficus</i> permitirá remover el 80% turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.	<b>OBJETIVO GENERAL</b> Evaluar el uso del coagulante del opuntia ficus para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.							
<b>PRO. ESPECIFICO 1</b> ¿Qué características fisicoquímicas tendrá el agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida antes y después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa?	<b>HIP. ESPECIFICA 1</b> El pH, turbidez, conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales en el agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida presentarán mejoras después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa.	<b>OB. ESPECIFICO 1</b> Identificar las características fisicoquímicas del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida antes y después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa.	DEPENDIENTE	Remoción de la turbidez del agua.	Es un proceso fundamental para la potabilización del agua, la remoción de la turbidez en el agua incluye el proceso de coagulación-floculación, logrando que las partículas en suspensión que se encuentran en el agua cruda se aglomeran formando flóculos de mayor peso que por gravedad se sedimentan, así es como ocurre la remoción de estas partículas que son causantes de la turbidez, esto permite que el agua cruda sea apta para el consumo humano, logrando alcanzar los parámetros organolépticos y físicos requeridos según los estándares de salud pública y la normatividad vigente (Rodríguez, 2002)	Características del Agua de grifo domiciliario antes y después del tratamiento. (M1 y M2)	Turbidez	UNT	
			Ph				Valor del pH		
							Conductividad eléctrica	(µS/cm)	
							Sólidos Disueltos Totales	mg/L	
<b>PRO. ESPECIFICO 5</b> ¿Cuál será la eficiencia del biocoagulante para la remoción de turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa?	<b>HIP. ESPECIFICA 5</b> La eficiencia del biocoagulante será del 80% para la remoción de turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.	<b>OB. ESPECIFICO 5</b> Identificar la eficiencia del biocoagulante para la remoción de turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.				Eficiencia de remoción de turbidez del biocoagulante	Turbidez inicial (M1)	UNT	
								Turbidez Final (M2)	UNT
<b>PRO. ESPECIFICO 2</b> ¿Cuál es la composición química del biocoagulante de Opuntia Ficus para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa?	<b>HIP. ESPECIFICA 2</b> El biocoagulante de Opuntia Ficus está compuesto químicamente por polisacáridos los cuales permiten aglutinar sólidos y sustancias presentes en el agua	<b>OB. ESPECIFICO 2</b> Identificar la composición química del biocoagulante de Opuntia Ficus para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.				Composición química de la especie Opuntia Ficus	L-Arabinosa	%	
							D-Galactosa		
							L-Rammosa		
							D-Xilosa		
<b>PRO. ESPECIFICO 3</b> ¿Cuál será la dosis óptima del biocoagulante para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa?	<b>HIP. ESPECIFICA 3</b> La dosis óptima del biocoagulante de Opuntia Ficus es de 20ml/L	<b>OB. ESPECIFICO 3</b> Determinar la dosis óptima del biocoagulante de Opuntia Ficus para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.	INDEPENDIENTE	Uso del coagulante de Opuntia Ficus	<i>Opuntia</i> es el género más grande dentro de la familia de los cactus y se usa como coagulante natural para el tratamiento de agua potable, varios estudios se han realizado para obtener el mejor método de preparación del coagulante, por ello se prefiere el uso del mucilago es estado líquido por ser más efectivo, las propiedades coagulante de la <i>Opuntia Ficus</i> logra remover la turbidez y color del agua, siendo una alternativa práctica y económica para la producción de agua potable en países en desarrollo (Wang Jing et al., 2018).	Dosis óptima	Dosis de 0,10,20,30 y 40 ml/L	ml/L	
<b>PRO. ESPECIFICO 4</b> ¿Cuáles serán los parámetros de operación para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa?	<b>HIP. ESPECIFICA 4</b> El pH, el tiempo de contacto y la velocidad de agitación son los parámetros de operación para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.	<b>OB. ESPECIFICO 4</b> Determinar los parámetros de operación para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa.				Parámetros de operación	pH óptimo	Valor del Ph	
								Velocidad de agitación	RPM
								Tiempo de sedimentación	Minutos

ANEXO 2: **Ficha N°1:** Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar la calidad del agua antes y después del tratamiento.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de recolección de datos de la caracterización de la <i>Opuntia Ficus</i> .	
DATOS GENERALES			
<b>Título</b>	Uso del Coagulante de <i>Opuntia ficus</i> para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D 1, Pedregal, Arequipa – 2022		
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales		
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental		
<b>Autores</b>	Bach. Dalma Dayana Huarca Yanqui y Bach. Lizeth Castillo Quispe		
<b>Asesor</b>	Mg. María Paulina Aliaga Martínez		
<b>Ubicación</b>		<b>Coordenadas UTM</b>	
<b>Fecha</b>		<b>Hora</b>	
<b>Objetivo</b>	Identificar la composición química del biocoagulante de <i>Opuntia ficus</i> para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa,		
DATOS DE RECOLECCION			
COMPOSICION QUIMICA DEL BIOCOAGULANTE (AZUCARES ENCARGADOS DE LA COAGULACION)		% de azucares encargados de la coagulacion	% TOTAL DE AZUCARES SEGÚN ANALISIS DE LABORATORIO
Arabinosa		67.27	
Xilosa		20.41	
Galactosa		6.27	
Ramnosa		5.43	
 <b>Nombres y Apellidos:</b> Lalo Jose Monzon Martines <b>CIP:</b> 208812 <b>GRADO:</b> Magister		<b>Atentamente,</b>  <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Julio Ordoñez Galvez <b>CIP:</b> 89972 <b>DNI:</b> 08447308 <b>GRADO:</b> Doctor.	
 <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Gonzalo Yana Vilca <b>CIP:</b> 240163 <b>GRADO:</b> Ingeniero Químico			
<b>Especialista 1</b>		<b>Especialista 2</b>	
		<b>Especialista 3</b>	

**DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Mg. Lalo José Monzón Martínez

1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/Universidad Alas Peruanas

1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de la caracterización de la *Opuntia Ficus*.

1.5. Autor(A) de Instrumento: Dalma Huarca Yanqui / Lizeth Castillo Quispe

**I. 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		

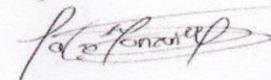
**II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

Si

**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

90%
-----



Lima, 11 de marzo del 2022

**DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador de la UCV.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de la caracterización de la *Opuntia Ficus*.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Dalma Huarca Yanqui / Lizeth Castillo Quispe

**I. 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		

**II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

Si

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

90%
-----

Lima, 11 de marzo del 2022

**DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Juan Gonzalo Yana Vilca
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultor independiente.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de la caracterización de la *Opuntia Ficus*.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Dalma Huarca Yanqui / Lizeth Castillo Quispe

**I. 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		

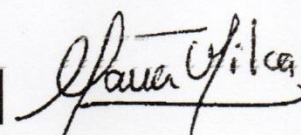
**II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

Si



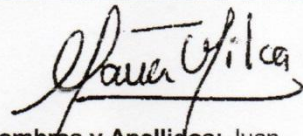
**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

90%
-----



Lima, 11 de marzo del 2022

ANEXO 3 **Ficha N°2:** Ficha de recolección de datos para determinar la caracterización de la Opuntia Ficus.

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar la calidad del agua antes y después del tratamiento.</b>	
<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>Título</b>	Uso del Coagulante de <i>Opuntia ficus</i> para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D 1, Pedregal, Arequipa – 2022		
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales		
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental		
<b>Autores</b>	Bach. Dalma Dayana Huarca Yanqui y Bach. Lizeth Castillo Quispe		
<b>Asesor</b>	Mg. María Paulina Aliaga Martínez		
<b>Ubicación</b>	<b>Coordenadas UTM</b>		
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>		
<b>Objetivo</b>	Identificar las características fisicoquímicas del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida antes y después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa.		
<b>DATOS DE RECOLECCION</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Muestra de agua de grifos domiciliarios (sin tratamiento) M1</b>	<b>Muestra de agua de grifos domiciliarios (con tratamiento) M2</b>	
<b>Turbidez</b>			
<b>pH</b>			
<b>Conductividad eléctrica</b>			
<b>Sólidos Totales</b>			
 <b>Nombres y Apellidos:</b> Lalo Jose Monzon Martines <b>CIP:</b> 208812 <b>GRADO:</b> Magister	<b>Atentamente,</b>  <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Julio Oñedera Galvez <b>CIP:</b> 89972 <b>DNI:</b> 08447308 <b>GRADO:</b> Doctor.	 <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Gonzalo Yana Vilca <b>CIP:</b> 240163 <b>GRADO:</b> Ingeniero Químico	
<b>Especialista 1</b>	<b>Especialista 2</b>	<b>Especialista 3</b>	

**DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mg. Lalo José Monzón Martínez
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/Universidad Alas Peruanas
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar la calidad del agua antes y después del tratamiento
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Dalma Huarca Yanqui / Lizeth Castillo Quispe

**I. 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	

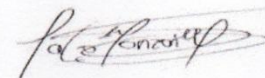
**II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

Si

**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

95%
-----



Lima, 11 de marzo del 2022



## DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador de la UCV.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar la calidad del agua antes y después del tratamiento.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Dalma Huarca Yanqui / Lizeth Castillo Quispe

## I. 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		

## II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

## III. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Si

90%

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

Lima, 11 de marzo del 2022



**DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Juan Gonzalo Yana Vilca
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultor independiente.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar la calidad del agua antes y después del tratamiento.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Dalma Huarca Yanqui / Lizeth Castillo Quispe

**I. 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		

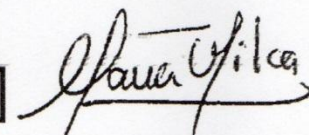
**II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

Si


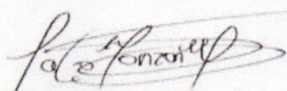
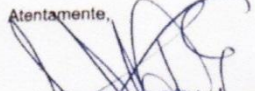
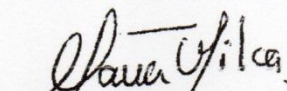
**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

90%
-----



Lima, 11 de marzo del 2022

ANEXO 4 **Ficha N°3:** Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar la dosis óptima.

		<b>Ficha de recolección de datos de muestras de agua para determinar la dosis óptima</b>			
<b>DATOS GENERALES</b>					
<b>Título</b>	Uso del coagulante de <i>Opuntia ficus</i> para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D 1, Pedregal, Arequipa - 2022				
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales				
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental				
<b>Autores</b>	Bach. Dalma Dayana Huarca Yanqui y Bach. Lizeth Castillo Quispe				
<b>Asesor</b>	Mg. María Paulina Aliaga Martínez				
<b>Ubicación</b>		<b>Coordenadas UTM</b>			
<b>Fecha</b>		<b>Hora</b>			
<b>Objetivos</b>	Determinar la dosis óptima del biocoagulante de <i>Opuntia ficus</i> para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa Determinar los parámetros de operación para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa				
<b>RECOLECCIÓN DE DATOS</b>					
Repetición	Jarra N°	Dosis (ml/L)	Turbidez (NTU)	pH	Conductividad eléctrica
<b>R0</b> (Prueba inicial)	1	0			
	2	10			
	3	20			
	4	30			
	5	40			
<b>R1</b> (Primera repetición)	1	0			
	2	10			
	3	20			
	4	30			
	5	40			
<b>R2</b> (Segunda repetición)	1	0			
	2	10			
	3	20			
	4	30			
	5	40			
<b>Prueba de Jarras</b>					
<b>Parámetros de operación</b>					
Mezcla rápida	Velocidad (RPM)	150	Tiempo (min)	5	
Mezcla lenta	Velocidad (RPM)	20	Tiempo (min)	1	
Sedimentación			Tiempo (min)	30	
Volumen de agua (ml)			500		
 <b>Nombres y Apellidos:</b> Lalo Jose Monzon Martines <b>CIP:</b> 208812 <b>GRADO:</b> Magister		Atentamente,  <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Julio Ordoñez Galvez <b>CIP:</b> 89972 <b>GRADO:</b> Doctor		 <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Gonzalo Yana Vilca <b>CIP:</b> 240163 <b>GRADO:</b> Ingeniero Químico	
<b>Especialista 1</b>		<b>Especialista 2</b>		<b>Especialista 3</b>	

**DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mg. Laio José Monzón Martínez
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/Universidad Alas Peruanas
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de muestras de agua para determinar la dosis óptima.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Dalma Huarca Yanqui / Lizeth Castillo Quispe

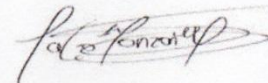
**I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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	

**II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

Si


**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

95%
-----

Lima, 11 de marzo del 2022

**DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador de la UCV.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de muestras de agua para determinar la dosis óptima.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Dalma Huarca Yanqui / Lizeth Castillo Quispe

**I. 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		

**II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

Si

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

90%
-----

Lima, 11 de marzo del 2022

**DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Juan Gonzalo Yana Vilca
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultor independiente.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de muestras de agua para determinar la dosis óptima.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Dalma Huarca Yanqui / Lizeth Castillo Quispe

**I. 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		

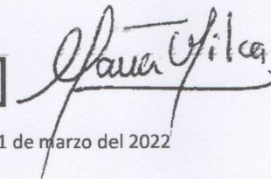
**II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

Si


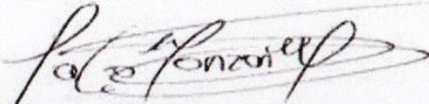


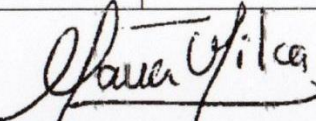
**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

90%
-----



Lima, 11 de marzo del 2022

ANEXO 5 **Ficha N°4:** Ficha de recolección de datos para determinar el porcentaje de remoción de la turbidez del agua.

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar el porcentaje de remoción de la turbidez del agua.</b>		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Título</b>	Uso del Coagulante de <i>Opuntia ficus</i> para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D 1, Pedregal, Arequipa – 2022			
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental			
<b>Autores</b>	Bach. Dalma Dayana Huarca Yanqui y Bach. Lizeth Castillo Quispe			
<b>Asesor</b>	Mg. María Paulina Aliaga Martínez			
<b>Ubicación</b>			<b>Coordenadas UTM</b>	
<b>Fecha</b>			<b>Hora</b>	
<b>Objetivo</b>	Identificar las características fisicoquímicas del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida antes y después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa.			
<b>DATOS DE RECOLECCION</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b><math>((M1-M2)/M1)*100= \%</math> Remoción</b>	<b>DS N° 031-2010-SA.</b>
<b>Turbidez</b>				5 UNT
 <b>Nombres y Apellidos:</b> Lalo Jose Monzon Martinez <b>CIP:</b> 208812 <b>GRADO:</b> Magister	Atentamente,   <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Julio Ordonez Galvez <b>CIP:</b> 89972 <b>GRADO:</b> Doctor		 <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Gonzalo Yana Vilca <b>CIP:</b> 240163 <b>GRADO:</b> Ingeniero Quimico	
<b>Especialista 1</b>	<b>Especialista 2</b>		<b>Especialista 3</b>	

**DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mg. Lalo José Monzón Martínez
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/Universidad Alas Peruanas
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar el porcentaje de remoción de la turbidez del agua.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Dalma Huarca Yanqui / Lizeth Castillo Quispe

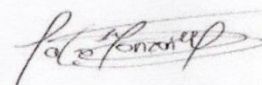
**I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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			

**II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

Si


**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

85%
-----

Lima, 11 de marzo del 2022

**DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador de la UCV.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar el porcentaje de remoción de la turbidez del agua.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Dalma Huarca Yanqui / Lizeth Castillo Quispe

**I. 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	

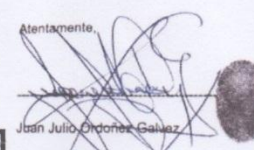
**II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

Si

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

90%

Lima, 11 de marzo del 2022



**DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Juan Gonzalo Yana Vilca
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultor independiente.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar el porcentaje de remoción de la turbidez del agua.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Dalma Huarca Yanqui / Lizeth Castillo Quispe

**I. 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		

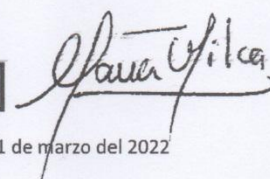
**II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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


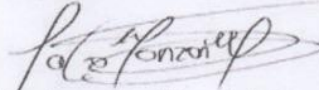

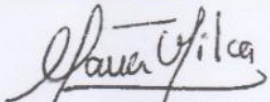
Si

**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN**


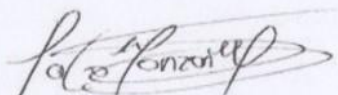
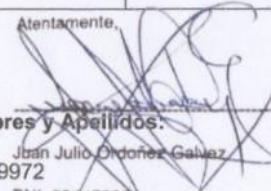

90%
-----

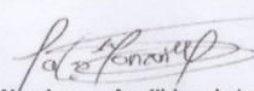

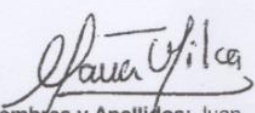



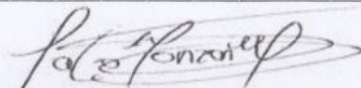
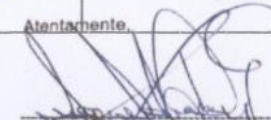
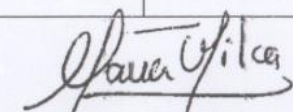
Lima, 11 de marzo del 2022

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar la calidad del agua antes y después del tratamiento.</b>	
<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>Título</b>	Uso del Coagulante de <i>Opuntia ficus</i> para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D 1, Pedregal, Arequipa – 2022		
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales		
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental		
<b>Autores</b>	Bach. Dalma Dayana Huarca Yanqui y Bach. Lizeth Castillo Quispe		
<b>Asesor</b>	Mg. María Paulina Aliaga Martínez		
<b>Ubicación</b>	AREQUIPA.	<b>Coordenadas UTM</b>	-16.399649, -72.209039
<b>Fecha</b>	06/04/2022.	<b>Hora</b>	8:00 am y 4:00 pm.
<b>Objetivo</b>	Identificar las características fisicoquímicas del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida antes y después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa.		
<b>DATOS DE RECOLECCION</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Muestra de agua de grifos domiciliarios (sin tratamiento) M1</b>	<b>Muestra de agua de grifos domiciliarios (con tratamiento) M2</b>	
<b>Turbidez</b>	152 NTU	4.5 NTU	
<b>pH</b>	7.5	6.75	
<b>Conductividad eléctrica</b>	503 µS/cm	587 µS/cm	
<b>Sólidos Totales</b>	268 mg/L	260 mg/L	
 <b>Nombres y Apellidos:</b> Lalo Jose Monzon Martines <b>CIP:</b> 208812 <b>GRADO:</b> Magister	<b>Atentamente,</b>  <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Julio Ordoñez Galvez <b>CIP:</b> 89972 <b>DNI:</b> 08447308 <b>GRADO:</b> Doctor.	 <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Gonzalo Yana Vilca <b>CIP:</b> 240163 <b>GRADO:</b> Ingeniero Químico	
<b>Especialista 1</b>	<b>Especialista 2</b>	<b>Especialista 3</b>	

ANEXO 6 **IMAGENES:** Fichas de observación con los valores observados en la experimentación.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		<b>Ficha de recolección de datos de la caracterización de la Opuntia Ficus.</b>	
<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>Título</b>	Uso del Coagulante de <i>Opuntia ficus</i> para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D 1, Pedregal, Arequipa – 2022		
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales		
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental		
<b>Autores</b>	Bach. Dalma Dayana Huarca Yanqui y Bach. Lizeth Castillo Quispe		
<b>Asesor</b>	Mg. María Paulina Aliaga Martínez		
<b>Ubicación</b>	AREQUIPA	<b>Coordenadas UTM</b>	-16.399647, -72.209037
<b>Fecha</b>	06/04/2022	<b>Hora</b>	10:00 a.m.
<b>Objetivo</b>	Identificar la composición química del biocoagulante de <i>Opuntia ficus</i> para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa,		
<b>DATOS DE RECOLECCION</b>			
<b>COMPOSICION QUIMICA DEL BIOCOAGULANTE (AZUCARES ENCARGADOS DE LA COAGULACION)</b>		<b>% de azucares encargados de la coagulacion</b>	<b>% TOTAL DE AZUCARES SEGÚN ANALISIS DE LABORATORIO</b>
Arabinosa		67.27	< 0.5 g/100 mL
Xilosa		20.41	
Galactosa		6.27	
Ramnosa		5.43	
 <b>Nombres y Apellidos:</b> Lalo Jose Monzon Martines <b>CIP:</b> 208812 <b>GRADO:</b> Magister		Atentamente,  <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Julio Ordoñez Galvez <b>CIP:</b> 89972 <b>DNI:</b> 08447308 <b>GRADO:</b> Doctor. 	 <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Gonzalo Yana Vilca <b>CIP:</b> 240163 <b>GRADO:</b> Ingeniero Químico
<b>Especialista 1</b>		<b>Especialista 2</b>	
		<b>Especialista 3</b>	

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de recolección de datos de muestras de agua para determinar la dosis óptima			
DATOS GENERALES					
<b>Título</b>	Uso del coagulante de <i>Opuntia ficus</i> para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D 1, Pedregal, Arequipa - 2022				
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales				
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental				
<b>Autores</b>	Bach. Dalma Dayana Huarca Yanqui y Bach. Lizeth Castillo Quispe				
<b>Asesor</b>	Mg. María Paulina Aliaga Martínez				
<b>Ubicación</b>	PEDREGAL - AREQUIPA	<b>Coordenadas UTM</b>	-16.399647, -72.204034		
<b>Fecha</b>	06/04/2022	<b>Hora</b>	10:00 a.m.		
<b>Objetivos</b>	Determinar la dosis óptima del biocoagulante de <i>Opuntia ficus</i> para la remoción de la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa Determinar los parámetros de operación para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida, sector D1, Pedregal, Arequipa				
RECOLECCIÓN DE DATOS					
Repetición	Jarra N°	Dosis (ml/L)	Turbidez (NTU)	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)
Ro (Prueba inicial)	1	0	35.9	7.31	473
	2	10	6.42	6.66	544
	3	20	4.98	6.71	600
	4	30	25.9	6.73	645
	5	40	32.6	6.72	761
R1 (Primera repetición)	1	0	37.8	7.84	489
	2	10	5.46	7.00	542
	3	20	4.58	6.89	623
	4	30	22.9	6.83	699
	5	40	31.0	6.87	790
R2 (Segunda repetición)	1	0	42.2	7.64	485
	2	10	6.85	7.07	545
	3	20	4.98	6.67	635
	4	30	28.3	6.53	693
	5	40	37.6	6.45	766
Prueba de Jarras					
Parámetros de operación					
Mezcla rápida	Velocidad (RPM)	150	Tiempo (min)	5	
Mezcla lenta	Velocidad (RPM)	20	Tiempo (min)	1	
Sedimentación			Tiempo (min)	30	
Volumen de agua (ml)			500		
 <b>Nombres y Apellidos:</b> Lalo Jose Monzon Martines <b>CIP:</b> 208812 <b>GRADO:</b> Magister <b>Especialista 1</b>		 <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Julio Ordoñez Galvez <b>CIP:</b> 89972 <b>GRADO:</b> Doctor <b>Especialista 2</b>		 <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Gonzalo Yana Vilca <b>CIP:</b> 240163 <b>GRADO:</b> Ingeniero Químico <b>Especialista 3</b>	

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		<b>Ficha de recolección de datos de muestra de agua para determinar el porcentaje de remoción de la turbidez del agua.</b>		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Título</b>	Uso del Coagulante de <i>Opuntia ficus</i> para remover la turbidez del agua de los grifos domiciliarios en temporada de avenida, sector D 1, Pedregal, Arequipa – 2022			
<b>Línea de Investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental			
<b>Autores</b>	Bach. Dalma Dayana Huarca Yanqui y Bach. Lizeth Castillo Quispe			
<b>Asesor</b>	Mg. María Paulina Aliaga Martínez			
<b>Ubicación</b>	Arequipa	<b>Coordenadas UTM</b>	- 16.399647, -72.209037.	
<b>Fecha</b>	06/04/2022	<b>Hora</b>	8:00 am y 4:00 pm.	
<b>Objetivo</b>	Identificar las características fisicoquímicas del agua de los grifos domiciliarios en la temporada de avenida antes y después del tratamiento con biocoagulante en el sector D1, Pedregal, Arequipa.			
<b>DATOS DE RECOLECCION</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b><math>((M1-M2)/M1)*100 = \%</math> Remoción</b>	<b>DS N° 031-2010-SA.</b>
<b>Turbidez</b>	150 NTU	4.5 NTU	97 %	5 UNT
 <b>Nombres y Apellidos:</b> Lalo Jose Monzon Martinez <b>CIP:</b> 208812 <b>GRADO:</b> Magister		 <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Julio Ordoñez Galvez <b>CIP:</b> 89972 <b>GRADO:</b> Doctor		 <b>Nombres y Apellidos:</b> Juan Gonzalo Yana Vilca <b>CIP:</b> 240163 <b>GRADO:</b> Ingeniero Químico
<b>Especialista 1</b>		<b>Especialista 2</b>		<b>Especialista 3</b>

**ANEXO 7 RESULTADOS:** Resultados de los análisis de muestra de agua sin tratamiento (M1)

**INFORME DE ENSAYOS N° 1558-2022**  
**PÁGINA 1 DE 2**

**SOLICITANTE** : DALMA HUARCA YANQUI  
**DIRECCIÓN** : CARRETERA PEDREGAL S/N RIO CORIRE - CASTILLA - AREQUIPA  
**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA POTABLE  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido muy turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : M-1  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : 06/04/2022 08:00  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1200mL aprox. para análisis FQ  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En botella de polietileno. A temperatura ambiente.  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Recibida en el Laboratorio  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (por ser muestra única)  
**FECHA PRODUCCIÓN** : No especificada  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No especificada  
**CONTRATO N°** : 0502-2022  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 06/04/2022

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

**INFORME DE ENSAYOS N° 1558- 2022**  
**PÁGINA 2 DE 2**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE M-1	UNIDADES
FQ	Conductividad (25°C)	503	µS/cm
FQ	Turbidez*	152	NTU
FQ	Sólidos Disueltos Totales	288	mg/L
FQ	pH*	7.5	U de pH

**ABREVIATURAS:**

U de pH : Unidades de pH  
mg/L : Miligramos por litro  
µS/cm : Microsiemens por centímetro  
NTU : Unidades nefelométricas de turbidez

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Conductividad (25°C) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000 Method 2510-B Conductivity. Laboratory Method. 23rd Ed. 2017.  
Turbidez : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2130-B. Turbidity. Nephelometric Method. 23rd Ed. 2017.  
Sólidos Disueltos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-C. Solids, Total Dissolved Solids Dried at 180°C. P23rd Ed. 2017.  
pH : AOAC Official Method 973.41 Chapter 11. Subchapter 1:11.1.03 pH of Water. 21st Ed. Rev. Online 2019

**OBSERVACIONES :**

\* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** FQ 06/04/2022 al 13/04/2022

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 13/04/2022

**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

Fin del Informe

ANEXO 8 **RESULTADOS:** Resultados de los análisis de muestra de agua con tratamiento (M2)

**INFORME DE ENSAYOS N° 1559-2022**  
**PÁGINA 1 DE 2**

**SOLICITANTE** : DALMA HUARCA YANQUI  
**DIRECCIÓN** : CARRETERA PEDREGAL S/N RIO CORIRE - CASTILLA - AREQUIPA  
**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA POTABLE  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido ligeramente turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : M-2  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : 06/04/2022 08:00  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1200mL aprox. para análisis FQ  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En botella de polietileno cerrada. A temperatura ambiente.  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Recibida en el Laboratorio  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (por ser muestra única)  
**FECHA PRODUCCIÓN** : No especificada  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No especificada  
**CONTRATO N°** : 0502-2022  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 06/04/2022

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.



**INFORME DE ENSAYOS N° 1559- 2022**  
**PÁGINA 2 DE 2**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE	
		M-2	UNIDADES
FQ	Conductividad (25°C)	587	µS/cm
FQ	Turbidez*	4.5	NTU
FQ	Sólidos Disueltos Totales	260	mg/L
FQ	pH*	6.75	U de pH

**ABREVIATURAS:**

U de pH : Unidades de pH  
 mg/L : Miligramos por litro  
 µS/cm : Microsiemens por centímetro  
 NTU : Unidades nefelométricas de turbidez

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Conductividad (25°C) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000 Method 2510-B Conductivity, Laboratory Method, 23rd Ed. 2017.  
 Turbidez : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000, Method 2130-B, Turbidity, Nephelometric Method, 23rd Ed. 2017.  
 Sólidos Disueltos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000, Method 2540-C, Solids, Total Dissolved Solids Dried at 180°C, P 23rd Ed. 2017.  
 pH : AOAC Official Method 973.41, Chapter 11, Subchapter 1:11.1.05 pH of Water, 21st Ed. Rev. Online 2019

**OBSERVACIONES :**

\* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** FQ 06/04/2022 al 13/04/2022

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 13/04/2022

\_\_\_\_\_  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
 Gerente Técnico

Fin del Informe \_\_\_\_\_

**ANEXO 9 RESULTADOS:** Resultados de los análisis de porcentaje de azúcares del biocoagulante.

**INFORME DE ENSAYOS Nº 1638- 2022**  
**PÁGINA 1 DE 2**

**SOLICITANTE** : DALMA HUARCA YANQUI  
**DIRECCIÓN** : CARRETERA PEDREGAL S/N RIO CORIRE - CASTILLA - AREQUIPA  
**PRODUCTO DECLARADO** : MUCILAGO DE PENCA DE TUNA  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido de color verde  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : No especificado  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Ninguno  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 800mL aprox. para análisis FC  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase PET cerrado. A temperatura ambiente.  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Recibida en el Laboratorio  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (por ser muestra única)  
**FECHA PRODUCCIÓN** : No especificada  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No especificada  
**CONTRATO Nº** : 0524-2022  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 08/04/2022

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

INFORME DE ENSAYOS N° 1638-2022  
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	MUCILAGO DE PENCA DE TUNA No especificado	UNIDADES
BQ	Azúcares Totales	<0.50	g/100mL

ABREVIATURAS:

g/100mL : Gramos por 100 mililitros

MÉTODOS UTILIZADOS :

Azúcares Totales : Cálculo del contenido de azúcares totales en alimentos por el método de Bertrand. Matissek; R. Schnepel, F.M.; Steiner, G.; "Análisis de los alimentos. Fundamentos, Métodos y Aplicaciones", Ed Lavoisier Paris, 1998.

OBSERVACIONES :

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de detección del método







FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : BQ 08/04/2022 al 26/04/2022





FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 26/04/2022

\_\_\_\_\_  
Bigo. Miguel Valdivia Martínez  
Gerente Técnico









Fin del Informe

ANEXO 10 **IMAGENES:** Determinación de la dosis óptima.

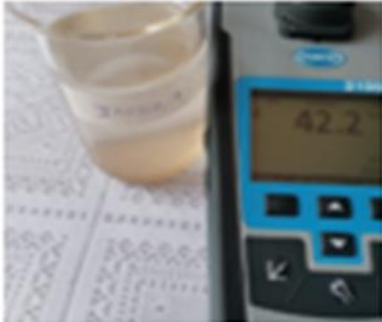





CORRIDA 1 (Prueba inicial – R0)			
Nº Jarra	DOSIS	FOTOS	
		TURBIDIMETRO	MULTIPARAMETRO
1	0 ml		
2	10 ml		
3	20ml		





4	30 ml		
5	40 ml		

CORRIDA 2 (Primera Repetición - R1)			
N° Jarra	DOSIS	FOTOS	
		TURBIDIMETRO	MULTIPARAMETRO
1	0 ml		

2	10 ml		
3	20ml		
4	30 ml		
5	40 ml		

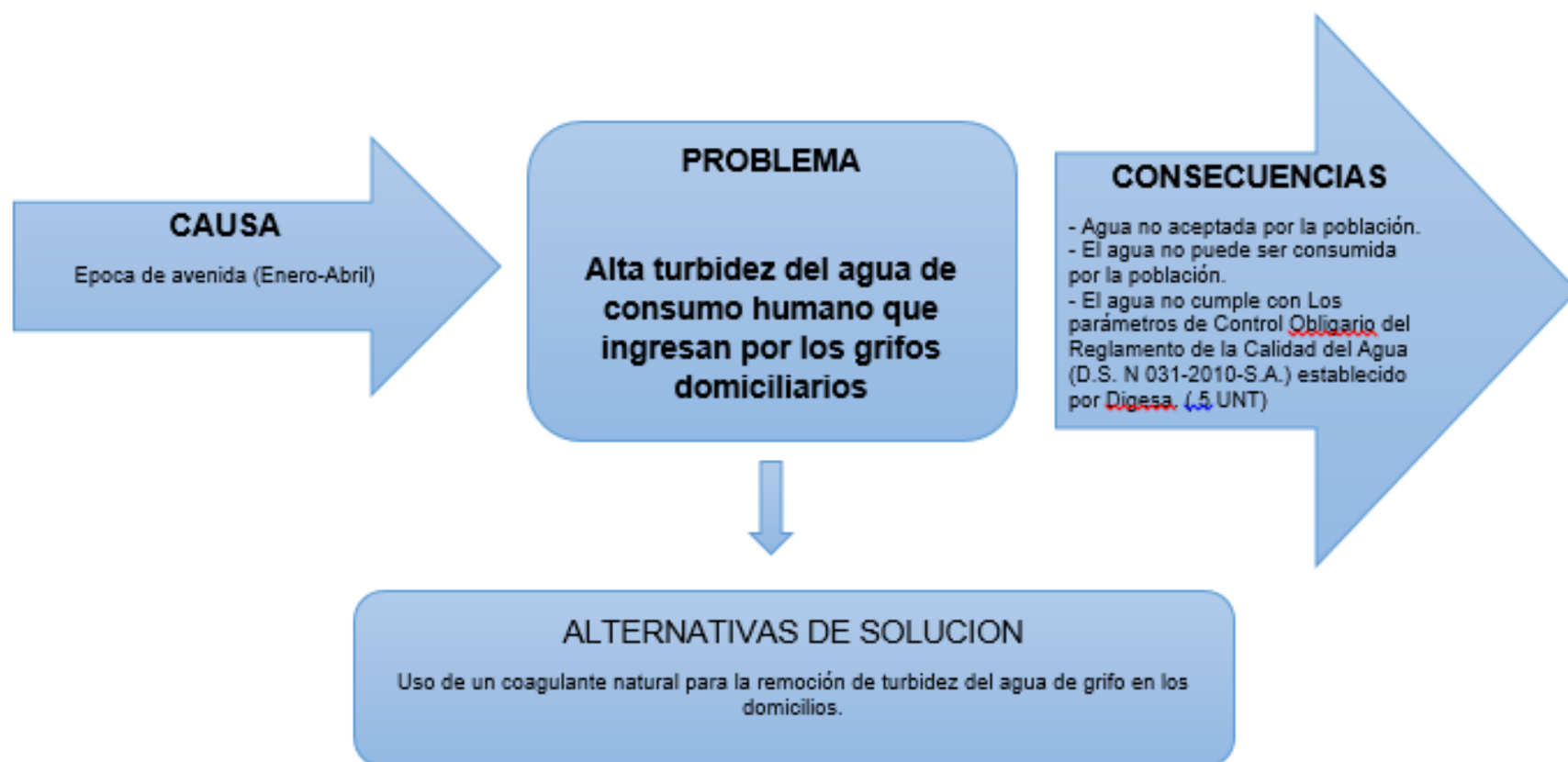
## CORRIDA 3 (Segunda Repetición - R2)

Nº Jarras	DOSIS	FOTOS	
		TURBIDIMETRO	MULTIPARAMETRO
1	0 ml	 A photograph showing a glass of water next to a turbidimeter. The device's LCD screen displays the number 42.2.	 A photograph of a handheld multiparameter water quality meter with a screen and several buttons.
2	10 ml	 A photograph showing a glass of water next to a turbidimeter. The device's LCD screen displays the number 6.85.	 A photograph of a handheld multiparameter water quality meter, similar to the one in the first row.
3	20 ml	 A photograph showing a glass of water next to a turbidimeter. The device's LCD screen displays the number 4.98.	 A photograph of a handheld multiparameter water quality meter, similar to the ones in the previous rows.

4	30 ml		
5	40 ml		



## ANEXO 11: Identificación del Problema



**ANEXO 12: Esquema del Tratamiento.**

